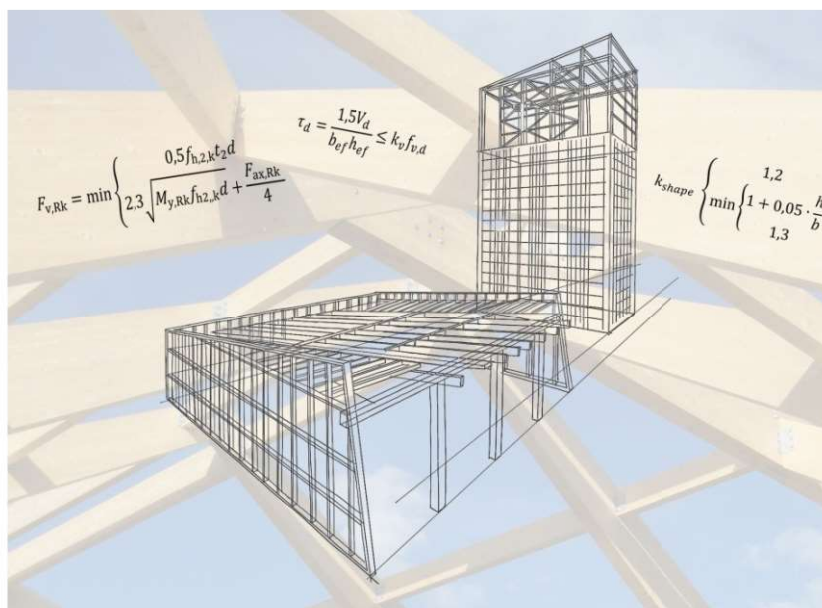


Budownictwo drewniane

Poradnik dla projektanta,

czyli zbiór dobrych praktyk z zakresu budownictwa drewnianego ze szczególnym uwzględnieniem konstrukcji



Autorzy:

mgr inż. Ewa Ingeborga Kotwica

dr inż. Paweł Sulik

mgr inż. Urszula Kotwica

Marek Beśka

Współpraca przy rozdziale 1: mgr inż. Maria Antoni Hikiert

Redakcja mgr inż. Ewa Ingeborga Kotwica

Korekta mgr inż. Urszula Kotwica



Niniejszy materiał został sfinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
Za jego treść odpowiada wyłącznie Ministerstwo Klimatu i Środowiska.

Spis treści

Wprowadzenie	3
Rozdział 1. Budownictwo drewniane w Polsce i na świecie	7
1.1 Historia budownictwa drewnianego w Polsce	9
1.2 Budownictwo drewniane na świecie	21
1.3 Projekty badawcze.....	24
Rozdział 2. Podstawowe wymagania stawiane drewnu konstrukcyjnemu i wyrobom konstrukcyjnym na jego bazie, stosowanym w budownictwie drewnianym.....	28
2.1 Konstrukcyjne drewno lite.....	33
2.2 Drewno na złącza klinowe	36
2.3 Drewno klejone warstwowo.....	39
2.4 Sklejone drewno lite.....	40
2.5 Drewno klejone krzyżowo (CLT, X-LAM)	42
2.6 Fornir klejony warstwowo (LVL)	43
2.7 Sklejka	45
2.8 Belki dwuteowe.....	46
2.9 Płyty OSB	47
2.10 Prefabrykowane elementy konstrukcyjne łączone na płytko kolczaste.....	47
Rozdział 3. Podstawy normowe projektowania budownictwa drewnianego i zakres projektu	48
3.1 Podstawy normowe projektowania.....	49
3.2 Zakres projektu – wymagany przepisami i wymagany z punktu widzenia bezpiecznej oraz bezproblemowej realizacji.....	51
3.3 Konstrukcja drewniana – co powinien zawierać projekt, by obiekt był bezpieczny, a jego użytkowanie bezproblemowe.....	54
3.4 Zasady wykonawstwa w świetle przygotowywanej normy wykonawczej, mającej docelowo stanowić trzecią część nowego Eurokodu 5.....	56
Rozdział 4. Projekt obiektu o konstrukcji drewnianej – dobre praktyki a wymagane minimum.....	58
4.1 Przetargi	60
4.2 Założenia projektowe	61
4.3 Co powinien zawierać projekt – wybrane zagadnienia	67
Rozdział 5. Rozwiązania stosowane w budownictwie drewnianym.....	77
5.1 Rozwiązania stosowane w budownictwie drewnianym.....	81
Rozdział 6. Wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego na etapie projektu, wykonawstwa	86

6.1	Wprowadzenie	86
6.2	Zachowanie drewna w ogniu	90
6.3	Reakcja na ogień a konstrukcje drewniane.....	93
6.4	Rozprzestrzenianie ognia a konstrukcje drewniane.....	97
6.5	Odporność ogniowa a konstrukcje drewniane	100
6.6	Metody obliczeniowe	103
6.7	Eksperyment pożarowy	108
6.8	Podsumowanie	117
Rozdział 7. Omówienie wybranych błędów popełnianych w budownictwie drewnianym.....		121
7.1	Błędy związane ze stosowaniem niewłaściwych wyrobów budowlanych lub niewłaściwych podstaw normowych.....	123
7.2	Błędy na etapie realizacji	126
7.3	Błędy popełniane na pozostałych etapach prac, wpływające na konstrukcję drewnianą.....	131
7.4	Zestawienie wybranych przykładów błędnie i poprawnie wykonanych detali	133
Podsumowanie		137
Słowniczek		138
Literatura		146
Normy.....		148
Ustawy i Rozporządzenia		149
Check-lista		150

Niniejsze opracowanie jest chronione ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych. Jakiegokolwiek kopiowanie i powielanie jego treści w całości lub częściach bez zachowania prawa cytatu, przywołania tytułu oraz nazwisk autorów – jest zabronione.

Wprowadzenie

Pojęcie „projekt” stosowane jest w różnych dziedzinach życia. Słowo to pochodzi od łacińskiego *projectus* = wysunięty do przodu. Wykorzystywane jest w Polsce w różnorodnym znaczeniu – m.in. są projekty badawcze, projekty powiązane z zarządzaniem, jak również projekty inżynierskie.

Zgodnie z definicją zawartą w Słowniku języka polskiego PWN projekt to:

1. *plan działania*
2. *wstępna wersja czegoś*
3. *dokument zawierający obliczenia, rysunki itp. dotyczące wykonania jakiegoś obiektu lub urządzenia*

Prace projektowe, niezależnie od rodzaju projektu i dziedziny, powiązane są z uwzględnieniem następujących aspektów: ekonomia, jakość, realność rozwiązań czy odpowiedzialność. Trzeba zdawać sobie sprawę z tego, że odpowiedzialność to też umiejętność niepoddawania się naciskom zamawiającego, by prace projektowe, jak i realizowany na podstawie projektu obiekt – były jak najtańsze. Na projektancie spoczywa więc ogromna odpowiedzialność za opracowanie rozwiązania optymalnego z punktu widzenia kosztów, które jednocześnie pozwoli na bezpieczne, długotrwałe i bezproblemowe użytkowanie.

Projektant musi też posiadać odpowiednią wiedzę i umiejętność, by wytłumaczyć zamawiającemu:

- dlaczego nie można ograniczać kosztów za wszelką cenę;
- że projekt to nie tylko wizualizacja i kilka rysunków koncepcyjnych (typu rzuty, przekroje, elewacje i zagospodarowanie terenu oraz rozwiązania w zakresie termiki), lecz kompleksowe opracowanie zawierające obliczenia i rysunki wszelkich detali konstrukcyjnych, rozwiązania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego, instalacji, itp.;
- że zawarte w projekcie zapisy dotyczące projektowanych wyrobów budowlanych muszą zostać wypełnione w 100%, jak i to, że nie wolno zastępować zaprojektowanego wyrobu konstrukcyjnego (np. konstrukcyjnego drewna litego) wyrobem nieprzeznaczonym do zastosowań konstrukcyjnych (np. niecertyfikowanym drewnem ogólnego przeznaczenia).

W projektowaniu liczy się również kreatywność i innowacyjność. Konstrukcje drewniane pozwalają w szczególności na kreatywność i innowacyjność, umożliwiając kształtowanie ekologicznej zabudowy z jednoczesną realizacją coraz śmielszych i bardziej wyrafinowanych pomysłów. Gdyby przeanalizować zasady rządzące pracami projektowymi w krajach, w których budownictwo drewniane jest znacznie bardziej popularne niż w Polsce, zobaczylibyśmy dbałość o detale, kompleksowość prac projektowych, a w przypadku bardziej skomplikowanych konstrukcji – również znaczące wsparcie naukowo-badawcze. Trzeba sobie też zdawać sprawę z tego, że każdy rodzaj budownictwa i każda technologia rządzi się określonymi prawami, a przeliczanie bez zastanowienia zasad projektowania w jednej technologii na inną nie tylko może się nie sprawdzić, ale wręcz skutkować sporymi problemami. Dlatego – tak, jak i w przypadku realizacji – istotnym jest, aby każdy rodzaj konstrukcji projektowali specjaliści od danego zakresu. Najlepszy fachowiec z zakresu konstrukcji żelbetowych czy stalowych może nie być w stanie poprawnie i kompleksowo zaprojektować obiektu o konstrukcji drewnianej, jeśli nie będzie miał wiedzy jak wykonstruować detale czy choćby jakie wymagania postawić wyrobom budowlanym. Uczciwość zawodowa wymaga

rzetelnej oceny własnych umiejętności i możliwości, jak i zapewnienia w wymaganych przypadkach sprawdzającego niezależnego od projektanta i niepowiązanego z nim w żaden sposób.

W niniejszym poradniku chcemy pokazać podstawowe aspekty niezbędne przy opracowywaniu projektów obiektów z zakresu budownictwa drewnianego. Mamy nadzieję, że przedstawione zasady, rozwiązania i wytyczne będą pomocne przy sporządzaniu projektów zarówno z branży architektonicznej, jak i konstrukcyjnej. Poradnik ten jest trzecią częścią cyklu adresowanego odpowiednio – do inwestorów, wykonawców oraz projektantów. Niektóre rozdziały i aspekty powielają się w każdej części, niektóre są zaś dedykowane specjalnie do każdej grupy odbiorców.

W części skierowanej do inwestora wskazaliśmy, że często przed rozpoczęciem inwestycji zadaje on sobie następujące pytania:

- Czy budynki drewniane są bezpieczne, w tym pod względem pożarowym?
- Jak wybrać rzetelnego projektanta i rzetelną firmę wykonawczą?
- Na co zwracać uwagę, aby zachowane były zasady bezpiecznego projektowania i wykonawstwa?
- Ile prawdy jest w negatywnych opiniach na temat budownictwa drewnianego?

Pytania inwestorów, będących przecież siłą sprawczą wszelkiego rodzaju prac projektowych, a później wykonawczych, powiązane są z obserwacją rynku i zrealizowanych już obiektów, ale też często wynikają z mitów, które narosły wokół budownictwa drewnianego.

W części skierowanej do wykonawców natomiast wskazane zostało, że dobry wykonawca przyczynia się do likwidacji mitów na temat obiektów o konstrukcji drewnianej, a wykonawca bez doświadczenia i wiedzy merytorycznej powoduje, że fakty chowają się w cieniu mitów, czyli przyczynia się do negatywnego odbioru budownictwa drewnianego.

Błędy i awarie obiektów o konstrukcji drewnianej nie występują z powodu zastosowania drewna jako materiału konstrukcyjnego, ale z błędnego lub niekompletnego projektu i/lub błędnego wykonawstwa czy zastosowania wyrobów nie przeznaczonych do zastosowania konstrukcyjnego. Obiekty o konstrukcji drewnianej nie palą się dlatego, że należą do grupy budownictwa drewnianego, a dlatego, że ktoś zaproszył ogień, niewłaściwie zaprojektowane i/lub wykonane zostały detale czy też naruszono ciągłość obudowy lub powłoki zabezpieczającej. Np. w przypadku zaproszenia ognia w pomieszczeniu, w którym jest palne wyposażenie – pożar wystąpi niezależnie od rodzaju obiektu. Natomiast: ewentualny udział w rozwoju pożaru palnych elementów konstrukcyjnych zależy od m.in. poprawności projektu i wykonania przegród.

Dodatkowo trzeba mieć na uwadze, że w przypadku pożaru, niezależnie od tego, że drewno jest materiałem palnym – prawidłowo zaprojektowane i wykonane budynki o konstrukcji drewnianej gwarantują minimalizację szkód i bezpieczeństwo ludzi (patrz Rozdział 6, opis eksperymentu pożarowego). Warto przywołać tu badania prowadzone przez Szwedzki Instytut SP (obecnie RI.SE). Zgodnie z informacjami podanymi w artykule Birgit Östman „Brandsäkerhet i moderna trähus - kartläggning av brandincidenter” na stronie <https://www.husbyggaren.se/brandsakerhet-i-moderna-trahus-kartlaggning-av-brandincidenter/> analiza statystyk zaistnienia przypadków pożaru wymagających interwencji służb ratowniczych wykazała:

- wystąpienie 0,4 przypadku na każde 1000 mieszkań wybudowanych w nowoczesnych technologiach drewnianych, oraz
- wystąpienie 1,2 przypadku na każde 1000 mieszkań wybudowanych we wszystkich technologiach.

Średnia dla budownictwa drewnianego jest więc znacznie lepsza niż średnia bez podziału na technologie. Oczywiście znaczenie ma tu podkreślony przez Autorkę przywołanego artykułu fakt, że budynki wybudowane w technologiach drewnianych powstały stosunkowo niedawno, z zastosowaniem najnowszych technologii i rozwiązań, co przekłada się na ich dobry stan techniczny, w odróżnieniu do pozostałej puli zabudowań, które są w różnym wieku, często także wyeksploatowane. W badaniu tym nie przeprowadzono porównania uwzględniającego wiek budynków, co należy brać pod uwagę oceniając uzyskane wyniki badań.

W Polsce również są już z powodzeniem wykonywane badania z zakresu bezpieczeństwa pożarowego konstrukcji drewnianych (patrz Rozdział 6), natomiast opracowania z zakresu projektowania i wykonawstwa konstrukcji drewnianych są nieliczne. Mamy nadzieję, że niniejszy cykl poradników zawierających zbiór dobrych praktyk choć częściowo wypełni istniejącą na tym polu lukę. Na końcu każdej części poradnika znajduje się słowniczek, który zawiera zestawienie najistotniejszych pojęć i ich wyjaśnienia. Na końcu poradnika zawarta została również tzw. „check-lista”, która ma ułatwić sprawdzenie kompletności projektu.

Zdajemy sobie sprawę, że niektórzy z Państwa po przeczytaniu zakresu wymagań stawianych wyrobom budowlanym, projektowi oraz zasad wykonawstwa, odbiorą je jako utopię na rynku, którym przede wszystkim rządzi kryterium „najniższej ceny”, a jakość często przegrywa z kosztami. Mamy też świadomość rozdziwki między opisanymi wymaganiami dotyczącymi szczegółowości projektu czy wyrobów budowlanych a stosowanymi w Polsce złymi praktykami z zakresu budownictwa drewnianego (np. brak projektu konstrukcji drewnianej w przekazywanej do przetargu czy realizacji dokumentacji ze wskazaniem, że tę brakującą część projektu ma wykonać dostawca). Zważyć należy jednak, że w rzeczywistości w każdym rodzaju budownictwa wymagania te są podobne. Stosowane wyroby muszą spełniać określone wymagania, by być w stanie przenieść obciążenia przewidziane przez projektanta, a projekt musi zawierać obliczenia i rysunkowe rozwiązania wszystkich detali. Dotyczy to tak samo konstrukcji stalowych, żelbetowych, jak i drewnianych. Faktem jest, że budownictwo drewniane było przez wiele lat traktowane przez projektantów „po macoszemu”, przez co w wielu projektach część dotycząca obliczeń i rysunków konstrukcji żelbetowych, stalowych czy murowych była bardzo obszerna, a w zakresie konstrukcji drewnianej w projekcie było te kilka kresek, brak wymiarowania i obliczeń i opisy typu „konstrukcję drewnianą dobierze producent/dostawca”. Trzeba jasno powiedzieć, że sytuacje takie należy wyeliminować. Dlatego to właśnie od projektanta, jego zaangażowania i uczciwości zależy najwięcej.

Każdy obiekt – nieważne czy w mieście, czy na wsi, w górach czy na nizinach – wymaga kompletnego projektu i właściwego wykonawstwa by cieszył oko i dawał komfort bezpiecznego użytkowania. Pokazane na Fot. 1 i Fot. 2 realizacje udowadniają, że budowa małych i dużych obiektów o konstrukcji drewnianej możliwa jest w każdym terenie – nawet wysoko w górach.



Fot. 1 Drewniana willa w austriackich Alpach (fot. E.I. Kotwica)



Fot. 2 Górna stacja kolejki linowej, Monte Baldo (fot. E.I. Kotwica)

Rysunek na okładce: Agata Czugała

Fotografia na okładce: E. I. Kotwica

Rozdział 1. Budownictwo drewniane w Polsce i na świecie

Drewno pozwala na śmiałe realizacje wielu koncepcji, które nie zawsze mogłyby być zrealizowane z zastosowaniem innych wyrobów budowlanych. Jest to slogan powtarzany coraz częściej – ostatnio również w Polsce, natomiast trzeba podkreślić, że u jego podłoża leżą fakty. Lekkość drewna i konstrukcyjnych wyrobów na nim bazujących jest jednym z aspektów pozwalających na skuteczną konkurencję z cięższymi konstrukcjami. Innym jest możliwość kształtowania przekryć o wyrafinowanych kształtach i rozwiązaniach – niezależnie od rozpiętości.



Fot. 1.1 Konstrukcja Collegium Polonicum, Słubice (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 1.2 Słup i przekrycie w budynku biurowym, Töreboda, Szwecja (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 1.3 Rozwiązanie przekrycia w kompleksie sportowym w Łomiankach (fot. P. Sulik)

Niezwykle ważną cechą konstrukcji drewnianych, która powoduje, że wygrywają z innymi rozwiązaniami, jest też przewidywalność ich zachowania w warunkach pożaru, jak i fakt, że wysoką odporność ogniową można uzyskać bez żadnych zabezpieczeń – wyłącznie dzięki odpowiedniemu zaprojektowaniu, a potem wykonaniu elementów i połączeń (patrz np. fot 1.4).



Fot.1.4. Detal połączenia, 18-kondygnacyjny budynek Mjøstårnet w Brumunddal, R120 (fot. T. Birgersson)

Wybór rozwiązania projektowego jest poprzedzany zwykle analizą dostępnych możliwości. Z uwagi na dopiero rosnącą popularność budownictwa drewnianego w Polsce (w stosunku do pozostałych technologii), dostępną niewielką ilość podręczników, jak i narosłe przez lata mity, część projektantów obawia się wyboru konstrukcji drewnianej. Dlatego w niniejszym rozdziale chcielibyśmy pokazać zarówno kilka przykładów z przeszłości, które dowodzą możliwości długotrwałego wykorzystywania

obiektów o konstrukcji drewnianej, jak i współczesne konstrukcje o nowoczesnych bryłach i skomplikowanych rozwiązaniach. Przedstawione zostaną również przykłady prac badawczych prowadzonych w państwach, w których budownictwo drewniane zajmuje znacznie bardziej znaczącą rolę niż w Polsce.

1.1 Historia budownictwa drewnianego w Polsce

Często spotykanym jest powiedzenie „drewno towarzyszy ludzkości od zarania dziejów”. Jest to stwierdzenie krótkie, ale w pełni prawdziwe. Mimo mającego miejsce w Polsce po II wojnie światowej odwrótu od stosowania konstrukcji drewnianych i zmniejszeniu przez jakiś czas zainteresowania tego typu budownictwem, również i u nas znajdowało się i występuje nadal wiele obiektów reprezentujących budownictwo drewniane. Są to obiekty zarówno sprzed wielu lat, niektóre odkrywane dzięki wykopaliskom, niektóre istniejące do dziś, jak i nowo powstałe – pod koniec XX i w XXI wieku. Rozpoczynamy tę część cyklu od przedstawienia krótkiej historii budownictwa drewnianego w Polsce oraz wskazania trendów światowych, by uzmysłowić projektantom, którzy może wahają się, czy takie budownictwo brać pod uwagę, że zarówno historia, jak i teraźniejszość potwierdzają słuszność takich rozwiązań.

Sięgając dalekiej przeszłości – każdy chyba w Polsce zna osadę w Biskupinie, wykonaną z drewna w zakresie zarówno palisady, mostu, jak i zabudowań. Odkryte w latach 30 XX wieku pozostałości osady pozwoliły dzięki badaniom dendrochronologicznym na ustalenie czasu jej pochodzenia.

Za [L13] „Badania drewna z którego zbudowana została osada w Biskupinie wskazują, że większość materiału – drewna dębowego – ścięto w latach 747-722 p.n.e. Ponad połowę tegoż materiału pozyskano zimą 738/737 r. p.n.e., co dowodzi, że już wtedy budowniczy wiedzieli, że drewno przeznaczone na materiał konstrukcyjny najlepiej ścinać zimą. Dowody stosowania tej zasady przez kolejne pokolenia budowniczych odnajdywane są przy badaniach kolejnych obiektów czy drewna pochodzącego z wykopalisk archeologicznych.”

Istnieje też w Polsce wiele budowli sakralnych, a najstarszą zachowaną jest kościół w Tarnowie Pańskim, którego drewno zostało ocenione na pochodzące z przełomu 1373 i 1374 [L13] (czyli również ścinane było zimą).

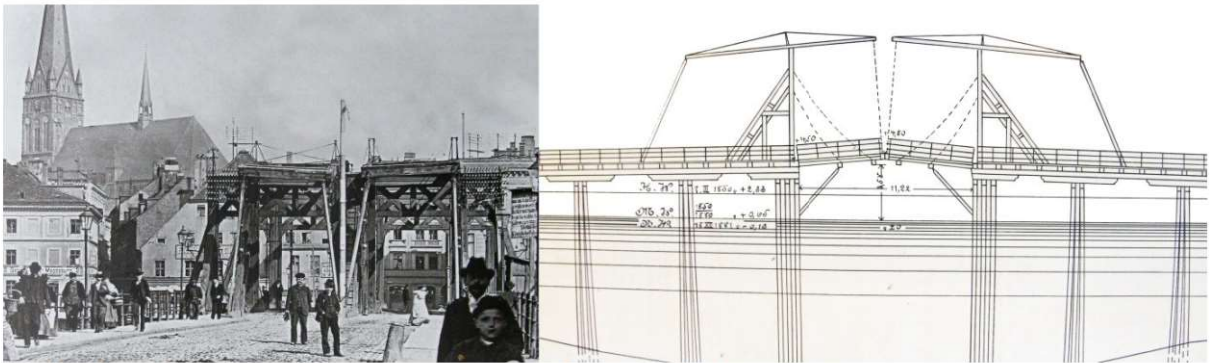
Wartymi uwagi są wpisane na listę światowego dziedzictwa UNESCO Kościoły Pokoju w Świdnicy i Jaworze, przy czym kościół w Jaworze (fot. 1.5) jest największym drewnianym szkieletowym budynkiem sakralnym na świecie [<http://kosciolpokojujawor.pl> dostęp: 09.2022]. Świątynie te zostały zbudowane na mocy postanowień Pokoju Westfalskiego z zachowaniem narzuconych wymogów i ograniczeń. Jednym z tych wymogów było zastosowanie nietrwałej technologii i materiałów – budynki więc zbudowano w technologii szachulcowej, różniącej się od trwalszego muru pruskiego (wypełnienie szkieletu drewnianego cegłą) tym, że drewniany szkielet wypełniony był gliną i słomą. Obiekty, mimo planowanej „nietrwałości”, przetrwały do dziś.



Fot.1.5. Świątynia Pokoju w Jaworze z 1655 r. (fot. E. I. Kotwica)

Z drewna budowano w Polsce też liczne mosty. Wymienić tu można np. zbudowany pod koniec XV wieku most w Toruniu o długości około 600 m, który w tamtych czasach był najdłuższym mostem w Polsce i jednym z najdłuższych w Europie. [L42]

W Szczecinie w XIX wieku zbudowano kilka mostów drewnianych o podobnej konstrukcji (fot. 1.6).



Fot. 1.6 Most Długi w Szczecinie, fotografia z około 1890 roku [L42]

Przywołujemy mosty szczecińskie i ich konstrukcję również z uwagi na fakt, że most o podobnej konstrukcji, którego budowę zakończono w 1887 roku, nadal funkcjonuje (oczywiście dzięki licznym renowacjom) w Greifswaldzie, w Niemczech. (fot. 1.7). Zachowanie do dziś mostu w Greifswaldzie jest kolejnym dowodem na możliwość długotrwałego użytkowania konstrukcji drewnianych – i to o różnym przeznaczeniu, w tym narażonych na oddziaływania atmosferyczne i pozostających w bezpośrednim otoczeniu wody.



Fot. 1.7 Most w Greifswaldzie, (fot. E. I. Kotwica)

Pochodząca z 1935 roku wieża antenowa Radiostacji Gliwice (fot. 1.8), zbudowana z drewna modrzewiowego i mierząca 111 m jest najwyższym obiektem drewnianym Europy.

[<https://gliwice.eu/wizytowka/ciekawe-miejsca-zabytki-muzea/radiostacja> dostęp: 09.2022]



Fot. 1.8 Wieża antenowa w Gliwicach, (fot. E. I. Kotwica)

Pokazane wyżej obiekty to tylko niewielka część drewnianego dziedzictwa Polski. Wpisują się w nie również liczne domy mieszkalne, np. pokazany na Fot. 1.9 budynek z połowy XIX wieku, znajdujący się w Zgierzu.



Fot. 1.9 Budynek mieszkalny w Zgierzu z połowy XIX w. (fot. E. I. Kotwica)

Oznakowany w kilku województwach Szlak Architektury Drewnianej jest jednym ze sposobów lepszego poznania drewnianej zabudowy Polski. Na Szlaku tym znajdują się obiekty sakralne i świeckie, jednym z nich jest pokazana na fot. 1.10 cerkiew w Banicy, zbudowana pod koniec XVIII w.



Fot. 1.10 Cerkiew (obecnie kościół katolicki) ś.ś. Kosmy i Damiana w Banicy, (fot. E. I. Kotwica)

U podstawy projektów i wznoszenia dawnych obiektów o konstrukcji drewnianej była wiedza i doświadczenie przekazywane z pokolenia na pokolenie. W XIX wieku pojawiła się też literatura w tym zakresie – lektura wydanej w 1876 roku jako drugie, poprawione wydanie *Poradnika dla stolarzy* (pierwsze z 1871 r.) [L40] stawia tę pozycję jako jedno z pierwszych polskich opracowań w zakresie stolarstwa budowlanego oraz meblowego i ciesiółki, traktującego również o zasadach przygotowania i zabezpieczenia drewna czy wykonywania połączeń.

Na początku XX wieku wydawnictw z zakresu konstrukcji drewnianych było już znacznie więcej. Bardzo prostym i zrozumiałym w przekazie dla zwykłych ludzi był poradnik „*Budownictwo wiejskie*” [L10], przybliżający zasady przygotowania drewna i podstawowych zasad budowy. Tu chcielibyśmy przywołać niezwykle istotne zalecenia – zwłaszcza w kontekście praktyk, obserwowanych dziś na rynku budowlanym w Polsce. Autor poradnika wskazuje:

“Używanie do budowy materiału, który tegoż roku został zdjęty z pnia, jest wprost karygodne.”

Zasada ta jest nadal aktualna i muszą o niej pamiętać wszyscy uczestnicy procesu budowlanego. Za ciekawą z punktu widzenia inżynierskiego należy uznać pozycję *Mosty wojenne cz. I Mosty polowe*, [L45] wydaną w 1920 roku jako poradnik zawierający zarówno zakres dawnej wiedzy technicznej – tej przekazywanej z pokolenia na pokolenie ustnie, jak i stabelaryzowane zasady wynikające ze stanu wiedzy właściwego dla okresu opracowywania książki.

Nie można też pominąć pierwszej normy z zakresu zasad obliczania konstrukcji drewnianych z uwzględnieniem połączeń oraz dopuszczalnych naprężeń, udostępnionej w Przeglądzie Technicznym w 1937 roku. Normę tę opublikowano po wojnie z datą 1947.

Zahamowany działaniami wojennymi, a później złą prasą rozwój konstrukcji drewnianych można uznać za wznowiony w latach 70. O procesach towarzyszących przywracaniu budownictwa drewnianego w Polsce oraz wypracowanych wówczas systemach wypowiedział się na potrzeby niniejszego opracowania mgr inż. Maria Antoni Hikiert, który od lat 70 do dziś czynnie uczestniczy w pracach mających na celu wdrażanie i popularyzację drewna w budownictwie i systemowych rozwiązaniach. Czytając poniższe informacje, opracowane przez mgr. inż. M. A. Hikierta warto zwrócić uwagę, że już w tamtym okresie dostrzeżono w Polsce wartość budownictwa prefabrykowanego.

Budownictwo drewniane w czasach PRL

W okresie po drugiej wojnie światowej budownictwo z drewna zostało w Polsce niemal całkowicie zahamowane. Kondycja lasów - źródła surowca - mocno przetrzebionych w czasie wojny, była zła. Skoncentrowano się na odbudowie zniszczonego przez wojnę kraju z przekonaniem o wyższości budownictwa z trwałych materiałów, do których drewna nie zaliczano. Ponadto stosowanie konstrukcji drewnianych w Polsce zahamowały ostre przepisy przeciwpożarowe.

Do konstrukcji drewnianych powrócono dopiero w latach siedemdziesiątych XX wieku. Wybudowano wtedy fabrykę wielkometryrowych konstrukcji klejonych warstwowo w Cierpicach, a także zakupiono nową fabrykę domów z drewna i materiałów drewnopochodnych z lokalizacją w Ciechanowie. Zaczęto też stosowanie konstrukcji drewnianych w budownictwie rolniczym. W latach 70-tych i 80-tych w zakładach podlegających Zjednoczeniu Stolarki Budowlanej produkowano elementy budynków ze szkieletem drewnianym i zastosowaniem materiałów drewnopochodnych. Zakłady produkujące elementy w oparciu o drewno i materiały drewnopochodne wytwarzały je na podstawie zatwierdzonych przez Instytut Techniki Budowlanej systemów:

- system wznoszenia z prefabrykowanych elementów przestrzennych,
- system wznoszenia z prefabrykowanych elementów płaskich,

- system budownictwa szkieletowego.

Pierwszy system był zastosowany w Polsce w budownictwie mieszkaniowym jedynie jako doświadczalny. W oparciu o ten system wybudowano w Warszawie osiedle Zacisze.

System wznoszenia domów z prefabrykowanych elementów płaskich stosowano dosyć szeroko. W jego ramach produkowano elementy ścienne, stropowe i więźby dachowej wykończone w wysokim stopniu. Niektóre fabryki produkowały elementy składające się na całość systemu, a niektóre tylko jego części np. tylko ściany osłonowe.

Zastosowanie prefabrykacji do produkcji drewnopochodnych elementów budowlanych, wykonywanych seryjnie metodami przemysłowymi, było bezsprzecznie elementem postępu technicznego w stosunku do metod tradycyjnych. Prefabrykacja w fabryce pozwalała na lepsze wykorzystanie materiałów oraz zmniejszenie ilości prac wykonywanych na miejscu budowy. Przy prefabrykacji prócz materiałów drewnianych stosowano stal, płyty gipsowe, płyty z wełny mineralnej, płyty azbestowo-cementowe i tworzywa sztuczne. Wymienione systemy różniły się przede wszystkim rozwiązaniami konstrukcyjnymi, ale także standardem wykończenia elementów i technologią produkcji.

Każdy z wymienionych systemów obejmował:

- zestaw produkowanych elementów,
- rozwiązania połączeń elementów,
- warunki techniczne wykonania, odbioru, transportu, składowania i montażu,
- rozwiązania wykończeń.

Każdy z elementów w przytoczonych systemach zawierał:

1. Szkielet, czyli części konstrukcyjne takie jak słupki ścienne, żebra stropowe i elementy konstrukcji dachowych, rygle górne i dolne ścian oraz oczepy z konstrukcyjnego drewna sosnowego lub świerkowego. Części niekonstrukcyjne z tarcicy iglastej wg PN-75/D-96000.
2. Poszycia okładzinowe elementów z płyt pilśniowych bardzo twardych i twardych, sklejki, płyt gipsowo kartonowych, listew elewacyjnych i boazeryjnych.
3. Elementy izolacji akustycznej (wg PN-B-02151.03:1987) i termicznej
Normy dopuszczały przy tym emisję formaldehydu z 1 m² płyty w ciągu doby $\leq 0,05$, fenolu $\leq 0,02$, i współczynnik przenikania ciepła k ścian zewnętrznych zgodny z PN-91/B-02020).
4. Stolarkę budowlaną, czyli okna, drzwi i naświetla zgodnie z albumem typowej stolarki okiennej i drzwiowej dla budownictwa ogólnego wg PR -5/84 COBPBO.
5. Zabezpieczenia drewna i materiałów drewnopochodnych przeciw grzybom, owadom i wilgoci – środki dopuszczone do stosowania w budownictwie przez ITB lub objęte normami PN lub BN.

Instytut Techniki Budowlanej wydał szereg świadectw, które dopuszczały do stosowania w budownictwie elementy produkowane w zakładach skupionych w Zjednoczeniu Stolarki Budowlanej. Były to systemy:

- Sępólno – elementy produkowane w Sępólnie Krajeńskim (technologia klejenia); Domont T-70, Domont TM-72 Sępólno-82,

- Ciechanów: (Stolbud 1 , Stolbud 2 - elementy systemu Ciechanów),
- Namysłów – elementy ścienne pawilonów „Namysłów”,
- Mikołajki,
- Lekka ściana osłonowa typu SON i SOL,
- Białogard – elementy ścienne, dachowe i uzupełniające typu „Białogard-84”,
- Progor, Progor- LSO-D/2 (lekka ściana osłonowa).

Spośród wymienionych wyżej systemów na szczególną uwagę zasługuje system Mikołajki. Wykorzystywano w nim trzcinę z okolicznych mazurskich jezior jako materiał izolacyjny. Trzcina była jednocześnie okładziną zewnętrzną ścian, na którą nakładano na budowie tynk. Zakład w Mikołajkach wraz z technologią został przejęty po wojnie i najwcześniej produkował elementy domów opartych konstrukcyjnie o drewno.

Trzeba też wyróżnić system STOLBUD-1, ponieważ oparto go o zakupioną w Szwecji fabrykę i technologię. Szwecja była i jest krajem wyróżniającym się tradycją w budownictwie z drewna, a w latach 70 minionego wieku wyróżniała się też wieloma nowościami w tej dziedzinie.

System STOLBUD - 1

W systemie tym wytwarzane były elementy w fabryce domów w Ciechanowie. Fabryka została zakupiona w Szwecji „pod klucz” łącznie z kilkoma projektami domów i pawilonów oraz przeszkoleniem pracowników, w tym projektantów - architektów, konstruktorów i technologów. Kontraktowa zdolność produkcyjna fabryki wynosiła 2000 domów o powierzchni użytkowej około 110 m² rocznie. Zakupiony wówczas system logistycznego zaopatrzenia produkcji nie pasował zupełnie do systemu obrotu materiałowego, jaki miał miejsce w owym czasie w Polsce. Dlatego po ukończeniu inwestycji i rozruchu technologicznym fabryki w 1975 roku konieczne było natychmiastowe wybudowanie dodatkowych magazynów na materiały, których rytmiczne dostawy były niemożliwe. Szwedzki system produkcji, zatwierdzony przez ITB i adaptowany do warunków w naszym kraju, należał do najbardziej uprzemysłowionych form małokubaturowego budownictwa drewnianego w Polsce. Był to system z założenia otwarty, czyli elementy były projektowane każdorazowo dla produkcji każdego nowo uruchamianego obiektu. Przewidziano stosowanie obiektów we wszystkich strefach klimatycznych i wiatrowych, wagę elementów do 1500 kg i montaż z kontenera lub z kół – przy użyciu lekkiego sprzętu. Standardowa wysokość pomieszczeń wynosiła 2,50 m. Możliwe jednak było jej podwyższenie do 3,30 m poprzez zastosowanie tzw. nadstawek. Rozstaw elementów podpierających strop lub dach wynosił do 6,0 m. Długość elementów do 12 m, co wynikało z ograniczenia w transporcie 40-stopowej platformy kontenera. W skład systemu wchodziły elementy ścienne, stropowe, stropodachowe, dachowe, a także uzupełniające.

Zakupiony w Szwecji system przewidywał umieszczanie w produkowanych elementach rurek i puszek instalacji elektrycznej, a także montaż w stropach i podłogach instalacji kanalizacyjnej. Niestety w krótkim czasie odstąpiono od tej prefabrykacji z uwagi na brak takich elementów krajowej produkcji. Na import brakowało środków.

Płyty ścienne STOLBUD-1 były konstrukcyjnymi ścianami zewnętrznymi lub wewnętrznymi, albo ścianami działowymi. Konstrukcję ścian zewnętrznych stanowił impregnowany zanurzeniowo szkielet (słupki, rygiel dolny, rygiel górny, poprzeczki usztywniające). Okien i drzwi nigdy nie lokalizowano przy słupkach zewnętrznych. Połączenia styków ścian – dla zapewnienia odpowiedniej ich sztywności – realizowano pomiędzy przylegającymi słupami prostopadłych do siebie sąsiednich ścian. Izolację termiczną stanowiły płyty z wełny mineralnej o gęstości objętościowej min. 80 kg/m^3 . Szkielet objiany był z zewnątrz płytami pilśniowymi bardzo twardymi (hartowanymi olejowo) grubości 4 mm, nawilżonymi uprzednio wodą do wilgotności 10-12 %. Jako dodatkowe usztywnienie budynku stosowano zamiast płyty pilśniowej sklejkę wodoodporną grubości 5, 10 lub 12 mm, mocowaną zwykle po zewnętrznej stronie skrajnych pól ścian zewnętrznych. Wewnątrz pomieszczenia wykańczano płytami gipsowo-kartonowymi grubości 12,5 mm. W przypadku tzw. pomieszczeń mokrych stosowano płytę wodoodporną (impregnowaną i zbrojoną włóknem szklanym). Paroizolację stanowiła folia polietylenowa o grubości co najmniej 0,2 mm. Wykończenie zewnętrzne ścian wykonywane było z malowanych farbą emulsyjną poliwinylową desek poziomych lub pionowych o grubości po obróbce 25 mm. W zależności od projektu niektóre ściany zewnętrzne były na budowie obmurowywane dekoracyjną cegłą z pozostawieniem pustki wentylacyjnej minimum 50 mm. Ściany wewnętrzne spełniały funkcję nośnych lub działowych. Konstrukcja ścian wewnętrznych działowych różniła się wymiarami przekroju poprzecznego elementów szkieletu, a więc związaną z tym grubością. W ścianach działowych stosowano przekrój słupków 45 x 45 mm lub 45 x 70 mm.

Płyty stropowe STOLBUD-1. Produkowano je jako jedno lub dwuczęściowe. Konstrukcję nośną stanowił szkielet z impregnowanego zanurzeniowo drewna (podłużne żebra nośne, elementy czołowe o przekroju 45, 63 lub 75 x 240 mm). Podłogę stanowiła warstwa ułożona z desek o grubości min. 28 mm lub ze sklejki wodoodpornej grubości 18 mm albo płyty wiórowej wodoodpornej 22 mm. Warstwę izolacji termicznej wykonywano z płyt z wełny mineralnej o gęstości 60 kg/m^3 . Grubość izolacji wynosiła 50 mm w stropach międzykondygnacyjnych, a w elementach pod nieocieplonym poddaszem min 170 mm. Okładzinę sufitową wykonywano z płyt gipsowo - kartonowych przybijanych do listew dystansowych z drewna. Listwy mocowane były do żeber stropowych w odstępach co 400 mm. Stropy dwuczęściowe spełniały rolę ekranu akustycznego, ponieważ składały się z nośnego elementu podłogowego i dodatkowo z elementu sufitowego.

Stropodach STOLBUD-1. Konstrukcję nośną tego elementu oparto o więzary z 5% spadkiem ze środkiem ze sklejki wodoodpornej 12 mm i impregnowanego zanurzeniowo drewna na pasy dolne i górne więzara oraz jego słupki i wstawki. Drewno łączono ze sklejką początkowo importowanym klejem rezorcynowym, a w okresie późniejszym klejem AG krajowej produkcji o zbliżonej recepturze i parametrach. Zamocowane w pneumatycznych ściskach zaklejone elementy gwoździowano z użyciem gwoździ pierścieniowych. Połąc dachową wykonywano z impregnowanych desek grubości min. 25 mm, lub sklejki wodoodpornej grubości min. 18 mm. Pokrycie stanowiła jedna warstwa papy bitumicznej mocowanej zszywkami i z użyciem lepiku na zimno. Na budowie po montażu dach był kryty co najmniej jedną kolejną warstwą papy bitumicznej. Izolację wykonywano z płyt z wełny mineralnej o gramaturze 60 kg/m^3 i grubości 200 mm. Paroizolację wykonywano z folii polietylenowej 0,2 mm, a okładziny

sufitowe z płyt gipsowo kartonowych grubości 12,5 mm lub w przypadku, kiedy podsufitkę mocowano na budowie – 9,0 mm. Elementy stropodachowe produkowano o wymiarach: długość do 12 m, szerokość do 2,4 m i wysokość w wyższym końcu do 0,85 m.

Elementy dachowe STOLBUD-1. Konstrukcję tych elementów stanowiły krokwie z impregnowanego drewna, o wymiarach wynikających z obliczeń wytrzymałościowych. Pozostałe składowe w elementach dachowych jak w stropodachu.

ZSB Stolbud w Ciechanowie posiadał duży potencjał produkcyjny. Początkowo podaż domów jednorodzinnych w tej technologii znacznie przewyższała popyt. Rynek nie był przygotowany do wchłonięcia takiej produkcji tym bardziej, że kupno domu wymagało zaangażowania poważnych środków finansowych. W celu wykorzystania tego potencjału uruchomiono produkcję przedszkoli, zajazdów, a także brojlerni. Były to obiekty o stosunkowo dużej kubaturze. W Ciechanowie wyprodukowano do roku 1989 ponad 200 przedszkoli, które są w przeważającej większości użytkowane do dziś.

W oparciu o możliwości systemu podejmowano też w tym zakładzie próby bardzo innowacyjnej produkcji. Opracowano i wykonano prototyp rozwojowego domu modułowego, który na plac budowy dostarczono jako gotowy do natychmiastowego zamieszkania. Dom ten w wersji najskromniejszej posiadał wymiary (mierzone po obrysie zewnętrznym) 2,4 x 9,0 m. Można go było stopniowo rozbudowywać, dostawiając kolejne segmenty. Ich przyłączenie do bryły budynku polegało tylko na usunięciu materiałów w ścianie łączącej (płyty gipsowej, wełny mineralnej i innych elementów wypełnienia) z przewidzianej konstrukcyjnie powierzchni ograniczonej słupkami.

Podejmowano też z powodzeniem próby budowy domów na zasadzie szkieletu montowanego na placu budowy (tzw. system kanadyjski). Fabryka dysponowała własnymi brygadami montażowymi, których pracownicy posiadali w tym zakresie umiejętności i kwalifikacje. Rozwój tego rodzaju budownictwa hamowany był jednak przez warunki ekonomiczne. Zakład nie był bowiem ekonomicznie zainteresowany sprzedażą półproduktu, jakim był skompletowany materiał do budowy domu w takiej technologii. Hamulec ten działał tym bardziej, że tarcica była materiałem reglamentowanym, otrzymywanym z zawsze zbyt skąpego przydziału.

Jako technologiczną ciekawostkę można uznać fakt, że w roku 1987 podjęto z powodzeniem próbę wykonawstwa elementów ściennych domów w oparciu o zimnogięte profile stalowe. Był to zapożyczony z Francji pomysł, gdzie zrealizowano całe osiedle takich domów.

Pozostałe systemy wykorzystywane były w mniejszej skali, ponieważ zakłady w Sępólnie, Namysłowie i Białogardzie, miały znacznie mniejszą niż ZSB w Ciechanowie zdolność produkcyjną. Zatem:

System STOLBUD - 2 przewidywał płyty ścian zewnętrznych o wymiarach: długość 1790 mm, wysokość 3000 mm, a grubość zależna od strefy klimatycznej. Ściany wewnętrzne nośne: 3590 x 3000 x 128 mm, wewnętrzne nienośne: 1790 x 3000 x 78 mm. Elementy stropów jednocześnie: 4990 x 1200 x 202 mm, dwuczęściowych 3700 x 1200 x 286 mm.

Stropodachy o zmiennej wysokości od 270 do 700 mm.

W **Systemie NAMYSŁÓW** wznoszone były części nadziemne budynków jednokondygnacyjnych wolnostojących, a także bliźniaków lub w zabudowie szeregowej. Budynki wznoszono w I i II strefie wiatrowej i śniegowej.

Konstrukcję płyt ściennych zewnętrznych stanowił szkielet drewniany ze słupkami skrajnymi o wym. 46x95 mm i środkowymi o wymiarach 30x90 mm. Szkielet usztywniały elementy z drewna. Izolację termiczną wykonywano z płyt z wełny mineralnej grubości 100 mm i gramaturze 80 kg/m³. Usztywnienie konstrukcji wykonywano z nawilżonej płyty pilśniowej twardej grubości 4 mm lub ze sklejki wodoodpornej grubości 5 mm. Paroizolację wykonywano z folii polietylenowej grubości 0,07 mm. Okładzinę zewnętrzną stanowiło drewno.

Lekkie ściany osłonowe typu SON i SOL

Elementy SON były to lekkie ściany osłonowe nakładane na żelbetową konstrukcję budynku, natomiast elementy typu SOL były ścianami loggiowymi. Oba rodzaje tych elementów składały się z drewnianej konstrukcji nośnej opartej o słupki 25x120 mm i 60x120 mm. Izolację termiczną wykonywano z wełny mineralnej łącznej grubości 120 mm. Paroizolację z folii polietylenowej gr. 0,07 mm, którą układano od strony wewnętrznej elementu na płytach z wełny mineralnej. Szkielet usztywniano obustronnie za pomocą płyt pilśniowych twardych grubości 4 mm. Wykończenie od strony wewnętrznej stanowiła płyta gipsowo-kartonowa przybijana w zakładzie prefabrykacji lub na placu budowy. Okładziną zewnętrzną było drewno mocowane do całej powierzchni ściany na listwach dystansowych.

Lekkie ściany osłonowe systemu PROGOR

Ściany systemu PROGOR wykonywano na bazie szkieletu drewnianego z impregnowanych sosnowych lub świerkowych bali o wymiarach 48x97 mm. Szkielet wypełniany był wełną mineralną o gramaturze 80 kg/m³ układaną dwuwarstwowo o łącznej grubości warstw 100 mm. Od wewnątrz wykończenie ściany wykonywane było z dwóch warstw płyt gipsowo-kartonowych grubości 12,5 mm, a od zewnątrz stosowano jako wykończenie listwy boazerijne z drewna iglastego, impregnowane i malowane środkiem ochronnym. Boazerię układano na listwach dystansowych. Alternatywnie poszycie zewnętrzne wykonywano z blachy niskofalowej T-12, pokrytej powłoką akrylową.

System budownictwa szkieletowego – do którego można zaliczyć system amerykańsko-kanadyjski, a o którym wspomniano już przy opisie produkcji zakładu w Ciechanowie, próbowano wdrożyć także w innych zakładach Zjednoczenia Stolarki Budowlanej już od połowy lat 80-tych. Nie spotkał się on jednak z szerszym zainteresowaniem, ponieważ powszechny był pogląd o wyższości technologii prefabrykacji. Obawiano się też trudności wykonawczych wynikających ze wznoszenia domów a nie składania gotowych elementów, a także braku na rynku nowoczesnych materiałów płytowych na poszycia, wypełniających i uszczelniających.

W Polsce do okresu przemian ustrojowo gospodarczych w budownictwie z drewna i drewnopochodnych dominowało budownictwo małokubaturowe w formie domów parterowych lub jednopiętrowych, mieszkalnych jednorodzinnych i użyteczności publicznej (domy wczasowe, przedszkola, motele, zajazdy, hotele robotnicze, budynki biurowe, zaplecza

budów itp.) W okresie przemian upadły wszystkie fabryki domów. Przyczyną był brak zamówień i brak możliwości przestawienia produkcji na inny asortyment. Fabryka w Ciechanowie próbowała ratować się eksportem do Niemiec. Wybudowano w tym czasie znaczną część osiedla w Teltow pod Berlinem. Osiedle to niemiecki deweloper zaprojektował specjalnie pod kątem elementów z ciechanowskiej fabryki. Niestety koszty transportu elementów na znaczną odległość okazały się zbyt wysokie. Bezwrotnie zaprzepaszczony został wieloletni dorobek, doświadczenie i wiedza pracowników wszystkich fabryk. W okresie późniejszym za budownictwo z drewna i drewnopochodnych często zabierali się ludzie bez odpowiedniej wiedzy i doświadczenia. Swoją działalnością wyrządzili tej dziedzinie budownictwa wiele szkód. Brak zaufania do budownictwa z drewna pokutuje w społeczeństwie do dziś. Aby to zmienić i przyspieszyć rozwój tego rodzaju budownictwa, konieczna jest edukacja uczestników procesu budowlanego.

Budownictwo drewniane po transformacji systemowej w 1989 r

Lata 90 XX wieku należy uznać za początek intensywniejszego wykorzystywania w Polsce wielkogabarytowych konstrukcji z drewna klejonego warstwowo. Budowane były np. liczne pływalnie i hale sportowe, np. kryta pływalnia w Grodzisku Mazowieckim o rozpiętości 30 m, 1998 r. (fot. 1.11) czy hala sportowa i pływalnia AWF Katowice o rozpiętości 44 i 37 m, 2002 r. (fot. 1.12). Z drewna wznoszone są coraz częściej obiekty użyteczności publicznej, obiekty sakralne, obiekty infrastruktury czy małej architektury, jak również budynki jednorodzinne. Nie mamy jeszcze co prawda wielu współcześnie zbudowanych, wielokondygnacyjnych obiektów wielorodzinnych, jak inne kraje – na pewno jednak tendencja jest wzrostowa. Powoli zaczęły powstawać firmy, które, wzorując się na doświadczeniach zachodnich, zaczęły produkować i wprowadzać na rynek prefabrykowane budynki jednorodzinne, a następnie również obiekty użyteczności publicznej, np. przedszkola (fot. 1.13) i szkoły, jak i też budynki wielorodzinne (fot. 1.14).



Fot. 1.11 Kryta pływalnia w Grodzisku Mazowieckim (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 1.12 Konstrukcja przekrycia hali sportowej AWF Katowice. (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 1.13 Przedszkole w Gdańsku, powierzchnia 1947 m² (fot. z archiwum Stowarzyszenia Energooszczędne Domy Gotowe)



Fot. 1.14 Prefabrykowane domy wielorodzinne o konstrukcji drewnianej, Bielsk Podlaski (fot. z archiwum Stowarzyszenia Energooszczędne Domy Gotowe)

1.2 Budownictwo drewniane na świecie

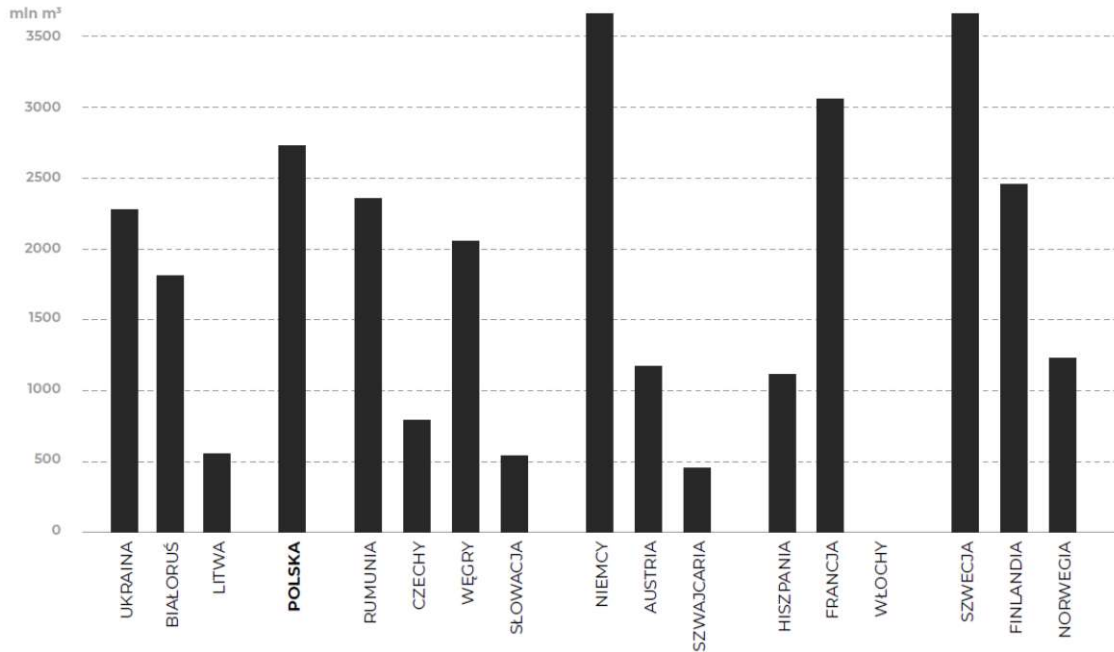
Światowym trendem jest w ostatnich latach niskoemisyjne budownictwo drewniane, często też w postaci wielokondygnacyjnych, coraz wyższych obiektów. Coraz więcej zespołów projektowych zwraca się ku budownictwu drewnianemu ze względu na niski ślad węglowy. Nawet na forum Parlamentu Europejskiego wskazywane są możliwości kumulacyjne drewna w zakresie magazynowania CO₂. Dlatego też prowadzone są liczne projekty badawcze, które umożliwiają budowę coraz to wyższych i lepszych pod każdym względem obiektów (wybrane projekty przedstawiono w Rozdziale 1.3).

Popularność budownictwa drewnianego w Europie i na świecie wynika również z wypracowania odpowiednich standardów zarówno projektowania jak i wykonania, które szczególnie w zakresie wykonawstwa wymagają dużego doświadczenia i dbałości o szczegóły, gdyż właśnie te elementy po pierwsze zapewniają dużą trwałość tego typu budynków, a przy okazji i bezpieczeństwo pożarowe.

Tu należy podkreślić, że i w Polsce zaczyna się coraz większą uwagę zwracać na budownictwo drewniane i jego rolę w zrównoważonym rozwoju, przeciwdziałaniu zmianom klimatycznym czy kształtowaniu ekologicznego i przyjaznego człowiekowi środowiska, a częścią starań w tym względzie jest niniejszy cykl opracowań, mających na celu przybliżenie dobrych praktyk w budownictwie drewnianym. Natomiast jeden z prowadzonych w Polsce projektów badawczych, dotyczących bezpieczeństwa pożarowego, został opisany w Rozdziale 6.

Ministerstwo Klimatu i Środowiska podjęło usystematyzowaną próbę przełamania ograniczeń prawnych, utrudniających szerszy udział wykorzystania drewna w budownictwie.

Działania te wynikały z przesłanek o charakterze globalnym, wszak cele klimatyczne stawiane są przed poszczególnymi państwami. Potrzeba przededefiniowania gospodarki opartej na surowcach kopalnych na rzecz bioekonomii, z odnawialnymi zasobami surowcowymi; gospodarka bezodpadowa; uwzględnianie śladu węglowego; czy w końcu szereg różnych wskaźników, którymi obwarowaliśmy nasze wymagania stawiane budynkom, np. maksymalne zapotrzebowanie na nieodwracalną energię pierwotną EP_{max} , czy izolacyjność cieplna przegród i związane z nią współczynniki przenikania ciepła $U_{C(max)}$, spowodowały, że ponownie dostrzeżono drewno jako ważny materiał budowlany. Potwierdzają to światowe statystyki i tak np. w prowincji Quebec w Kanadzie, w 2016 r., wśród budynków mieszkalnych o wysokości do 4 kondygnacji włącznie, aż 93% stanowiły budynki o konstrukcji drewnianej. Innym przykładem jest Austria, gdzie tradycje budowania z drewna są wielowiekowe. Przy lesistości nieco poniżej 50%, udział budownictwa drewnianego sięga 33%. Szukając analogii do sytuacji w Polsce, warto rozważyć naszych zachodnich sąsiadów, którzy mają lesistość na bardzo podobnym poziomie co Polska, odpowiednio nieco ponad 32% do ponad 30% w Polsce, przy czym udział budownictwa drewnianego w Niemczech sięga 30%, podczas gdy w Polsce wynosi zaledwie ok. 2%.



Fot. 1.15. Zasoby drzewne w wybranych krajach [mln m³] (SoEF 2020) [L39]

W drugiej połowie XX wieku nastąpił rozwój i intensyfikacja stosowania drewna, zwłaszcza drewna klejonego warstwowo w obiektach sportowych, kulturalnych, przemysłowych i wielu innych, o coraz to większej rozpiętości bez podpór pośrednich. Jednym z takich przykładów są obiekty sportowe zbudowane na potrzeby Olimpiady, która odbyła się w 1994 roku w norweskim Lillehammer. Rozpiętości konstrukcji są imponujące – jedna z hal, z racji na inspirację kształtu zwana „statkiem Wikingów” ma rozpiętość elementów nośnych 96,4 m.

Od początku XXI wieku dążenie do zaprojektowania i zbudowania wielokondygnacyjnych budynków o konstrukcji drewnianej zauważalne jest na całym świecie. Jeszcze na początku XXI wieku za wysokie uważało się budynki ośmiokondygnacyjne – np. na szwedzkim osiedlu Limnologen w Växjö w 2006 roku rozpoczęto projekt związany z realizacją czterech ośmiokondygnacyjnych budynków, których fundamenty i pierwszą kondygnację zaprojektowano z żelbetu, a pozostałe 7 – z drewna klejonego krzyżowo (CLT). Zlokalizowane są tam 134 mieszkania. Były to w tamtych czasach najwyższe budynki Europy wykonane w technologii drewnianej, a ich projektowaniu i wznoszeniu towarzyszyły liczne prace badawcze. Warto też wskazać, że projekt Limnologen odegrał ważną rolę w rozwoju wielokondygnacyjnego budownictwa drewnianego w Szwecji oraz Europie, a w powiązaniu z nim powstał Program Edukacyjny Narodowej Strategii Budownictwa Drewnianego. [L25].

W Niemczech, w Bad Aibling zbudowano w 2011 roku [<https://www.byak.de/planen-und-bauen/projekt/holz-8-acht-stoekiges-holzhaus-bad-aibling-1.html> dostęp 09.2022] ośmiokondygnacyjny drewniany budynek mieszkalno-biurowy „Holz 8” o wysokości ok. 25 m, będący pierwszym ośmiokondygnacyjnym budynkiem drewnianym w środkowej Europie (fot. 1.16).



Fot. 1.16 Budynek ósmiokondygnacyjny w Bad Aibling, Niemcy (fot. P. Sulik)

W kolejnych latach budynki o konstrukcji drewnianej pięły się coraz bardziej do góry. Poniżej wymienione obiekty to tylko niewielka część wzniesionych w ostatnich latach tego typu budowli.

- W australijskim Melbourne powstał z wykorzystaniem CLT w 2012 roku 10-kondygnacyjny apartamentowiec o wysokości 32,2 m.
- W norweskim Bergen z drewna klejonego warstwowo oraz krzyżowo w roku 2015 ukończono budowę 14-kondygnacyjnego budynku o wysokości 45 m. (Za <https://www.svenskttra.se/publikationer-start/tidningen-tra/2016-1/stadsbyggnad-i-tra/>) Odporność ogniowa R90.
- W kanadyjskim Vancouver z drewna klejonego warstwowo oraz krzyżowo w roku 2017 zbudowano 18-kondygnacyjny akademik dla 404 studentów. Wysokość 54 m.
- W kanadyjskim Quebec w 2017 roku oddano do użytku 13-kondygnacyjny budynek o wysokości 40,9 m wykonany z CLT. (fot. 1.17)
- Najwyższym budynkiem (09.2022) pozostaje wciąż 18-kondygnacyjny Mjøstårnet w norweskim Brummundal, o wysokości 85,4 m, którego konstrukcję stanowi drewno klejone warstwowo, stropy wykonano w systemie Træs (płyty LVL i drewno klejone warstwowo), a szyb windy – z CLT. Odporność ogniowa R120. Budowę zakończono w 2019 roku.
- W austriackim Wiedniu w 2020 roku zakończono budowę 24-kondygnacyjnego Apartamentowca HoHo z drewna klejonego warstwowo oraz krzyżowo, jak również częściowo z żelbetu w kombinacji z drewnem. Wysokość 84 m.
- We francuskim Boreaux zakończony w 2021 roku 17-kondygnacyjny apartamentowiec mierzy 57 m, a zbudowany jest jako konstrukcja hybrydowa – drewniano-żelbetowa.
- W szwedzkim Skellefteå oddano do użytkowania w 2021 r. 20-kondygnacyjny obiekt kulturalny oraz hotel, wykonany z drewna klejonego krzyżowo (CLT) oraz warstwowo. Budynek mierzy 75 m.

- W holenderskim Amsterdamie w 2022 roku zakończono budowę 21-kondygnacyjnego apartamentowca o wysokości 73 m.



Fot. 1.17 Budynek Quebec, 13 kondygnacji (fot. P. Sulik)

1.3 Projekty badawcze

Możliwość wykorzystania konstrukcji drewnianych w obiektach o coraz większej wysokości czy rozpiętości jest ściśle powiązana z koniecznością wsparcia dla tego typu przedsięwzięć przez naukę. Podkreślamy ten aspekt, by uczulić osoby przystępujące do prac projektowych z zakresu zaawansowanych konstrukcji drewnianych, że często – zwłaszcza w przypadku mniej typowych konstrukcji – nie wystarczy projekt i to w zakresie „minimum minimorum”.

Dla zobrazowania rodzaju, wielkości i zakresu prac badawczych wspierających rozwój budownictwa drewnianego przedstawione zostały wybrane projekty prowadzone w ostatnich latach w Szwecji – na podstawie informacji zawartych na stronie Szwedzkiego Instytutu Badawczego RI [<https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor> dostęp 09.2022 r.].

Szwecja została wybrana nie bez powodu – jest to bowiem kraj o długiej tradycji i znacznym udziale budownictwa drewnianego w rynku budowlanym. W tym kraju też (patrz Rozdział 1.2) powstały pierwsze najwyższe drewniane budynki wielokondygnacyjne. Wystarczy tu przywołać choćby informacje zawarte w Trähusbarometern 02-2022 [L47], według których prefabrykowane domy drewniane stanowią 85-90% udziału w rynku małych domów (domów jednorodzinnych w różnych formach zabudowy). W Szwecji zauważalny jest też wzrost udziału mieszkań w wielokondygnacyjnych budynkach o konstrukcji drewnianej. Analizując przywołane w Trähusbarometern 01-2020 [L46] oraz 02-2022 [L47] informacje Szwedzkiego Urzędu Statystycznego można dowiedzieć się, że udział mieszkań w budynkach wielorodzinnych o konstrukcji drewnianej wzrósł z 13% w roku 2018 do 19% w roku 2020 (dane z 2021 roku będą opublikowane pod koniec 2022 r.).

Cechą wspólną i tych przykładowych, opisanych poniżej, i innych projektów badawczych, prowadzonych w Szwecji oraz innych krajach Europy i świata jest szczególny nacisk położony na kwestie właściwej współpracy i współdziałania między poszczególnymi uczestnikami procesu budowlanego, jak i niezbędność szerzenia wiedzy i wypracowywania dobrych praktyk.

Projekt Timber on Top

Możliwość rozbudowy lub nadbudowy istniejących obiektów pozwala na intensywniejsze wykorzystanie przestrzeni, zwłaszcza w gęstej zabudowie miejskiej. Drewno nadaje się do tego celu jak mało który materiał konstrukcyjny – z powodu wskazywanej już lekkości, możliwości kształtowania, jak i ognioodporności bez konieczności stosowania chemicznych (więc nieobojętnych dla człowieka) środków.

Celem projektu Timber on Top były badania dążące do zwiększenia użyteczności istniejących budynków oraz ich funkcjonalności z zastosowaniem lekkich konstrukcji wykonanych z odnawialnych i przyjaznych ekologicznie surowców. Kierowano się analizą procesów zarówno związanych z ekonomią, modelowaniem, jak i rozwiązaniami technicznymi z uwzględnieniem potrzeb społecznych i ekologii. Docelowo projekt miał doprowadzić do zwiększenia współpracy i wzajemnego zrozumienia uczestników procesów budowlanych, jakimi są gminy, właściciele gruntów, architekci, konstruktorzy, wykonawcy oraz dostawcy systemów budowlanych. Uwzględnione zostały również kwestie powiązane z BIM dla istniejących obiektów z uwzględnieniem rozbudowy, w czym aktywnie uczestniczył Uniwersytet techniczny w Luleå. Natomiast Uniwersytet w Linköping uczestniczył w projekcie w zakresie analizy modeli biznesowych.

Opracowano też przewodnik dobrych praktyk w zakresie objętym projektem.

Projekt rozpoczęty został w 2018 roku, trwał 41 miesięcy, a jego budżet wynosił 24 miliony koron (ok. 10,5 mln złotych).

Projekt Tall timber buildings – concept studium

W ramach projektu postanowiono ukazać sposoby projektowania 20-kondygnacyjnego obiektu o konstrukcji drewnianej oraz doprowadzić do kształtowania wiedzy w tym zakresie wśród uczestników całego procesu towarzyszącego projektowaniu i budowie tego typu obiektów – czyli architektów, inżynierów projektantów (zarówno w zakresie projektowania konstrukcyjnego, jak i związanego z bezpieczeństwem pożarowym), dostawców systemów budowlanych oraz właścicieli gruntów. Wskazano, że intensywna urbanizacja w połączeniu z kwestiami klimatycznymi, które coraz częściej są brane pod uwagę, w naturalny sposób prowadzi do wzrostu zainteresowania wysokimi (czyli dwudziesto- i więcej kondygnacyjnymi) budynkami o konstrukcji drewnianej.

Uwzględniono w prowadzonym projekcie zarówno kwestie bezpieczeństwa pożarowego, obciążeń statycznych i dynamicznych (np. pionowych i poziomych odkształceń wynikających z obciążeń stałych oraz od wiatru) oraz kwestie dotyczące stanów granicznych użytkowania.

Zwrócono uwagę na brak wystarczającej wiedzy oraz potrzebę wsparcia badawczego, w tym eksperymentalnego.

Projekt prowadzono w postaci studium koncepcyjnego 20-kondygnacyjnego obiektu o konstrukcji drewnianej w postaci systemu słupowo-ryglowego z drewna klejonego warstwowo i systemów bazujących na panelach drewnianych oraz belek z drewna litego.

Wśród celów projektu wymieniono m.in.:

- dystrybucję wiedzy pomiędzy uczestnikami procesów powiązanych z wielokondygnacyjnym budownictwem drewnianym,
- zwiększenie liczby architektów i konstruktorów posiadających doświadczenie w projektowaniu tego typu obiektów,
- stworzenie przewodnika dobrych praktyk zawierającego m.in. informacje o możliwych do zastosowania systemach i rozwiązaniach konstrukcyjnych w wysokich budynkach drewnianych,
- stworzenie odpowiednich modeli obliczeniowych powiązanych z pionowymi i poziomymi odkształceniami oraz właściwościami dynamicznymi, narzędzi projektowych, jak i dostosowanie istniejących systemów stosowanych w budownictwie drewnianym do potrzeb obiektów wielokondygnacyjnych,
- uwzględnienie aspektów środowiskowych.

Projekt zaczął się pod koniec 2015 roku, trwał 3 lata, a jego budżet wynosił ponad 12 milionów koron (ponad 5 milionów złotych).

Projekt Fire Safe implementation of visible mass timber in tall buildings

Projekt prowadzony był przez Federalną agencję zarządzającą lasami w USA, Departament rolnictwa USA, American Wood Council przy współpracy Szwedzkiego Instytutu RI. Podstawowym celem projektu były badania dotyczące właściwości ogniowych obiektów wykonanych z drewna klejonego warstwowo i krzyżowo o widocznych powierzchniach drewnianych. Postanowiono określić granice bezpieczeństwa pożarowego w sytuacji ekspozycji na działanie ognia nieosłoniętych powierzchni drewna w powiązaniu z kryteriami uwzględnionymi w przepisach. Powodem przystąpienia do projektu były zmienione ostatnio przepisy budowlane USA, dopuszczające wielokondygnacyjne budownictwo drewniane – lecz z ostrymi restrykcjami. Stąd jednym z celów było dostarczenie argumentów do ewentualnego złagodzenia przepisów.

Zauważono, że oczekiwania związane z estetyką wnętrz i projektowaniem architektonicznym – by w jak największym stopniu odsłonić i wyeksponować powierzchnie drewnianych elementów konstrukcyjnych – stanowią wyzwanie w zakresie bezpieczeństwa pożarowego.

Wskazano związek postawienia ostrzejszych wymagań klejom stosowanym w produkcji z możliwością rozszerzenia zakresu/rozmiaru pozostawiania widocznych powierzchni drewnianych. Ostrzejsze wymagania dla klejów sprzyjają również prawdopodobieństwu braku rozwoju pożaru nawet w przypadku nie zadziałania instalacji tryskaczowej czy opóźnienia przybycia straży pożarnej. (Scenariusze pożarowe uwzględniały mało prawdopodobną w praktyce sytuację, w której instalacja tryskaczowa nie działa, a interwencja straży pożarnej jest opóźniona.)

Na potrzeby projektu przeprowadzono 5 badań w pełnej skali z m.in. pomiarem temperatury w pomieszczeniu, wewnątrz i na powierzchni konstrukcji, szybkości wydzielania ciepła, pomiarami dotyczącymi ekspozycji elewacji na ogień. W badaniach dotyczących ekspozycji elewacji uwzględniono też możliwość ewentualnego przeniesienia się płomieni na budynki sąsiadujące – z konkluzją, że zachowanie odległości 8 metrów zapewnia bezpieczeństwo w tym względzie. Badania dotyczyły też przypadków gaszenia pożaru z zastosowaniem zmniejszonej ilości wody. Przeprowadzono też stosowne obliczenia, a dane pozyskane podczas badań i obliczeń zestawiono w raporcie.

Projekt rozpoczął się we wrześniu 2019 roku i trwał 2 lata.

Rozdział 2. Podstawowe wymagania stawiane drewnu konstrukcyjnemu i wyrobom konstrukcyjnym na jego bazie, stosowanym w budownictwie drewnianym

W rozdziale tym zawarte zostały informacje niezbędne przy projektowaniu konstrukcji drewnianych w zakresie wymagań stawianych materiałom (wyrobom budowlanym) stosowanym w budownictwie drewnianym.

Projekt musi uwzględniać materiały dopuszczone do stosowania i wprowadzania do obrotu, a realizacja budowy (czyli również w zakresie stosowanych materiałów) – pozostawać w zgodności z projektem. Pamiętajmy, że od spełnienia wymagań tu opisanych zależy bezpieczeństwo i długotrwałe, bezproblemowe użytkowanie obiektu – czyli domu, budynku szkoły czy przedszkola, sali sportowej, basenu i każdego innego o konstrukcji drewnianej. Wskazane bezpieczeństwo – to nie tylko bezpieczeństwo użytkownika, ale i projektanta oraz wykonawcy. W przypadku braku zachowania zasad wiedzy technicznej, spełnienia przepisów, w tym dotyczących wyrobów budowlanych inwestor (słusznie) będzie żądać usunięcia usterek i nieprawidłowości. Projektowane i wbudowywane materiały muszą spełniać te same wymagania, a ich rolą nie jest utrudnienie realizacji czy piętrzenie przeszkód w drodze do celu. Wymagania te mają bardzo konkretne zadanie. Zadaniem tym jest między innymi zapewnienie przenoszenia obciążeń, które zostały określone w projekcie. Jednymi bowiem z podstawowych właściwości drewna, określanymi w opisywanych tu procedurach, są te związane z wytrzymałością. Nikt nie chciałby przecież, aby każde wejście do pokoju budziło obawy, czy sufit nie spadnie na głowę, połączenia sprawiały wrażenie, że zaraz ulegną zniszczeniu, a nadmierne ugięcia powodowały spękania płyt na ścianach czy stropach. Dlatego trzeba pamiętać, że zastosowanie niepewnego wyrobu konstrukcyjnego, czyli np. takiego, w przypadku którego różne elementy mają różne wytrzymałości, odbiegające od zadeklarowanej klasy – będzie powodowało sytuacje skutkujące spękaniem, zarysowaniami czy nadmiernymi ugięciami. Konieczność zwracania uwagi na poprawność deklaracji, oznakowania, słownictwa, itp. – to nie jest „walka o dokument jako tzw. sztukę”. Istotne jest natomiast to, co te dokumenty potwierdzają. Jeśli deklaracja będzie wystawiona przez uczciwego producenta i poparta rzetelną kontrolą zewnętrzną jednostki – to taka deklaracja daje pewność, że dostarczony wyrób (drewno, drewno na złącza klinowe, drewno klejone, itp.) jest bezpieczny i posiada deklarowane właściwości – wytrzymałość, klasę reakcji na ogień czy odporność na korozję biologiczną. Dodatkowo deklaracja musi być spójna z dostarczonym wyrobem w zakresie rodzaju wyrobu oraz nazwy producenta.

Niedopuszczalne są sytuacje, w których np.:

- wykonawca przedkłada deklarację zgodności i certyfikat producenta „X”, a wyrób pochodzi w rzeczywistości od producenta „Y”,
- wykonawca przedkłada dokumenty dla drewna litego, choć dostarczył drewno na złącza klinowe czy sklejone drewno lite.

Zdarzają się niestety przypadki, w których wykonawca albo z niewiedzy, albo też z powodu zaniżenia ceny na etapie ofertowania, kupuje i wbudowuje materiał nie przeznaczony do zastosowań konstrukcyjnych. Materiał ten jest oczywiście tańszy – ale z drugiej strony nie pozwala na wykonanie bezpiecznej konstrukcji. W momencie zaś, w którym bardziej świadomy inwestor zaczyna domagać

się CE i odpowiedniej deklaracji – wykonawca taki rozpoczyna poszukiwania po internecie, znajduje dowolną deklarację i przedkłada ją inwestorowi, licząc, że uda się w ten sposób sprawę załatwić. Trzeba mieć jednak na uwadze, że jest to działanie „na krótką metę”, a prawda z reguły wychodzi na jaw. Konsekwencją wbudowania niewłaściwego (taniego, ale nie przeznaczonego do zastosowań konstrukcyjnych) materiału może być żądanie inwestora, by wykonawca na własny koszt rozebrał wszystko, co wiąże się z wbudowaniem niewłaściwego materiału, i do tego pokrył wszystkie koszty opóźnienia i strat.

Dlatego bardzo istotne jest dokładne opisanie w projekcie wymagań co do stosowanych wyrobów, by wykonawca otrzymał jednoznaczną podstawę, umożliwiającą postawienie wymagań dostawcy, a inwestor miał możliwość kontroli, czy wykonawca zastosował projektowane wyroby, oraz czy wbudowane wyroby przeznaczone są do zastosowań konstrukcyjnych. Podkreślanie przez autorów kwestii stosowania właściwych wyrobów wydawać się może niektórym z Państwa nadmierne. Nie są to jednak działania bezzasadne z uwagi na to, że niektóre oferty czy informacje podawane na stronach internetowych sprzedawców, dystrybutorów, wykonawców czy w publikacjach osób, które nie są specjalistami w zakresie konstrukcji drewnianych, wskazują na rażący brak wiedzy, np.:

Nieprawdziwe zapisy ze stron internetowych lub publikacji	Fakty
<p><i>„Produkcją drewna klejonego zajmują się fabryki i warsztaty stolarskie. W tych drugich powstają przede wszystkim mniejsze elementy. Kilkanaście lameli łączy się klejem, a następnie unieruchamia ściskami.”</i></p>	<p>Drewno klejone warstwowo musi być produkowane z zachowaniem wymagań EN 14080:2013 i posiadać ZKP, certyfikat w systemie 1, a przede wszystkim z zachowaniem stałości właściwości użytkowych. Nie ma znaczenia, czy produkowane są małe, czy duże elementy – zawsze wymagania są te same.</p>
<p><i>„Belki klejone DUOLAM wyróżnia przede wszystkim wyjątkowa wytrzymałość oraz idealna precyzja zachowania wymiaru, a przede wszystkim prostolinijność każdego elementu.”</i></p> <p><i>„Drewno konstrukcyjne KVH® spełnia ustawowe wymagania dotyczące drewna łączonego na mikrowczepy. Przestrzeganie tych wymagań udokumentowane jest niemieckim znakiem zgodności Ü.”</i></p>	<p>W Polsce stosuje się drewno klejone warstwowo lub sklejone drewno lite, które musi spełniać wymogi EN 14080:2013. Norma ta wskazuje, że drewno klejone powstaje w wyniku sklejenia minimum dwóch lameli o grubości $6 \leq t \leq 45 \text{ mm}$, a sklejone drewno lite jako wykonane z 2-5 lameli o grubości $45 < t \leq 85 \text{ mm}$. W Polsce dla drewna klejonego ma zastosowanie wyłącznie odniesienie do ww. normy, krajowe zasady niemieckie (np. „znak zgodności Ü”) nie mają żadnego zastosowania.</p>
<p><i>„Zgodnie z obowiązującą klasyfikacją, klejonka o szerokości poniżej 12 cm zaliczana jest do grupy materiałów SRO (słabo rozprzestrzeniających ogień). Po impregnacji środkiem ogniochronnym lub w przypadku desek o szerokości powyżej 12 cm, klasyfikuje się ją jako NRO (nierozprzestrzeniającą ognia).”</i></p>	<p>Zgodnie z Rozporządzeniem w sprawie WT, obecnie obowiązuje jedynie referencja do klas reakcji na ogień w odniesieniu do kwestii rozprzestrzeniania ognia, a jako NRO można klasyfikować elementy posiadające klasę reakcji na ogień minimum „B”. Odniesienie do wymiarów przekroju poprzecznego jest nieaktualne od wielu</p>

Nieprawdziwe zapisy ze stron internetowych lub publikacji	Fakty
<p><i>Odporność ogniową (R15, R30, R60 lub R90) uzyskuje się poprzez odpowiedni sposób produkcji, bez konieczności stosowania impregnacji chemicznej.</i></p>	<p>lat. Odporność ogniową uzyskuje się poprzez odpowiednie zaprojektowanie – zarówno elementów, jak i wszystkich połączeń. (PN-EN 1995-1-2)</p>
<p><i>„Drewno ma być wysuszone do 15% wilgotności i czterostronnie strugane, z fazowanymi krawędziami. W tym przypadku jego odporność ogniowa wynosi 30 min, a zgodnie z badaniami europejskimi, impregnowanie przeciwogniowe praktycznie nie daje więcej niż 20 min.”</i></p>	<p>Fakt czterostronnego strugania i fazowania krawędzi ma wpływ na rozprzestrzenianie się ognia, nie zapewnia jednak odporności ogniowej. Odporność ogniową uzyskuje się w wyniku odpowiedniego zaprojektowania – patrz wyżej.</p>
<p><i>„Poszczególne elementy łączone są ze sobą siłowo. Łącznikiem w tym rozwiązaniu jest specjalne wycięcie oraz siły tarcia, czasami wspomagane klejem. ... Technologia ta nosi nazwę KVH, co w tłumaczeniu z j. niemieckiego oznacza konstrukcyjne drewno lite. Technologia ta daje możliwość łączenia dowolnych odpadów w ciągłe elementy”</i></p>	<p>Elementy z drewna litego, łączone na złącza klinowe to „drewno na złącza klinowe”, które musi być w Polsce zgodne jedynie z normą EN 15497. Według tej normy wszystkie połączenia muszą być klejone (nie ma mowy o żadnych „siłach tarcia”). Określenie „KVH” natomiast jest właściwe wyłącznie dla rynku niemieckiego i austriackiego i obejmuje zarówno drewno lite, jak i drewno na złącza klinowe. Norma EN 15497 stawia też wysokie wymagania drewnu stosowanemu w produkcji, stąd nie ma mowy o „łączeniu dowolnych odpadów”.</p>
<p><i>„Wybierając materiał na dach, kieruj się zasadą, że im cięższe pokrycie i mniejszy kąt nachylenia, tym grubsze i masywniejsze muszą być łaty.”</i></p>	<p>łaty podlegają projektowaniu, a ich zakup musi poprzedzić przygotowanie zestawienia zgodnego z projektem. Wykonawca więc lub inwestor, wybierając materiał na dach nie może kierować się żadną inną zasadą niż ta, że ma być on ściśle zgodny z projektem – i dotyczy to WSZYSTKICH elementów konstrukcyjnych (a łaty do takich należą).</p>
<p><i>„Więźby dachowe z tarcicy iglastej ogólnego przeznaczenia. Oferujemy także tarcicę iglastą ogólnego przeznaczenia, szorstką, o wilgotności naturalnej...”</i></p>	<p>Więźba dachowa musi być wykonywana wyłącznie z drewna konstrukcyjnego o wilgotności zgodnej z podaną w NA do EC5. Tarcica ogólnego przeznaczenia nigdy nie była dopuszczalna do wykonywania elementów konstrukcyjnych. Odpowiednie opisanie w projekcie pozwoli inwestorowi na postawienie wymagań wykonawcy i zapobiegnie sytuacji źle pojętego oszczędzania przez wykonawcę w postaci zakupu taniego, mokrego drewna.</p>

Nieprawdziwe zapisy ze stron internetowych lub publikacji	Fakty
<p><i>„W budownictwie jednorodzinym najczęściej zastosowanie znajduje drewno klasy C27, C30, C35, czasem jeszcze C40. Zastosowanie drewna innego niż rekomendowane na konstrukcję dachu w projekcie grozi utratą nośności, a niekiedy zawaleniem się dachu.”</i></p>	<p>W powszechnym projektowaniu stosuje się klasy C18, C24 i rzadko C30. Tak jest we wszystkich krajach, w których budownictwo drewniane stoi na znacznie bardziej zaawansowanym poziomie niż u nas. Klasy C27 niemal nie oferują zachodnie tartaki, a w Polsce, gdzie przeważa sortowanie wizualne, brak jest przypisania dla klasy C27 klas sortowniczych dla świerku i sosny. Klasa C30 jest spotykana bardzo rzadko, klasa C35 jest niemal nieosiągalna (są oczywiście sprzedawcy, którzy na papierze zadeklarują wszystko, czego oczekuje klient, lecz nie koresponduje to z rzeczywistą wytrzymałością drewna i może prowadzić do katastrofy budowlanej). Klasa C40 jest produkowana w zasadzie wyłącznie na potrzeby produkcji drewna klejonego warstwowo i znakowana jako T24.</p>

Powyższe zestawienie to tylko bardzo niewielki przykład nieprawidłowych zapisów.

Ważne: poniższe informacje dotyczą drewna konstrukcyjnego i wszystkich wyrobów konstrukcyjnych na jego bazie (dlatego nie będą powielane przy opisach wymagań stawianych poszczególnym wyrobom, opisanych w tym rozdziale).

Istotną kwestią, na którą trzeba zwrócić uwagę zamawiając i kupując drewno lite i jego konstrukcyjne pochodne, jest klasa reakcji na ogień. Dotyczy to wszystkich wymienionych poniżej wyrobów objętych normami zharmonizowanymi. Zgodnie bowiem z aktualnym (na lipiec 2022 r.) Rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (w skrócie WT) [2] – aby można było zadeklarować NRO (czyli nierozprzestrzenianie ognia), należy zagwarantować klasę reakcji na ogień minimum „B”. NRO natomiast wymagane jest dla elementów konstrukcji większości obiektów. Tymczasem poniżej wskazane normy zharmonizowane pozwalają na przyjęcie bez dodatkowych badań klasy D-s2, d0, a deklarowanie wyższej klasy wymaga badań na etapie zarówno wstępnych badań typu, jak i w ramach zakładowej kontroli produkcji i podlega pod certyfikację. Mówiąc inaczej – jeśli obiekt, w którym ma być wbudowane drewno, nie jest wymieniony jako wyjątek w § 213 WT [2] (a jako wyjątki wymieniono tu np. budynki **mieszkalne: jednorodzinne**, zagrodowe i rekreacji indywidualnej **do trzech kondygnacji nadziemnych łącznie**: - z zastrzeżeniem § 217 ust.2 WT [2]) – to elementy konstrukcji drewnianej muszą spełniać wymóg NRO, tożsamy z klasą reakcji na ogień minimum „B”. Aby uzyskać drewno i inne konstrukcyjne wyroby na jego bazie o klasie reakcji na ogień minimum „B” trzeba np. zastosować impregnację odpowiednimi środkami, a proces prowadzący do podwyższenia klasy reakcji na ogień podlega pod kontrolę zewnętrzną. Tak więc jeśli producent czy sprzedawca oferuje w sprzedaży elementy konstrukcyjne z drewna czy wyrobów na jego bazie, deklarując NRO – należy sprawdzić, czy producent może wylegitymować się dokumentami świadczącymi o wykonaniu badań

typu oraz objęciem procesu prowadzącego do podwyższenia klasy reakcji na ogień nadzorem jednostki notyfikowanej. Nie dajmy sobie natomiast wmówić, że badanie wykonane jednostkowo jest tożsame z badaniami typu i stałą kontrolą produkcji oraz cyklicznymi badaniami. Uszczegółowienie i rozszerzenie podanych tu informacji znajduje się w Rozdziale 6 niniejszego poradnika.

Istotnym jest też, że impregnaty zarówno zabezpieczające przeciw korozji biologicznej, jak i podnoszące klasę reakcji na ogień muszą wypełniać postanowienia normy EN 15228 [N26], by ich zastosowanie nie powodowało pogorszenia właściwości konstrukcyjnych zabezpieczanego wyrobu. Należy sprawdzać postanowienia Aprobata oraz Krajowych i Europejskich Ocen Technicznych, czy środek impregnujący i/lub zabezpieczający, którego dotyczy dokument, został zweryfikowany/przebadany zgodnie z tą normą. Brak przywołania tej normy eliminuje możliwość zastosowania środka do celu zabezpieczenia np. drewna klejonego warstwowo, sklejonego drewna litego czy drewna na złącza klinowe. Na przykład popularny w Polsce środek solny nie był badany w ramach opracowywania Aprobata, a później KOT, w oparciu o EN 15228. Zawarty wcześniej w Aprobacie, a obecnie w KOT zapis, że środek przeznaczony jest do stosowania do drewna i materiałów drewnopochodnych (z wyłączeniem drewna egzotycznego) NIE świadczy o tym, że przeznaczony jest również do inżynierskich wyrobów z drewna – czyli drewna klejonego warstwowo, sklejonego drewna litego czy drewna na złącza klinowe. Dlatego też – mimo niskiej ceny i powszechności stosowania – dopóki nie zostaną wykonane badania i ocena zgodnie z EN 15228 z przywołaniem odpowiednich zapisów w KOT, środek ten nie powinien być stosowany w przypadku wyrobów, których normy zharmonizowane wymagają takiej weryfikacji.

W tym miejscu warto zatrzymać się nad kwestią impregnowania drewna (i innych wyrobów na jego bazie również) w warunkach placu budowy. Zdaniem autorów niewielu spośród wykonawców, którzy kupują drewno konstrukcyjne nieimpregnowane i potem impregnują je sami na budowie, zdaje sobie sprawę z konieczności zapewnienia odpowiedniego wysycenia impregnatem. Impregnacja nie polega na tym, żeby posmarować elementy konstrukcyjne zielonym (najczęściej) preparatem, zapewniając intensywny kolor drewna (Fot. 2.2), przekazując jednocześnie inwestorowi kopię Aprobata czy KOT oraz deklarację. Np. popularne środki solne wymagają aplikacji 200 g/m² zabezpieczanej powierzchni, by można było mówić o zaimpregnowaniu, a co za tym idzie – właściwym zabezpieczeniu. Aplikacja w ilości mniejszej nie daje nic i równie dobrze można jej nie dokonywać. W warunkach placu budowy nie ma najczęściej możliwości weryfikacji stopnia wysycenia, więc taką impregnację (niezależnie, czy zabezpieczającą przed korozją biologiczną, czy podwyższającą klasę reakcji na ogień), prowadzoną bez żadnej kontroli zewnętrznej, należy uznać za wykonywaną jedynie jako pozorowanie spełnienia wymagań.

Dodatkowo w kontekście impregnacji nie bez znaczenia są kwestie estetyki. Jeśli drewno jest eksponowane we wnętrzu – impregnat (i jego przypadkowa, często niestaranna aplikacja) nie może pogarszać efektu wizualnego. Jeśli zaś elementy drewniane zaprojektowane są jako widoczne i pracujące w warunkach eksponowanych na oddziaływania atmosferyczne – dobór właściwego środka zabezpieczającego oraz jego poprawne zastosowanie są szczególnie istotne.

2.1 Konstrukcyjne drewno lite

Drewno lite powstaje w wyniku przecierania – czyli przecinania za pomocą piły kłód drewna na tarcicę. Samo jednak przecięcie i wykonanie desek czy bali nie wystarcza, by można było mówić o drewnie konstrukcyjnym. Niezbędne jest w tym celu dokonanie sortowania wytrzymałościowego, które przeprowadzane jest metodą wizualną lub maszynową. Krajowy surowiec sortowany jest najczęściej wizualnie, choć są już i u nas tartaki posiadające maszyny sortownicze. Drewno konstrukcyjne pochodzenia zachodnioeuropejskiego jest najczęściej sortowane maszynowo.

W Polsce nie można wbudowywać drewna o wilgotności powyżej 18% przy konstrukcjach chronionych przed zawilgoceniem i powyżej 23% w przypadku konstrukcji nie chronionych przed zawilgoceniem (to znaczy znajdujących się np. na zewnątrz). Takie zapisy znajdują się w polskim załączniku krajowym do Eurokodu 5, czyli normy stanowiącej podstawę projektowania konstrukcji drewnianych. Dlatego należy wymagania te zamieścić w projekcie, by wykonawca wiedział, na co musi zwrócić uwagę kupując drewno konstrukcyjne (czy zostało przesortowane na sucho, czy ma właściwą wilgotność i – jeśli to możliwe – również, czy było w sposób właściwy składowane). Wymóg zachowania właściwej wilgotności (a tym samym rezygnacja z wbudowywania mokrego drewna) jest podyktowany nie tylko wymaganiami formalnymi, ale przede wszystkim względami praktycznymi. Projektant musi też mieć na uwadze rządzące wieloma przetargami (umowami prywatnymi również) „kryterium najniższej ceny”, jak i brak wiedzy o dobrych praktykach i wciąż istniejące złe przyzwyczajenia. Jest na przykład spora grupa wykonawców, którzy wolą stosować mokre drewno, bo jest im wygodniej na etapie budowy (mokre drewno jest tańsze, w mokre drewno łatwiej wbijać gwoździe, itp.). Wygoda jednak nie może stanowić usprawiedliwienia naruszenia zarówno zapisów normowych (należy tu pamiętać, że Eurokod 5 jest przywołany w Rozporządzeniu w sprawie WT [2]), jak i dobrych praktyk oraz zasad wiedzy technicznej. Dodatkowo konsekwencje wbudowania mokrego drewna są znaczne. Po wbudowaniu, zamknięciu obiektu dachem i wstawieniu stolarki mokre drewno zacznie w sposób niekontrolowany wysychać, pękać i paczyć się, a w niektórych przypadkach może wręcz dojść do sytuacji awaryjnej. Stąd wskazane już wcześniej jednoznaczne określenie wymagań w projekcie jest obligatoryjne.

Klasy drewna litego oraz parametry wytrzymałościowe do obliczeń przyjmuje się na podstawie normy EN 338:2016 [N5]. Nie wolno stosować parametrów wytrzymałościowych ze starszych norm – ani ze starszych wersji EN 338, ani z normy PN-B03150:2000, ani tym bardziej – z PN-B 03150:1981. Starsze normy zawierają stan wiedzy z czasu, w którym były wydane. Jeśli jest wydawana nowa norma, zawierająca inne wartości parametrów wytrzymałościowych niż stara – oznacza to, że w wyniku prowadzonych badań wykazano konieczność wprowadzenia zmian. I tak, jak wiele programów dedykowanych dla np. Windowsa XP nie będzie działać w systemie Windows 10 czy 11, tak samo nie zawsze będzie poprawnie funkcjonować konstrukcja zaprojektowana z przyjęciem niewłaściwych danych.

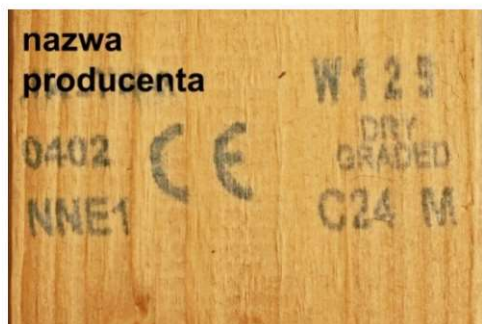
Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu drewna konstrukcyjnego (czyli jego sprzedaż i wbudowywanie):

Konstrukcyjne drewno lite podlega pod normę zharmonizowaną EN 14081-1+A1:2011 [N20]. Norma ta co prawda ma status normy wycofanej (nowa norma, EN 14081-1:2016 [N21] jeszcze

nie została ogłoszona jako zharmonizowana), ale wciąż jest stosowana jako norma zharmonizowana. CE obowiązuje od 01.01.2012 r., system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych 2+. Konstrukcyjne drewno lite przeznaczone jest do stosowania we wszystkich trzech klasach użytkowania.

Drewno lite musi być dostarczane z deklaracją właściwości użytkowych i oznakowaniem CE. Oznakowanie CE musi być dołączone do dokumentów handlowych oraz – w formie skrótowej – znajdować się na każdym elemencie konstrukcyjnym. Tylko w przypadku, gdy komplet elementów z drewna litego dostarczany jest bezpośrednio na budowę z tartaku (czyli bezpośrednio od producenta), a drewno przeznaczone do wbudowania w jednym obiekcie – można zrezygnować ze znakowania każdego elementu, umieszczając odpowiednie informacje wyłącznie na opakowaniu zbiorczym. Dołączenie dokumentów związanych z oznakowaniem CE do dokumentacji handlowej jest obowiązkowe w każdym przypadku.

Tak więc jeśli kupuje się drewno konstrukcyjne w składzie drewna, w tartaku „z placu” (czyli drewno wyprodukowane wcześniej, a nie bezpośrednio na zlecenie inwestora czy wykonawcy), czy w markecie budowlanym – to na każdej sztuce musi znajdować się pieczętka, jak na fot. 2.1. Jedną z istotniejszych informacji w oznakowaniu CE jest klasa wytrzymałościowa, opisana literą „C” i liczbą wskazującą charakterystyczną wytrzymałość na zginanie lub wynikające z badań opisowe określenie parametrów wytrzymałościowych.



Fot. 2.1 Przykładowe oznakowanie na każdym elemencie drewna konstrukcyjnego – tu oznakowanie drewna sortowanego maszynowo (świadczy o tym litera „M” przy liczbie oznaczającej klasę) i w stanie suchym (świadczy o tym zapis „dry graded” w oznakowaniu). (fot. E.I. Kotwica)

Nie wolno sprzedawać drewna litego z krajową deklaracją właściwości użytkowych, z deklaracją tzw. „jednostkowego zastosowania” czy deklaracją referującą do innego dokumentu odniesienia niż norma EN 14081-1+A1:2011 [N20] (niedopuszczalne są np. deklaracje przywołujące polską normę PN-D 94021:2013 [N3]). Jeżeli więc producent czy dostawca przywozi nam na budowę drewno bez oznakowania i/lub z niewłaściwą deklaracją – podziękujmy za taki materiał i zażądajmy dostarczenia wyrobu, który jest zgodny z przepisami (a tym samym bezpieczny).

Jeśli sprzedawca deklaruje, że dostarczane drewno konstrukcyjne zostało zaimpregnowane przeciw korozji biologicznej – w oznakowaniu CE muszą dodatkowo znajdować się litery „PT”. Brak takiego oznakowania i brak odpowiednich informacji w certyfikacie CE oznacza, że producent nie spełnia wymagań stawianych przy wprowadzaniu do obrotu drewna impregnowanego, a dostarczone drewno może być jedynie pomalowane preparatem (najczęściej o intensywnym kolorze), który nie ma nic wspólnego z rzeczywistym zabezpieczeniem przed korozją biologiczną (w tym z zastosowaniem wystarczającej ilości środka w stosunku do 1 m² zabezpieczanej powierzchni). Uwzględnienie impregnacji w zakładowej

kontroli produkcji, jak i nadzór również i nad tą częścią produkcji, jaką jest impregnacja, ze strony zewnętrznej jednostki nie mają na celu mnożenia problemów produkcyjnych i stwarzania barier produkcyjno-handlowych. Trzeba sobie zdać sprawę z tego, że – jak i cała pozostała kontrola produkcji – ma to na celu jedynie zapewnienie dostarczenia klientowi dobrego materiału o stałych cechach (właściwościach).



Fot. 2.2 Mniej lub bardziej intensywne zielone zabarwienie konstrukcji nie świadczy o poprawnej impregnacji (fot. E.I. Kotwica)

Jeśli sprzedawca deklaruje, że drewno ma klasę reakcji na ogień wyższą niż D-s2, d0 – patrz informacje i wymagania wskazane we wstępie do tego rozdziału.

Drewno lite znajduje zastosowanie jako samodzielny materiał konstrukcyjny. Wielu ludziom kojarzy się przede wszystkim z więźbą dachową czy domkiem szkieletowym, ale wykonywane z niego są też prefabrykowane konstrukcje – gotowe ściany i stropy, prefabrykowane więzary kratowe o dużych rozpiętościach czy mniej typowe konstrukcje (jak np. hybrydowy, drewniano-stalowy roller coaster w Zatorze, w Energylandii).



Fot. 2.3 Najwyższy drewniany roller coaster świata Zadra – widok ogólny i detale (Park Rozrywki Energylandia w Zatorze) (fot. E.I. Kotwica)

Warto, żeby każdy projektant zwrócił uwagę na to, że i małe konstrukcje, i tak nietypowe, jak przedstawiony na Fot. 2.3 roller coaster, powstają i bezpiecznie służą człowiekowi dzięki detalicznemu projektowi, a następnie zgodnemu z tym projektem wykonawstwu. Żaden z detali konstrukcyjnych nie będzie spełniał swojej projektowanej roli, jeśli będzie wykonany w sposób przypadkowy, w niezgodności z projektem co do zastosowanego materiału i łączników – w tym ich średnic, liczby oraz rozmieszczenia. Z drugiej strony – żaden obiekt o konstrukcji drewnianej, zwłaszcza skomplikowany, nie powstanie w sposób zgodny z zasadami wiedzy technicznej, jeśli wszystkie detale konstrukcyjne nie zostaną zaprojektowane.

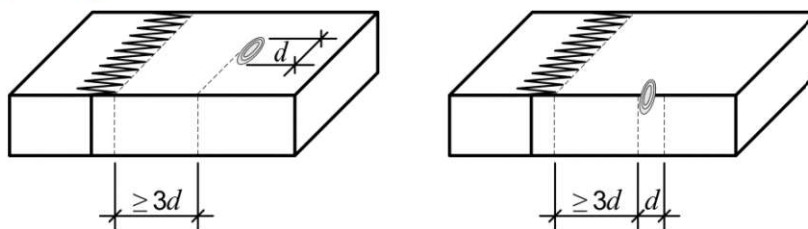
Drewno lite jest też komponentem przy produkcji opisanych poniżej wyrobów, jak drewno na złącza klinowe, drewno klejone warstwowo czy sklejone drewno lite. Stosuje się je również jako pasy konstrukcyjnych belek dwuteowych. Od jego jakości i zapewnienia stałych właściwości użytkowych zależy więc jakość i wytrzymałość wszystkich wyrobów konstrukcyjnych, które mają w swoim składzie drewno lite.

2.2 Drewno na złącza klinowe

Drewno na złącza klinowe powstaje w wyniku sklejenia wzdłuż długości konstrukcyjnego drewna litego. W tym celu wykonuje się na końcach każdego elementu nacięcia w formie klinów, które po nałożeniu kleju łączą się przy użyciu prasy tak, by powstał jeden element. Złącza klinowe muszą spełniać wymagania opisane w normie EN 15497:2014 [N27], a elementy o wadliwych złączach należy eliminować.

Jednym z istotnych warunków poprawności wykonania złącza klinowego, który można sprawdzić tzw. „gołym okiem”, są sęki w rejonie złącza.

Zgodnie z normą EN 15497 [N27] (patrz też rysunek G.3 tej normy, przywołany poniżej jako Fot. 2.4) odległość sęka od złącza musi być większa niż trzykrotna wartość średnicy sęka – czyli np. sęk o średnicy 2 cm nie może być bliżej od podstawy złącza niż 6 cm. Tylko w przypadku udokumentowanego, odpowiedniego zautomatyzowanego systemu zintegrowanego z procesem produkcyjnym dopuszczalna jest redukcja odległości sęku od złącza do 1,5 wielkości jego średnicy.



Fot. 2.4 Minimalne dopuszczalne odległości sęku od złącza klinowego na podstawie rysunku G.3 normy EN 15497 [N27]

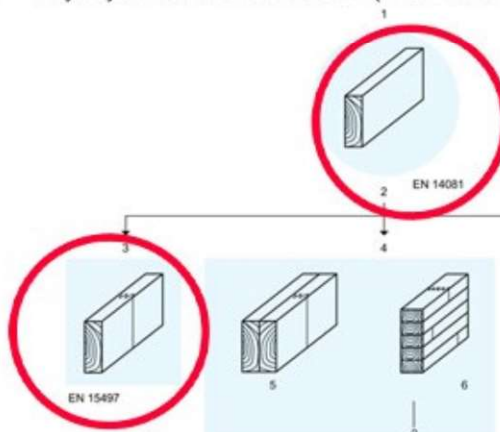


Fot. 2.5 Odległości sęków od złącza klinowego w elemencie pokazanym na zdjęciu są niezgodne z normą EN 15497 [N27] (jeden sęk bardzo blisko złącza, jeden sęk w złączu). Elementy z takimi sękami należy odrzucać z dostawy, żądając ich wymiany i nie wolno ich wbudowywać. (fot. E. I. Kotwica)

Drewno na złącza klinowe wykonuje się z gatunków iglastych wymienionych w EN 15497 [N27] oraz z topoli, przy czym należy pamiętać, że w ramach jednego elementu łączonego na złącza klinowe wolno stosować tylko jeden gatunek drewna – czyli nie można mieszać np. świerku i sosny czy świerku i modrzewia. (Tylko świerk i jodłę norma pozwala traktować jako jeden gatunek, stąd te dwa gatunki mogą pojawić się w jednym, gotowym elemencie).

Bardzo istotna jest informacja, że pojawiające się w ofertach sprzedawców oraz w projektach określenie „KVH” nie jest nazwą jednoznaczną i właściwą do określania drewna na złącza klinowe – i nie może być stosowana w Polsce. Nazwa „KVH” jest opatentowana, właściwa wyłącznie dla rynku niemieckiego i austriackiego i obejmuje zarówno konstrukcyjne drewno lite, jak i drewno na złącza klinowe (patrz też fot. 2.6).

„KVH” = 2 wyroby: drewno lite i drewno na złącza klinowe



Fot. 2.6 Umiejscowienie wyrobów zwanych „KVH” na schemacie z normy EN 15497 [N27], pokazującym powiązania norm europejskich dla drewna litego i konstrukcyjnych wyrobów na jego bazie

Tymczasem dla tych wyrobów (drewna litego i drewna na złącza klinowe) przewidziano różne systemy oceny i weryfikacji, a wyroby te podlegają pod różne normy zharmonizowane. Określenie „KVH” nie jest powiązane z normami zharmonizowanymi ani nie jest to określenie międzynarodowe. Jego stosowanie wprowadza w błąd, a osoby posługujące się tą nazwą w Polsce często same nie wiedzą, co w rzeczywistości oznacza – czyli co sprzedają czy projektują. Dlatego sprzedawców czy projektantów posługujących się określeniem „KVH” należy traktować stosując zasadę bardzo ograniczonego zaufania. Projektujemy i kupujemy drewno lite z dokumentami referującymi do EN 14081-1+A1:2011 [N20] lub drewno na złącza klinowe z dokumentami referującymi do EN 15497:2014 [N27]. Nawet jeśli sprzedawca sprowadza drewno lite czy drewno na złącza klinowe np. z Niemiec – to w Polsce zobowiązany jest do posługiwania się wyłącznie odniesieniami do norm zharmonizowanych, jak i nazewnictwem powiązanim z normami zharmonizowanymi. Takie nazewnictwo bowiem, jak i odniesienia, są zgodne z zapisami Ustawy o wyrobach budowlanych i przepisów powiązanych.

Klasy drewna na złącza klinowe oraz parametry wytrzymałościowe do obliczeń przyjmuje się na podstawie normy EN 338:2016 [N5]. Jeśli drewno stosowane w produkcji było sortowane maszynowo, przy oznaczeniu klasy znajduje się litera „M” po wartości liczbowej. Brak litery „M” w oznakowaniu świadczy o sortowaniu wizualnym – czyli drewno zastosowane w produkcji musi spełniać wymagania normy sortowniczej, właściwej dla kraju pochodzenia drewna. Jeśli drewno jest sortowane wizualnie – przy ewentualnym postępowaniu reklamacyjnym można posługiwać się zapisami punktu 7 normy PN-D 94021:2013 [N3].

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu drewna na złącza klinowe:

Drewno na złącza klinowe podlega pod normę zharmonizowaną EN 15497:2014 [N27]. Oznakowanie CE obowiązuje od 11.10.2014 r., system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych 1. Drewno na złącza klinowe przeznaczone jest do stosowania we wszystkich trzech klasach użytkowania, przy czym nie wszystkie kleje, które dopuszcza do stosowania norma zharmonizowana, mogą być stosowane we wszystkich trzech klasach. Dlatego jeśli w oznakowaniu wpisano na elemencie typ kleju „I”, oznacza to, że element taki może być stosowany we wszystkich trzech klasach użytkowania. Jeśli natomiast wpisano typ kleju „II” – to oznacza, że takie elementy wolno stosować wyłącznie w 1. klasie użytkowania. Jeśli kupujemy drewno zaimpregnowane przeciw korozji biologicznej – w oznakowaniu musi znajdować się dodatkowo oznaczenie „PT”, a wymagania dla zasad kontroli produkcji i zewnętrznego nadzoru są tożsame z wymaganiami dla drewna litego.

Jeśli sprzedawca deklaruje, że drewno ma klasę reakcji na ogień wyższą niż D-s2, d0 – patrz wymagania wskazane we wstępie do tego rozdziału.

Zastosowanie drewna na złącza klinowe jest podobne, jak drewna litego, możliwe jest jednak uzyskanie znacznie większych długości elementów. O ile drewno lite można bezpiecznie (z punktu widzenia dostępności surowca) projektować do długości 6 m, tak drewno na złącza klinowe standardowo dostępne jest w długościach do 13 m.

2.3 Drewno klejone warstwowo

Drewno klejone warstwowo produkuje się poprzez sklejenie w jeden element minimum dwóch lameli ułożonych jedna na drugiej. Dopuszczalna grubość lameli mieści się w przedziale 6-45 mm włącznie. Lamelę może stanowić jedna, maksymalnie dwie deski położone obok siebie (w ten sposób wykonuje się elementy o większej szerokości przekroju). Dawniej (przed 2015 rokiem) jako drewno klejone klasyfikowane były elementy sklezione z minimum czterech desek.

Klasy drewna klejonego warstwowo przyjmuje się od 2015 roku wyłącznie w oparciu o EN 14080:2013 [N19]. Norma wyróżnia klasy drewna jednorodnego, oznaczone literą „h” po wartości liczbowej (np. GL28h) oraz klasy drewna kombinowanego, oznaczone literą „c” po wartości liczbowej (np. GL30c). Drewno jednorodne wykonywane jest z lameli o tej samej wytrzymałości, a kombinowane w ten sposób, że w skrajnych warstwach występują lamele o wyższej wytrzymałości, natomiast w środkowych – o niższej. Drewno kombinowane może składać się z lameli w dwóch lub trzech klasach wytrzymałości. Drewno lite do produkcji drewna klejonego warstwowo przypisuje się do klas wytrzymałościowych oznaczonych literą „T”, a wartość liczbowa przy tej literze referuje do charakterystycznej wytrzymałości na rozciąganie (odmiennie niż w przypadku drewna litego, łączonego na złącza klinowe i sklejenego drewna litego, gdzie stosuje się klasy oznaczone literą „C”, powiązane z wytrzymałością charakterystyczną na zginanie).

Podobnie jak w przypadku drewna na złącza klinowe – i w przypadku drewna klejonego warstwowo występują na rynku pewne nieprawidłowości, o których należy pamiętać. Właściwą nazwą, zgodną z zapisem normowym, jest „drewno klejone warstwowo”, a jedyną normą odniesienia – EN 14080:2013 [N19] i powiązane normy europejskie. Ci natomiast projektanci i sprzedawcy, którzy stosują – znowu, właściwą jedynie dla rynku niemieckiego i austriackiego – nazwę „BSH”, nie są w pełni wiarygodni. Zwłaszcza, że sprzedawcy przywołują często wymagania norm DIN i wewnętrzne przepisy niemieckie. Tymczasem w Polsce nie mają zastosowania żadne normy DIN ani wymagania właściwe dla rynku niemieckiego czy austriackiego – tak samo, jak krajowe wymagania polskie nie mają zastosowania na rynku niemieckim czy austriackim. Jeśli wyrób spełnia wymagania normy zharmonizowanej – w przypadku drewna klejonego jest to EN 14080:2013 [N19] – to wyrób może być jak najbardziej sprzedawany w Polsce, ale z przywołaniem wyłącznie dokumentów powiązanych z systemem norm europejskich (EN). Inne uwarunkowania, powiązane z normami DIN, nie powinny być przywoływane ani w projektowaniu, ani wśród dokumentów odbiorowych, gdyż nie mają żadnego znaczenia w Polsce.

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu drewna klejonego warstwowo:

Drewno klejone warstwowo podlega pod normę zharmonizowaną EN 14080:2013 [N19]. CE obowiązuje od 02.12.2012 r. (według poprzedniej wersji normy EN 14080), a według normy aktualnej – od 09.08.2015 r., system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych 1. Drewno klejone warstwowo przeznaczone jest do stosowania we wszystkich trzech klasach użytkowania, przy czym drewno stosowane w klasie 3 musi być wykonane z lameli

o maksymalnej grubości 35 mm. Tak więc jeśli w projekcie projektant wpisze klasę 3. użytkowania – należy tę informację przekazać przy zamawianiu drewna klejonego warstwowo, a później skontrolować, czy zostało dostarczone jako wykonane z lameli (desek) o maksymalnej grubości 35 mm (a nie 40 czy 45 mm).

Jeśli kupujemy drewno zaimpregnowane przeciw korozji biologicznej – w oznakowaniu musi znajdować się dodatkowo oznaczenie „PT”, a wymagania dla zasad kontroli produkcji i zewnętrznego nadzoru są tożsame z wymaganiami dla drewna litego.

Jeśli sprzedawca deklaruje, że drewno ma klasę reakcji na ogień wyższą niż D-s2, d0 – patrz wymagania wskazane we wstępie do tego rozdziału.

Drewno klejone warstwowo stosowane jest zarówno przy budowie i prefabrykacji domów jednorodzinnych, jak i przy realizacji ogromnych obiektów o dużych rozpiętościach i zróżnicowanych kształtach elementów konstrukcyjnych. Nie można oczywiście mówić o nieograniczonych możliwościach kształtowania obiektów z użyciem tego materiału, gdyż byłoby to przekłamanie. Ograniczenia wynikają czasem zarówno z możliwości produkcyjnych, transportowych, jak i projektowych (możliwość przeniesienia obciążeń).

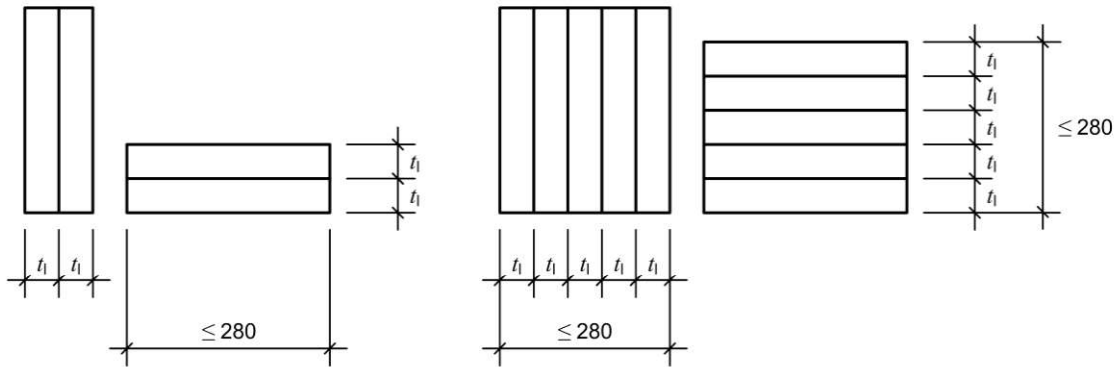
Niemniej możliwość wyprodukowania różnych kształtów (belki proste, trapezowe, łuki, ramy), jak i zaprojektowania obiektów o znacznych rozpiętościach bez podpór pośrednich (dochodzących nawet do 100 m) stawia drewno klejone wśród najbardziej elastycznych materiałów pod względem możliwości projektowych.



Fot. 2.7 Konstrukcja z drewna klejonego warstwowo przekrycia ujeżdżalni (fot. E.I. Kotwica)

2.4 Sklejone drewno lite

Sklejone drewno lite wykonywane jest przez sklejenie 2 do 5 elementów o grubości większej niż 45 mm i nie większej niż 80 mm (czyli $45 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$) i szerokości/wysokości przekroju nie większej niż 280 mm.



Fot. 2.8 Za rysunkiem 5 normy EN 14080:2013 [N19] – przykłady sklejonego drewna litego, wykonanego z dwóch i pięciu lameli.

Klasy drewna przyjmuje się wg PN-EN 338:2016 [N5] – czyli, mimo iż jest to drewno powstałe w wyniku sklejania kilku elementów, stosuje się klasy jak dla drewna litego – oznaczone literą „C”.

Wśród informacji dotyczących drewna na złącza klinowe oraz drewna klejonego warstwowo wskazane zostały „złe praktyki” związane z niepoprawnymi określeniami oraz dokumentami odniesienia. Niestety również w przypadku sklejonego drewna litego można zaobserwować na rynku nieprawidłowości w tym zakresie – otóż niektórzy sprzedawcy i projektanci posługują się niemieckojęzycznymi określeniami „Duobalk” czy „Triobalk”, przywołując często również normy DIN jako dokumenty odniesienia. Nie jest to praktyka poprawna i zgodna z przepisami – jedynym dokumentem odniesienia jest EN 14080:2013 [N19], a nazwą – sklejone drewno lite (w przypadku elementów sklejonych z lameli o grubości $45 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$) lub drewno klejone warstwowo (w przypadku elementów sklejonych z lameli o grubości $6 \text{ mm} \leq t < 45 \text{ mm}$).

Dane techniczne	Belki DUO / TRIO C24	Powinno być „sklejone drewno lite”, nie belki DUO/TRIO
Grubość	60/ 80/ 100/ 120/ 140/ 160/ 180/ 200/ 220/ 240	
Wysokość	80/ 100/ 120/ 140/ 160/ 180/ 200/ 220/ 240	
Długość	Standard 13m/ 5m - 16m*	
Drewno	Świerk/ Sosna	
Jakość	4-stronnie strugane, krawędzie fazowane	
Powierzchnia	Wizualna (Si)/ konstrukcyjna (NSi)	
Wilgotność	C24 15% ± 3	
Wytrzymałość	C24	
Norma	DIN 4074 und EN 338	Norma DIN 4074 nie ma zastosowania w Polsce, a norma EN 338 [N5] jest podstawą jedynie przyjmowania klas wytrzymałościowych. Winno być: EN 14080:2013 [N19]

Fot. 2.9 Oferta wskazująca niewłaściwe podstawy normowe oraz niepoprawne nazewnictwo.

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu sklejonego drewna litego:

Sklejone drewno lite podlega pod normę zharmonizowaną EN 14080:2013 [N19]. Oznakowanie CE obowiązuje od 09.08.2015 r., system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych 1. Przeznaczone jest do stosowania w 1. i 2. klasie użytkowania – i o tym należy pamiętać, aby np. nie zastąpić sklejonym drewnem litym drewna litego czy drewna klejonego warstwowo w przypadku projektowanej 3. klasy użytkowania. Generalnie trzeba stosować zasadę nie zamieniania projektowanych wyrobów na etapie realizacji.

Jeśli kupujemy drewno zaimpregnowane przeciw korozji biologicznej – w oznakowaniu musi znajdować się dodatkowo oznaczenie „PT”, a wymagania dla zasad kontroli produkcji i zewnętrznego nadzoru są tożsame z wymaganiami dla drewna litego.

Jeśli sprzedawca deklaruje, że drewno ma klasę reakcji na ogień wyższą niż D-s2, d0 – patrz wymagania wskazane we wstępie do tego rozdziału.

Zastosowanie sklejonego drewna litego jest podobne, jak drewna litego i drewna na złącza klinowe – z możliwością projektowania elementów o długości do ok. 13 metrów.

2.5 Drewno klejone krzyżowo (CLT, X-LAM)

Drewno klejone krzyżowo wykonuje się poprzez krzyżowe sklejenie minimum trzech warstw, a minimum dwie warstwy musi stanowić konstrukcyjne drewno lite zgodne z EN 14081-1 [N20] (drewno iglaste lub topola). Warstwy środkowe natomiast mogą być wykonane zarówno z drewna litego, jak i z konstrukcyjnych wyrobów na bazie drewna – np. LVL. Maksymalna grubość gotowego elementu może dochodzić do 500 mm.



Fot. 2.10 Drewno klejone krzyżowo ze środkową warstwą z LVL, w górnej części nafrezowany kanał na przeprowadzenie instalacji (fot. E. I. Kotwica)

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu drewna klejonego krzyżowo:

Podstawę wprowadzania do obrotu stanowią Europejskie Oceny Techniczne, ponieważ norma PN-EN 16351:2021 [N28] nie została jeszcze ogłoszona w Oficjalnym Dzienniku Unii Europejskiej. Jako podstawę projektowania wskazują Eurokod 5, tak samo jak norma PN-EN 16351 [N28]. System oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych 1. Przeznaczone jest do stosowania w 1. i 2. klasie użytkowania.

Jeśli kupujemy CLT zaimpregnowane przeciw korozji biologicznej – w oznakowaniu musi znajdować się dodatkowo oznaczenie „PT”, a wymagania dla zasad kontroli produkcji i zewnętrznego nadzoru są tożsame z wymaganiami dla drewna litego.

Jeśli sprzedawca deklaruje, że drewno ma klasę reakcji na ogień wyższą niż D-s2, d0 – patrz wymagania wskazane we wstępie do tego rozdziału.

Drewno klejone krzyżowo stosowane jest przy produkcji ścian i stropów dla budynków wielo- i jednorodzinnych, jak również budynków użyteczności publicznej. Wykonuje się z niego nie tylko ściany oddzielające pomieszczenia, ale również prefabrykowane klatki schodowe i szyby windowe. Materiał jest z powodzeniem stosowany przy budowie wielokondygnacyjnych obiektów – np. hoteli, akademików. Wysoki stopień prefabrykacji i szybkość budowy sprawia, że CLT wykorzystywane jest coraz częściej, zwłaszcza, że proces produkcyjny pozwala na jedno- lub obustronne fabryczne wykończenie powierzchni przegród.

2.6 Fornir klejony warstwowo (LVL)

LVL przypomina nieco sklejkę, jest jednak wykonywany z grubszych fornirów, czyli arkuszy skrawanych obwodowo z drewna. Arkusze te skleja się za pomocą kleju na bazie żywicy fenolowo-formaldehydowych PF lub rezorcynowo-fenolowo-formaldehydowych. Przy produkcji stosowane jest najczęściej drewno sosnowe i świerkowe, czasem również liściaste. Warto tu wspomnieć, że od 2015 roku LVL jest produkowane również w Polsce.

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu forniru klejonego warstwowo:

LVL podlega pod normę zharmonizowaną PN-EN 14374:2005 [N23]. Okres przejściowy minął 01.09.2006 r. – czyli od 02.09.2006 r. obowiązuje znakowanie CE. Norma ta wskazuje dla zastosowania konstrukcyjnego system 1 oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych i oznakowanie CE.

Norma obejmuje fornir klejony warstwowo o:

- równoległym układzie włókien wszystkich arkuszy (forniry są układane w procesie produkcyjnym tak, że wszystkie mają włókna drewna usytuowane w tym samym kierunku);
- krzyżowym układzie włókien fornirów (czyli wykonany w ten sposób, że pewna ilość arkuszy – liczba różna, w zależności od łącznej liczby warstw, układana jest w pozycji obróconej o 90° w stosunku do kierunku włókien pozostałych arkuszy).



Fot. 2.11 Fornir klejony warstwowo, po lewej – LVL z równoległym układem fornirów, po prawej – LVL z krzyżowym układem fornirów (fot. E.I. Kotwica)

Wymagane jest zastosowanie minimum 5 arkuszy. Grubość każdego arkusza nie może przekraczać 6 mm.

Należy zwracać uwagę na informacje PKN dotyczące tej normy, ponieważ przygotowuje się nowe wydanie tej normy. (Nowa norma zastąpi EN 14374 i EN 14279).

LVL o równoległym układzie wszystkich fornirów stosuje się jako belki, słupy, elementy kratownic czy komponenty przy produkcji belek dwuteowych (z LVL wykonuje się w niektórych rodzajach takich belek pasy, a środek – czyli środkową część belki – z płyt pilśniowych lub OSB).

LVL o krzyżowym układzie arkuszy stosowany jest jako płyty – samodzielnie lub w powiązaniu z prefabrykowanymi systemami. Tu warto powiedzieć, że płyty LVL o krzyżowym układzie fornirów, uźebrowane belkami z drewna klejonego warstwowo, wykorzystane zostały jako stropy w najwyższym budynku drewnianym świata – 18-kondygnacyjnym wieżowcu w norweskim Brumunddal.



Fot. 2.12 Przykładowe zastosowanie LVL jako konstrukcji nośnej obiektu zaplecza przy kortach tenisowych, Seefeld. (fot. E.I. Kotwica)

2.7 Sklejka

Sklejka wykonywana jest ze sklejonych i sprasowanych fornirów o niewielkiej grubości. Forniry uzyskuje się – tak jak i dla produkcji LVL – poprzez skrawanie obwodowe drewna, przy czym są to arkusze o mniejszej grubości niż w przypadku LVL. Warstwy układane są krzyżowo – czyli każdy kolejny arkusz jest obrócony o 90° w stosunku do poprzedniego. Najczęściej w sklejce występuje nieparzysta ilość fornirów.

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu sklejki:

Sklejka do zastosowań konstrukcyjnych podlega pod system oceny 2+ i normę zharmonizowaną PN EN 13986+A1:2015-06 [N18]. Norma ta wskazuje w punkcie 5.13, że w przypadku zastosowań konstrukcyjnych parametry wytrzymałościowe ustala się w oparciu o normę PN-EN 789 [N6] (należy więc sprawdzać, czy w przypadku sklejki do zastosowań konstrukcyjnych nie zostały wykazane badania wyłącznie na bazie normy PN-EN 310 [N4]). Tu warto zauważyć, że o ile sklejka np. fińska ma stypizowane parametry wymiarowe i wytrzymałościowe, tak w Polsce jeszcze nie został opracowany jednolity system, co powoduje, że projektant przy projektowaniu musi posługiwać się danymi dotyczącymi parametrów wytrzymałościowych podanymi przez producenta. Ponownie w tym miejscu trzeba podkreślić odpowiedzialność projektanta za takie opisanie projektowanego wyrobu, by wykonawca nie miał ani wątpliwości, ani możliwości zastąpienia zaprojektowanej sklejki konstrukcyjnej o określonych parametrach wytrzymałościowych tanią sklejką, która do zastosowań konstrukcyjnych nie jest przeznaczona.

Przy produkcji sklejki niezwykle istotne jest zachowanie doboru właściwego materiału wyjściowego do produkcji (w tym kleju, odpowiedniego do docelowego zastosowania sklejki), jak i zachowanie wszystkich reżimów produkcyjnych. Generalnie dobór komponentów przy produkcji musi być powiązany z przeznaczeniem danej sklejki. Sklejki stosowane są w budownictwie w wielu obszarach, ale nie każdą sklejkę można zastosować wszędzie. Sklejka może być przeznaczona do stosowania w warunkach suchych lub wilgotnych, są też sklejki zwane wodoodpornymi. Należy pamiętać, że „wodoodporność” sklejki powiązana jest ze stosowaniem odpowiedniego kleju, który umożliwia zastosowanie danej sklejki na zewnątrz, ale drewno pozostaje drewnem. Innym rodzajem sklejek są sklejki o podwyższonej klasie reakcji na ogień (nawet do klasy B).

Tak więc zamawiając sklejkę do określonego w projekcie zastosowania należy pilnować pełnej zgodności z opisem i wytycznymi, podanymi w tymże projekcie. Jeśli projekt nie zawiera jednoznacznego określenia sklejki – należy informacje te wyegzekwować od projektanta.

Sklejkę stosuje się np. na poszycia ścian, dachów, stropów czy podłóg; stosowana jest też jako materiał do szalunków czy podestów. Może mieć różny sposób wykończenia powierzchni – poprzez szlifowanie lub oklejanie.

2.8 Belki dwuteowe

Belki dwuteowe wykonywane są – jak wskazuje nazwa – o kształcie dwuteownika. Pasy wykonywane są z konstrukcyjnego drewna litego lub LVL, natomiast środniki z płyty pilśniowej lub płyty OSB. Pasy mogą mieć różne szerokości przekroju.



Fot. 2.13 Po lewej stronie belka dwuteowa z pasami z drewna litego i środnikiem z płyty pilśniowej, po prawej – z pasami z LVL i środnikiem z płyty OSB. (fot. E.I. Kotwica)

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu belek dwuteowych:

Belki dwuteowe nie są objęte normą zharmonizowaną, stąd podstawą do wprowadzania ich do obrotu są Europejskie Oceny Techniczne (ETA). Podlegają pod system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych 1. ETA określa wymagania odnośnie Zakładowej Kontroli Produkcji, planu kontroli. Należy pamiętać, że zgodnie z zapisami w ETA belki te są przeznaczone do stosowania w klasie użytkowania 1 i 2. ETA podaje również minimalne wymiary pasów (różne dla różnych producentów) oraz określa dopuszczalne tolerancje.

Wysokość belek - w zależności od producenta – wynosi do 600 mm. W zależności od przekroju pasów jak i od rodzaju zastosowanego materiału na pasy (drewno lite czy LVL) oraz środniki (płyta pilśniowa czy OSB) – zróżnicowane są parametry wytrzymałościowe belek. Dlatego bardzo istotnym jest zwracanie uwagi w przypadku projektu uwzględniającego zastosowanie belek dwuteowych, by wykonawstwo było zgodne z projektem.

Belki te wykorzystywane są w budownictwie szkieletowym, w tym w prefabrykowanym, jako konstrukcyjne elementy przegród – ścian, stropów, dachów czy elewacji. Stosuje się je też jako składowe kratownic oraz jako płatwie – w przypadkach, gdy wymagana jest większa grubość izolacji. Zapewniają możliwość przenoszenia sporych obciążeń przy niewielkim ciężarze własnym.

2.9 Płyty OSB

Płyty OSB stosowane są w budownictwie drewnianym relatywnie często. Są to płyty konstrukcyjne, jak opisano niżej, dostępne są też płyty OSB o podwyższonej klasie reakcji na ogień.

Cytując za [L17]:

„Płyty konstrukcyjne oznakowane są numerami 2-4, przy czym płyty OSB 2 mogą pracować wyłącznie w warunkach suchych, OSB 3 przy niewielkiej wilgotności – na zewnątrz i wewnątrz, a OSB 4 są płytami specjalnymi, które mogą przenosić obciążenia w warunkach podwyższonej wilgotności. Krawędzie płyt mogą być proste lub frezowane na „pióro-wpust” (frezowanie może dotyczyć dwóch lub wszystkich czterech krawędzi płyty).

Płyty stosuje się w budownictwie na poszycia połaci dachowych i ścian, jako płyty podłogowe, stropy, elementy belek dwuteowych (średnik) oraz szalunki. Jeżeli płyta ma mieć zastosowanie jako szalunkowa – obie płaszczyzny płyty pokrywa się filmem fenolowym.”

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu płyt OSB:

Płyty OSB podlegają pod system oceny 2+ i normę zharmonizowaną PN EN 13986+A1:2015-06 [N18]. Parametry do projektowania konstrukcyjnego przyjmuje się wg normy EN 12369-1:2002. Należy pamiętać o przyjmowaniu przy projektowaniu właściwości zgodnych z przewidywanym charakterem pracy (są zróżnicowane zależnie od układu pracy płyty).

2.10 Prefabrykowane elementy konstrukcyjne łączone na płytko kolczaste

Elementy prefabrykowane z zastosowaniem płytek kolczastych podlegają pod normę zharmonizowaną EN 14250:2011. Należy pamiętać, że wymagania stawiane są też drewnu wykorzystywanemu przy produkcji prefabrykatów – musi być zgodne z EN 14081-1+A1:2011.

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu

W zależności od deklarowanej klasy reakcji na ogień i ewentualnego, powiązanego stosowania środków powodujących podniesienie tej klasy, zastosowanie ma system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych 1 lub 2+. W przypadku podniesienia klasy reakcji na ogień obowiązuje system 1, w przeciwnym przypadku – system 2+. Norma EN 14250:2011 dopuszcza stosowanie objętych nią wyrobów we wszystkich klasach użytkowania, przy czym w przypadku klasy 3 zostały określone ograniczenia stosowania.

Stosowanie elementów prefabrykowanych jest coraz częstsze – sprawdzają się zarówno w przypadkach nowych obiektów jedno- i wielorodzinnych, obiektów użyteczności publicznej i wielu innych, jak i w przypadku rozbudowy czy nadbudowy istniejących obiektów.

Rozdział 3. Podstawy normowe projektowania budownictwa drewnianego i zakres projektu

Założeniem opracowania poradnika było przybliżenie przede wszystkim aspektu konstrukcyjnego budownictwa drewnianego, stąd również i w tym rozdziale przeważać będą informacje powiązane z projektowaniem z punktu widzenia konstrukcji. Wykonawca ponosi odpowiedzialność przystępując do wykonywania prac budowlanych bez kompletnego projektu i bez zgłoszenia braków projektowych inwestorowi. Dlatego istotne jest, by projektant miał pełną wiedzę, co musi zawierać projekt konstrukcji drewnianej. Przedstawiany w przetargu, czy przedłożony do ofertowania projekt musi być wystarczająco szczegółowy, by na jego podstawie wycenić, a później wykonać oczekiwany zakres prac.

Istotne są w tym kontekście zapisy następujących artykułów kodeksu cywilnego:

Art. 651. Jeżeli dostarczona przez inwestora dokumentacja, teren budowy, maszyny lub urządzenia nie nadają się do prawidłowego wykonania robót albo jeżeli zajdą inne okoliczności, które mogą przeszkodzić prawidłowemu wykonaniu robót, wykonawca powinien niezwłocznie zawiadomić o tym inwestora.

Art. 652. Jeżeli wykonawca przejął protokolarnie od inwestora teren budowy, ponosi on aż do chwili oddania obiektu odpowiedzialność na zasadach ogólnych za szkody wynikłe na tym terenie.

Tak więc każdy projekt otrzymany przez wykonawcę musi być przeanalizowany pod kątem kompletności i jednoznaczności, a zauważone błędy, braki i niejasności zgłoszone pisemnie inwestorowi. Jeśli projektant nie chce wciąż i wciąż wracać do wykonanej już (ale niekompletnej) pracy – należy opracować projekt kompleksowo od razu.

Dodatkowo każdy projektant musi mieć świadomość swojej odpowiedzialności za wady projektu przed zleceniodawcą – w tym za prace budowlane, wadliwie wykonane w oparciu o wadliwą dokumentację. Zastosowanie mają tu zapisy art. 638 w związku z artykułem. 566 kodeksu cywilnego.

Artykuł 368 KC brzmi:

§ 1. Do odpowiedzialności za wady dzieła stosuje się odpowiednio przepisy o rękojmi przy sprzedaży. Odpowiedzialność przyjmującego zamówienie jest wyłączona, jeżeli wada dzieła powstała z przyczyny tkwiącej w materiale dostarczonym przez zamawiającego.

§ 2. Jeżeli zamawiającemu udzielono gwarancji na wykonane dzieło, przepisy o gwarancji przy sprzedaży stosuje się odpowiednio.

Artykuł 566 zaś:

§ 1. Jeżeli z powodu wady fizycznej rzeczy sprzedanej kupujący złożył oświadczenie o odstąpieniu od umowy albo obniżeniu ceny, może on żądać naprawienia szkody, którą poniósł przez to, że zawarł umowę, nie wiedząc o istnieniu wady, choćby szkoda była następstwem okoliczności, za które sprzedawca nie ponosi odpowiedzialności, a w szczególności może żądać zwrotu kosztów zawarcia umowy, kosztów odebrania, przewozu, przechowania i ubezpieczenia rzeczy oraz zwrotu dokonanych nakładów w takim zakresie, w jakim nie odniósł korzyści z tych nakładów. Nie uchybia to przepisom o obowiązku naprawienia szkody na zasadach ogólnych.

§ 2. Przepis § 1 stosuje się odpowiednio w razie dostarczenia rzeczy wolnej od wad zamiast rzeczy wadliwej albo usunięcia wady przez sprzedawcę.

3.1 Podstawy normowe projektowania

Podstawę projektowania konstrukcji drewnianych stanowi PN-EN 1995-1-1+A1:2014 [N13], w skrócie zwana Eurokodem 5 lub EC5. Norma ta wymaga stosowania PN-EN 1990 [N8] oraz zbierania obciążeń również w oparciu o normy europejskie, np.:

- PN-EN 1991-1-1 [N9],
- PN-EN 1991-1-3 [N11];
- PN-EN 1991-1-4 [N12];

Jeśli wymagane jest projektowanie z uwzględnieniem odporności ogniowej – niezbędne jest uwzględnienie również PN-EN 1995-1-2 [N14].

Ważną normą, choć nie wymienioną w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych [2], jest PN-B 03007:2013 [N1], która określa zasady i wymagania sporządzania i nadzorowania dokumentacji technicznej konstrukcji budowlanych: dokumentacji projektowej. Jest więc to norma, której zapisy wspierają wykonanie kompletnej i poprawnej dokumentacji projektowej. Warto, by każdy projektant znał postanowienia tej normy, mając jednocześnie świadomość, że te same zasady, których przestrzega w projektowaniu konstrukcji stalowych czy żelbetonowych (obliczenia, rysunki detali, itp.), muszą być zachowane w projektowaniu konstrukcji drewnianych. Norma PN-B 03007:2013 [N1] powołuje zarówno Eurokod 5, jak i normy produktowe (zharmonizowane) z zakresu konstrukcji drewnianych. Jako dokumentację projektową zdefiniowano w tej normie następujący zakres: „*projekty konstrukcji: budowlany i wykonawczy, specyfikacje wykonawcze oraz związane z projektem opracowania dodatkowe (np. informacje: BIOZ), jak również materiały archiwalne (robocze)*”. Projektant konstrukcji zaś to „*podmiot ponoszący merytoryczną odpowiedzialność za projekt konstrukcji*”.

Norma zawiera również między innymi następujące zapisy:

„Pod pojęciem obliczeń konstrukcji rozumie się analizę statyczną (dynamiczną) układów konstrukcyjnych oraz obliczenia (wymiarowanie) elementów i ich połączeń.

UWAGA: Układ konstrukcyjny składa się z połączonych elementów. [...] Termin `połączenia` obejmuje także: złącza, szwy, styki, węzły, zakotwienia itp. [...]

Obliczenia należy udokumentować w sposób przejrzysty, usystematyzowany i kompletny, w zakresie umożliwiającym jednoznaczną interpretację (sprawdzenie) danych i wyników przez podmiot niezależny.”

„Projekt konstrukcji powinien zawierać obliczenia wszystkich zaprojektowanych połączeń.”

Tak więc wskazywane w wielu miejscach niniejszego poradnika zasady i wymagania, w tym dotyczące rażącego naruszenia zasad wiedzy technicznej oraz uczciwości zawodowej w postaci np.:

- opracowywania niekompletnego projektu ze wskazywaniem, że część dokumentacji (np. dotycząca konstrukcji drewnianej) „opracuje wykonawca/dostawca”,
- brak obliczenia i rozrysowania wszystkich projektowanych połączeń,

mają również podstawy w polskiej normie, dotyczącej zasad opracowywania dokumentacji technicznej dla konstrukcji budowlanych.

Projekt konstrukcji drewnianej, by był zgodny z zasadami wiedzy technicznej, musi być opracowany w oparciu o Eurokod 5 z zastosowaniem poniżej wymienionych norm dotyczących wyrobów stosowanych w budownictwie drewnianym.

Przy numerze każdej normy podane zostało w nawiasie, jakiego wyrobu dotyczy – czyli projekt, w którym znajdzie się dany wyrób zastosowany w konstrukcji, musi być zaprojektowany z uwzględnieniem postanowień odpowiedniej normy.

- PN-EN 14081-1 [N19] (konstrukcyjne drewno lite),
- PN-EN 14080 [N18] (drewno klejone warstwowo i sklejone drewno lite),
- PN-EN 14250 [N21] (prefabrykowane konstrukcje, łączone na płytki kolczaste – np. wiązary kratowe),
- PN-EN 14374 [N22] (fornir klejony warstwowo – LVL),
- PN-EN 14545 [N23] (łączniki typu wkładek i pierścieni),
- PN-EN 14592 [N24] (łączniki trzpieniowe – np. śruby, wkręty, gwoździe),
- PN-EN 15497 [N26] (drewno lite, łączone na złącza klinowe),
- PN-EN 16351 [N27] (drewno klejone krzyżowo, w tym przypadku dodatkowo musi być przywołana Europejska ocena techniczna).

Pierwszym więc krokiem przy przystępowaniu do projektowania obiektu o konstrukcji drewnianej jest przygotowanie i przyjęcie właściwych podstaw normowych (w tym weryfikacja posiadanego oprogramowania pod kątem zgodności z aktualnymi normami).

Tu warto zatrzymać się nad kwestią obowiązywania norm. Teoretycznie stosowanie norm jest dobrowolne. Niemniej od większości reguł są wyjątki – i tak też jest w sytuacji dobrowolności stosowania norm.

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych [1]:

- zawiera w Załączniku 1 wykaz norm powołanych w Rozporządzeniu (i tu wymienione są między innymi normy: PN-EN 1990 [N8], wszystkie części PN-EN 1991 [N9-N12], jak i PN-EN 1995 [N13-N14]);
- wskazuje w paragrafie 204, punkt 4: „*Warunki bezpieczeństwa konstrukcji, o których mowa w ust. 1, uznaje się za spełnione, jeżeli konstrukcja ta odpowiada Polskim Normom dotyczącym projektowania i obliczania konstrukcji.*”

Dodatkowo trzeba tu też przywołać Ustawę o wyrobach budowlanych [7], która w artykule 5 ustęp 1 wskazuje: „*Wyrób budowlany objęty normą zharmonizowaną lub zgodny z wydaną dla niego europejską oceną techniczną, może być wprowadzony do obrotu lub udostępniany na rynku krajowym wyłącznie zgodnie z rozporządzeniem Nr 305/2011.*” Natomiast Rozporządzenie Nr 305/2011 [1] ustanowiło zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych. Zgodnie z tym Rozporządzeniem każdy wyrób objęty normą zharmonizowaną musi być oznakowany CE i dostarczony wraz z kopią deklaracji właściwości użytkowych – czyli normy zharmonizowane są wymagane do stosowania przy wprowadzaniu do obrotu (np. sprzedaży) takich wyrobów.

Klasy wytrzymałościowe drewna i poszczególnych wyrobów na jego bazie należy przyjmować zgodnie z wymaganiami wskazanymi w Rozdziale 2 niniejszego poradnika.

Należy pamiętać, że nie wszystkie klasy drewna litego (stosowane też dla drewna na złącza klinowe oraz sklejonego drewna litego) wymienione w normie EN 338:2016 [N4] są powszechnie dostępne. Najbardziej dostępne są klasy C18 i C24 (klasa C24 jest najczęściej stosowana przez świadomych projektantów w projektowaniu konstrukcji drewnianych). Teoretycznie powinna być też dostępna sosna w klasie C20 jako wynik sortowania wizualnego – w zestawieniu przedstawionym w NA do EC5 oraz w propozycjach złożonych do CEN, w przeciwieństwie do zasad obowiązujących we wszystkich krajach europejskich, przypisano inną klasę wytrzymałości sosnie i świerkowi, wysortowanym do klasy KG (i KW również). Tu należy mieć na uwadze, że jeśli w rejonie realizacji projektowanego obiektu wykonawca czy inwestor nie znajdą rzetelnie przesortowanej sosny w klasie C20 – będą i tak zmuszeni zakupić drewno w klasie C24. Autorzy niniejszego opracowania stoją na stanowisku, że w powszechnym projektowaniu zdecydowanie lepiej jest stosować klasy takie, jakie stosowane są w całej Europie (czyli C18 i C24, w szczególnych sytuacjach C30), a różnicowanie C18 i C20 prowadzi jedynie do problemów wykonawczych. Zwłaszcza, że klasę C18 klasą C20 można zastąpić, a odwrotnie – już nie.

Klasa C30 jest dostępna rzadko, a dostępność klas wyższych jest znikoma. Można oczywiście zastosować w indywidualnej sytuacji klasę C30 (świerk) lub C35 (sosna) – ale jedynie pod warunkiem wcześniejszego zapewnienia sobie możliwości dostawy na indywidualne zamówienie projektowanych elementów. Przed przyjęciem w projekcie klasy C35 należy mieć stuprocentową pewność możliwości dostawy elementów o projektowanych parametrach przekroju i długościach. W sytuacji braku dostępności drewna litego o zaprojektowanych parametrach nie ma możliwości zastąpienia drewna litego drewnem klejonym warstwowo. Najwyższą klasą drewna klejonego warstwowo jest GL32 (c lub h).

Ważne – im wyższa klasa drewna, tym dostępność elementów o większych wymiarach przekroju i długościach jest mniejsza. Dlatego – dla bezpieczeństwa i spokoju podczas realizacji w powszechnym projektowaniu – sugeruje się nie stosować klas wyższych niż C24. Zdarzają się (na szczęście rzadko) projektanci, którzy potrafią przyjąć w projekcie klasy wyższe – nawet C40. Taki projektant nie posiada praktycznej znajomości uwarunkowań (w tym dotyczących rynku) związanych z projektowaniem konstrukcji drewnianych.

3.2 Zakres projektu – wymagany przepisami i wymagany z punktu widzenia bezpiecznej oraz bezproblemowej realizacji

Wielu z inwestorów (a czasem i projektantów) zapewne podeszło z zadowoleniem do ostatnich zmian prawa budowlanego, związanych ze zmniejszeniem wymagań stawianych projektowi budowlanemu, składanemu do pozwolenia na budowę; z możliwością budowy domów jednorodzinnych na zgłoszenie czy też w końcu z możliwością skorzystania z bardzo uproszczonej ścieżki w przypadku budowy domów jednorodzinnych o powierzchni zabudowy do 70 m². Tu trzeba jednak zatrzymać się nad różnicą między „niezbędnym formalnym minimum”, które wydaje się być łatwym i przyjemnym, a rzeczywiście potrzebnym zakresem projektu niezbędnego do realizacji bezpiecznego w użytkowaniu obiektu. Podkreślamy ten aspekt w wielu miejscach poradnika, aby utrwalić świadomość, że formalności to jedno, a budowa domu czy innego obiektu – to coś zupełnie innego (w oparciu o projekt w zakresie niezbędnym z punktu widzenia formalnego nie da się niczego wybudować). Opracowując opinie techniczne czy ekspertyzy, rozmawiając z uczestnikami prowadzonych przez nas szkoleń czy też z ludźmi z

branży budowlanej – spotykamy się często z problemami wynikającymi z braków i niedoróbek projektowych. Za każdym z takich problemów stoją nieprzewidywane koszty i opóźnienia realizacji. Inwestorzy często dopiero zaczynając budowę orientują się, że zapłacili za „projekt architektoniczno-budowlany”, który pozwolił im na otrzymanie pozwolenia na budowę, ale w żaden sposób nie umożliwia realizacji – i muszą za następny projekt zapłacić kolejną, niemałą kwotę.

Jeśli przyjrzymy się poniżej wyszczególnionym wymaganiom stawianym poszczególnym stadiom projektu, jasnym będzie, że dopiero projekt techniczny i wykonawczy pozwalają na rozpoczęcie realizacji. Wykonawca nie może być natomiast tym, kto odpowiada za znajdowanie rozwiązań nie umieszczonych w projekcie – tak więc nie powinno być z jego strony zgody na rozpoczynanie realizacji bez kompletnej dokumentacji.

Prześledźmy więc wymagania i cały proces projektowy – zachowując zasady wiedzy technicznej i dobrych praktyk, a odrzucając niestaranność i kryterium najniższej ceny.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego [4] na projekt budowlany składają się następujące elementy:

- projekt zagospodarowania terenu,
- projekt architektoniczno-budowlany,
- projekt techniczny,
- opinie, uzgodnienia, pozwolenia itp.

Projekt architektoniczno-budowlany podlega zatwierdzeniu przez lokalną jednostkę administracji. To w nim określone są podstawowe parametry obiektu, takie jak zamierzony sposób użytkowania, układ i forma architektoniczna, kolorystyka, kubatura, powierzchnia. Podaje się również wpływ obiektu na środowisko. Należy tutaj podkreślić, że taki projekt stanowi jedynie podstawę do wydania decyzji o pozwoleniu na budowę. Pozwala organowi administracji stwierdzić, czy planowana realizacja jest zgodna z miejscowym planem zagospodarowania i z przeznaczeniem działki, oraz czy obiekt zostanie właściwie położony na terenie działki, z zachowaniem minimalnych niezbędnych odległości od granic i od innych obiektów.

Projekt architektoniczno-budowlany nie zawiera natomiast informacji pozwalających na rozpoczęcie budowy. Stanowi on tylko podstawę do wykonania projektu technicznego oraz projektów wykonawczych (a w przypadku budownictwa prefabrykowanego również warsztatowych i montażowych) czyli takich, które dopiero pozwolą na wzniesienie obiektu. Ważne – projekt architektoniczno-budowlany nie zawiera żadnych obliczeń konstrukcji – elementów konstrukcyjnych, połączeń itp. Tak więc widoczne na tym etapie projektu elementy konstrukcji są tylko rysunkiem, paroma kreskami, których rozmieszczenie nie ma nic wspólnego z wymiarami elementów, niezbędnymi do przeniesienia obciążeń. Projekt architektoniczno-budowlany jest koncepcją, która dopiero po wykonaniu kompletnych obliczeń każdego elementu konstrukcji z osobna, konstrukcji jako całości oraz zwymiarowaniu połączeń (obliczeniu ile i jakich łączników potrzeba) stanie się projektem.

Projekt techniczny jest elementem niezbędnym z formalnego punktu widzenia do rozpoczęcia budowy (nawet tych, dla których nie jest wymagane zgłoszenie zamiaru rozpoczęcia robót) i musi być dostarczony kierownikowi budowy przed rozpoczęciem prac. Ta część projektu budowlanego nie podlega zatwierdzeniu przez organ administracji. Przedkłada się go do wglądu w Powiatowym Inspektoracie Nadzoru Budowlanego w momencie uzyskiwania pozwolenia na użytkowanie (w przypadkach wymaganych przepisami), a więc już po wybudowaniu obiektu.

Dopiero w projekcie technicznym zawarte są przyjęte rozwiązania materiałowe, schematy statyczne, założenia do obliczeń oraz podstawowe wyniki tych obliczeń. Trzeba jednak pamiętać, że niezbędny minimalny zakres projektu technicznego, określony w Rozporządzeniu, nie jest wystarczający do poprowadzenia realizacji. W wymaganym zakresie brak m.in. informacji o rozwiązaniach detali połączeń. Można oczywiście projekt techniczny wykonać w takim stopniu szczegółowości, by mógł służyć już jako ostateczny projekt wykonawczy, natomiast trzeba mieć świadomość, że projekt techniczny zawierający tylko niezbędne minimum nie jest wystarczający. Dlatego o kompletnej dokumentacji możemy mówić dopiero wtedy, gdy mamy również projekt wykonawczy.

Projekt wykonawczy jest uszczegółowieniem projektu budowlanego i technicznego i tylko osoby nieodpowiedzialne lub nieświadome rezygnują z jego opracowania. Projekt wykonawczy nie jest tożsamy z projektem warsztatowym czy projektem montażowym. Jego definicja w Rozporządzeniu w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego, jest następująca (§5):

„Projekt wykonawczy stanowi uzupełnienie i uszczegółowienie projektu budowlanego w zakresie i stopniu dokładności niezbędnych do sporządzenia przedmiaru robót, kosztorysu inwestorskiego, przygotowania oferty przez wykonawcę i realizacji robót budowlanych.”

W projekcie wykonawczym konstrukcji drewnianej winny znajdować się rozwiązania materiałowe i rozwiązania elementów oraz połączeń, zgodne z przyjętymi do obliczeń schematami statycznymi.

Projekt warsztatowy – nie jest tożsamy z projektem wykonawczym. Jest to projekt, który sporządza producent na podstawie projektu wykonawczego, służący produkcji/prefabrykacji elementów konstrukcyjnych. Należy pamiętać, że brak jest oficjalnej definicji tego projektu, więc pod pojęciem tym różne osoby mogą rozumieć różne zakresy. Nie można jednak stosować tej nazwy zamiennie do projektu wykonawczego. Tu należy przywołać definicję rysunków warsztatowych, zawartą w PN-B 03007:2013 (pkt 3.17): *„Rysunki warsztatowe to rysunki wykonawcze i dokumentacja prefabrykowanych elementów konstrukcyjnych oraz inne, związane z nimi rysunki i wykazy”*. Jednoznacznie więc norma dotycząca dokumentacji budowlanej wiąże pojęcie rysunków warsztatowych z prefabrykacją.

Projekt montażu – opracowuje się w przypadku dostawy elementów prefabrykowanych celem określenia kolejności, ułożenia czy zespolenia elementów konstrukcyjnych i przegród. Jego

zadaniem jest zapewnienie bezpieczeństwa i płynności montażu oraz właściwego zespolenia elementów i przegród. Projekt ten również nie jest tożsamy z projektem wykonawczym.

3.3 Konstrukcja drewniana – co powinien zawierać projekt, by obiekt był bezpieczny, a jego użytkowanie bezproblemowe

Jak wskazano już wcześniej, ani projekt budowlany, ani nawet techniczny nie stanowią podstawy bezpiecznej realizacji.

Bezpieczny projekt konstrukcji drewnianej to projekt, w którym uwzględniono:

- Obliczenia i rysunki wszystkich elementów konstrukcyjnych.
- Odpowiednią do przewidywanych warunków pracy klasę użytkowania.
- Rozwiązania połączeń, stężeń, zamocowań ściągów.
- Pracę przestrzenną obiektu.
- Obliczenia związane z odpornością ogniową (jeśli wymagana).
- Rozwiązania w zakresie instalacji z uwzględnieniem ich przebiegu w powiązaniu z zaprojektowanymi elementami konstrukcyjnymi (tak, by podczas montażu instalacji nie wyniknęły kolizje z elementami konstrukcji).
- Rozwiązania detali, które uwzględniają specyfikę konstrukcji drewnianych – np. brak kontaktu elementów drewnianych z gruntem (konieczny dystans) i/lub elementami konstrukcji żelbetowej (konieczna szczelina powietrzna i izolacja), odpowiednie wyprofilowanie cokołu (cokół nie może wystawać poza elewację) i rejonu posadzki na gruncie (wentylacja).
- Rozwiązania detali oraz izolacji uwzględniające brak powstawania mostków termicznych. Należy pamiętać, że w odniesieniu do szkieletowych konstrukcji drewnianych kwestie izolacji są integralnie powiązane z bezpiecznym użytkowaniem i trwałością obiektu.

Prace projektowe powinny rozpoczynać się od projektu konstrukcji dachu. Obliczone w wyniku zebrania obciążeń i przyjęcia właściwych schematów statycznych siły stanowią podstawę do dalszych prac projektowych.

Przegrody muszą spełniać wymagania zarówno z punktu widzenia konstrukcji, jak i fizyki budowli. Należy uwzględniać specyfikę projektowanej izolacji i przyjętych rozwiązań, jak i uwzględnić detale, których błędne zaprojektowanie mogłoby skutkować ucieczką ciepła z obiektu (np. rejon połączenia ścian zewnętrznych ze stropami, połączenie płyty balkonu czy nadproża). Właściwa izolacja – to zarówno izolacja połaci dachu oraz poddasza, jak i ścian, a także posadzki na gruncie.

Budynki drewniane jako konstrukcje szkieletowe (otwarte) można wykańczać przy użyciu różnych typów izolacji (styropian, PUR, PIR, wełna skalna, szklana, drzewna, celuloza, słoma, konopie) oraz różnego typu płyt (OSB, MFP, gipsowe, włóknowo-gipsowe, cementowe, magnezowe). Przy użyciu tych materiałów możemy kształtować przegrody o dowolnych parametrach. Bardzo ważnym jest takie dobranie ocieplenia ścian zewnętrznych, aby punkt rosy (wykroplenia pary wodnej) wystąpił w izolacji zewnętrznej, a nie w izolacji wewnątrz ściany czy płycie poszycia.

Generalnie należy tak projektować przegrody o drewnianej konstrukcji nośnej, aby nie dochodziło w nich do kondensacji pary wodnej, a jeżeli już do tego dojdzie, przegroda powinna

umożliwiać usunięcie nadmiaru wilgoci z przegrody w celu jej osuszenia. W przypadku przegród zewnętrznych, a więc tych narażonych na najbardziej skrajne warunki, budowa przegrody powinna dodatkowo zabezpieczać przed wnikaniem wilgoci z zewnątrz, np. w wyniku wiatru i opadów atmosferycznych. Osiąga się to przede wszystkim poprzez warstwy elewacyjne, w wybranych rozwiązaniach stosując wiatroizolację. Jednocześnie powinno się zapewnić szczelność na przenikanie powietrza przez przegrodę, co realizuje się przy pomocy szczelnych warstw paroizolacyjnych.

W celu weryfikacji możliwości wystąpienia kondensacji pary wodnej w przegrodzie należy uwzględnić cały rok eksploatacji budynku z uwagi na zmienne warunki cieplno-wilgotnościowe, a więc zarówno miesiące zimowe z ogrzewaniem, przejściowe, jak i letnie. Tylko taki sposób gwarantuje prawidłowe podejście do sprawy i umożliwia uniknięcie np. okresowego zawilgocenia przegrody.

Należy zdawać sobie sprawę, że przegrody zewnętrzne nie służą do usuwania nadmiaru wilgoci z pomieszczeń, nie taka ich rola. Wilgoć z pomieszczeń powinna być usuwana przez sprawnie działającą wentylację, natomiast zadaniem otwartych dyfuzyjnie przegród zewnętrznych jest utrzymanie prawidłowej wilgotności w przegrodzie i jak wspomniano powyżej, w przypadku jej przekroczenia, możliwość łatwego i naturalnego usunięcia jej nadmiaru z przegrody. W przypadku szkieletowych konstrukcji drewnianych jest to szczególnie ważne i ma najistotniejszy wpływ na trwałość rozwiązania. Warto w tym wypadku rozważyć membrany charakteryzujące się zmiennym oporem dyfuzyjnym, które w normalnych warunkach eksploatacji pracują w trybie „otwartym”, zapewniając optymalne warunki wilgotnościowe w przegrodzie, natomiast w przypadku zwiększonego strumienia wilgoci działającego na przegrodę, zwiększają swój opór dyfuzyjny i ograniczają ryzyko zawilgocenia przegrody.

Szczelność budynku ma niebagatelne znaczenie dla standardu energetycznego obiektu, wpływa również na zachowanie właściwego środowiska pracy konstrukcji drewnianej. Dlatego – nawet jeśli nie ma tego w propozycji umowy czy pierwotnym zakresie zlecenia sugerujemy, by przedyskutować z inwestorem zlecającym budowę domu/obiektu z drewna konieczność wykonania próby szczelności i potwierdzeniu założonych w projekcie parametrów. Popularnym i wiarygodnym testem jest „blower door test”.

Przy projektowaniu i wykonywaniu domów należy też zabezpieczyć konstrukcję budynku przed długotrwałym działaniem wilgoci, co dotyczy każdego elementu budynku – od dachu po rozwiązanie połączenia z fundamentem.

Fundamenty dla budownictwa drewnianego projektuje się podobnie, jak dla każdego innego – mogą być to ławy i stopy fundamentowe, albo płyty fundamentowe. To ostatnie rozwiązanie często stosowane jest w przypadku budownictwa szkieletowego o różnym stopniu prefabrykacji. W przypadku fundamentów płytowych należy uwzględnić izolację z twardego styropianu lub innego, odpowiedniego i nienasiąkliwego materiału izolacyjnego oraz odpowiednie uzbrojenie płyty. Fundament tego typu wymaga rozplanowania instalacji wodno-kanalizacyjnej oraz ich podejść z jednoczesnym brakiem możliwości zmian na etapie wykańczania obiektu.

Fundamenty w postaci ław i ścian wymagają właściwego zaprojektowania, a w przypadku domów szkieletowych – wykonania wentylacji przestrzeni podpodłogowej.

Jeżeli występuje wysoki poziom wód gruntowych, niezbędny jest drenaż.

Nie wolno dopuścić do sytuacji, w której projektant sporządzi niekompletny projekt wskazując, że np. część dotyczącą rozwiązań konstrukcji drewnianej opracuje ktoś później (np. dostawca czy producent). Jeśli zdecydowano o wyborze konkretnego rozwiązania systemowego, można oczywiście włączyć producenta do prac projektowych – ale na odpowiednio wczesnym etapie – czyli na etapie projektowania, a nie w czasie, gdy rozpoczyna się realizacja.

Projektant, który dopuszcza lub wręcz zakłada „optymalizację” przyjętych przez siebie rozwiązań – jest wysoce niewiarygodny.

Na konieczność zachowania zasady właściwego i kompletnego projektowania konstrukcji, a potem realizacji zgodnie z projektem należy patrzeć również z punktu widzenia fizyki budowli i zapewnienia właściwych parametrów termicznych obiektu. Niewłaściwie zaprojektowana konstrukcja i/lub niewłaściwie dobrane materiały mogą prowadzić do rozszczelnienia obiektu, do powstania mostków termicznych itp. Kwestie termiczne i energetyczne są ostatnio niezwykle ważne. Niezbędnym jest więc tu wskazanie, że są one nierozdzielnie powiązane z zakresem konstrukcyjnym. Najlepiej zaprojektowany z punktu widzenia fizyki budowli obiekt może docelowo nie spełniać nawet podstawowych wymagań termicznych, jeśli jego konstrukcja zostanie źle zaprojektowana i/lub wykonana. Z drugiej strony niepoprawne zaprojektowanie i/lub wykonanie kwestii związanych z fizyką budowli może uwidocznić się dopiero po jakimś czasie, w którym konstrukcja będzie ulegała nieprzewidzianej destrukcji.

Realizacja inwestycji wymaga zachowania właściwej kolejności prowadzonych prac projektowych, a następnie wykonawstwa. Poniżej przedstawione informacje są tożsame z kierowanymi do inwestorów – gdyż bez zachowania odpowiedniej hierarchii, zakresu i kolejności prac, poprawne oraz bezpieczne wykonanie obiektu jest co najmniej utrudnione. Dodatkowo każdy uczestnik procesu budowlanego musi mieć na uwadze ogólne uwarunkowania, związane z budownictwem i pewnymi lukami w przepisach, których wykorzystywanie może wiązać się docelowo z realnym zagrożeniem.

3.4 Zasady wykonawstwa w świetle przygotowywanej normy wykonawczej, mającej docelowo stanowić trzecią część nowego Eurokodu 5

Wychodząc naprzeciw potrzebom europejskich wykonawców opracowywanej od paru lat normie dotyczącej zasad realizacji i wykonawstwa konstrukcji drewnianych nadano ostatnio rangę trzeciej części Eurokodu 5. Na początku opublikowanego w maju 2022 r. projektu zapisano, że dokument ten ma za zadanie ustanowienie podstawy powiązania między projektem a wykonawstwem oraz zapewnienia wskazówek i wytycznych do kontroli i nadzoru konstrukcji drewnianych. Norma może stanowić również pakiet znormalizowanych wymagań dla montażu w sytuacji zamówienia konstrukcji drewnianej. Tak więc norma ta winna być znana również przez projektantów, a jej postanowienia uwzględniane w projektowaniu.

Bardzo istotne jest, że we wstępie określono znaczenie stosowanego słownictwa co do wyrażania wymagań, zaleceń oraz czynności dopuszczalnych. Ma to istotne znaczenie również w kontekście przyszłego tłumaczenia tej normy – słowo „shall” np. określa działania bezwzględnie wymagane, od których nie dopuszczalne są jakiegokolwiek odstępstwa.

Norma określa minimalne wymagania dotyczące produkcji, montażu i wznoszenia konstrukcji drewnianych, zaprojektowanych zgodnie z EN 1995 w celu zapewnienia, że to, co jest budowane, jest zgodne z zamierzeniami projektanta w zakresie spełnienia stanów granicznych nośności i użytkowania, trwałości oraz bezpieczeństwa pożarowego. Wskazuje wymagania co do specyfikacji w zakresie montażu, dokumentacji oraz kontroli prac wykonawczych. Uwzględniono w niej również minimalne wymagania dotyczące kontroli wilgotności podczas montażu. Norma zakłada, że specyfikacja montażu (wykonawcza) zostanie opracowana z uwzględnieniem podstawowych wymogów dotyczących produkcji, składania i montażu.

Wśród pojęć i definicji znajduje się m.in. plan i wytyczne (specyfikacja) wykonawcza, produkcja, dopuszczalne odchyłki elementu i montażu oraz dokumentacja projektowa.

W normie wskazano, że przed rozpoczęciem realizacji części konstrukcyjnej z zakresu konstrukcji drewnianej należy zapewnić na budowie:

- dostępność projektu z obliczeniami, rysunkami i specyfikacjami oraz projektu montażu (przy wskazanych w normie w powiązaniu z ECO poziomach kontroli);
- w przypadku prac montażowych prowadzonych na wcześniej wykonanym etapie konstrukcji musi być dostępna dokumentacja udowadniająca wykonanie tego poprzedzającego etapu z zachowaniem dopuszczalnych odchyłek.

Podano zasady sporządzania projektu. Wskazano także zasady kontroli i zakresu dokumentacji w zależności od poziomu kontroli (poziom inspekcji zgodny z ECO). Podane zostały zasady dokumentowania i kontroli montażu (np. gatunek, klasa, klej, odchyłki w zależności od rodzaju elementu/części konstrukcji, liczba, rodzaj, wielkość rozstawy łączników i wstępnego nawiercania (jeśli występuje)). Przedstawiono również zasady postępowania w sytuacji uszkodzeń lub niezgodności konstrukcji/montażu, w tym mających miejsce na etapie transportu i/lub składowania.

W rozdziale dotyczącym planu kontroli wilgotności (wymagane przy poziomie inspekcji IL2 i IL3) wskazano konieczność m.in. uwzględnienia zawilgocenia podczas transportu i montażu, kontroli wysychania po montażu.

Wskazano dopuszczalne odchyłki dla elementów konstrukcji oraz prefabrykatów, zacięć, połączeń, lokalizacji łączników oraz dopuszczalne odchyłki montażu z podziałem na obiekty jedno- i wielokondygnacyjne.

Norma uwzględnia również kwestie bezpieczeństwa pożarowego w odniesieniu do gotowej konstrukcji oraz zasady dotyczące konstrukcji wznoszonych na terenach sejsmicznie zagrożonych.

Podano zasady pobierania próbek celem kontroli oraz kryteria kontroli w tym zakresie.

Norma uwzględnia również wymagania stawiane przy montażu pali drewnianych oraz dotyczące dopuszczalnych odchyłek przy wykonywaniu złączy ciesielskich.

Rozdział 4. Projekt obiektu o konstrukcji drewnianej – dobre praktyki a wymagane minimum

Realizacja robót budowlanych musi mieć pełne umocowanie w projekcie. Niezależnie od tego, czy obiekt ma powstać na zlecenie osoby prywatnej, czy też inwestora publicznego, jego realizacja jest uwarunkowana opracowaniem kompletnego projektu.

Obecnie obowiązujące zapisy Ustawy Prawo budowlane [9] zezwalają na ubieganie się o pozwolenie na budowę w oparciu o projekt zwany architektoniczno-budowlany, a będący z punktu widzenia zakresu bardziej koncepcją niż projektem. Projekt architektoniczno-budowlany – jak już wskazano w poprzednim rozdziale – nie zawiera obliczeń konstrukcji, stąd wszystkie elementy konstrukcyjne wrysowywane są w projekcie architektoniczno-budowlany jedynie w sposób koncepcyjny. Oczywiście uczciwy projektant nie odważy się nigdy wrysować do projektu elementów konstrukcyjnych w postaci losowo rozmieszczonych kresek. Zdarza się, że w ramach źle pojętych oszczędności inwestorzy zamawiają jedynie projekt „budowlany” lub dodatkowo częściowy projekt „techniczny”, zapominając o projektach wykonawczych. Takie oszczędności z reguły generują nieoczekiwane koszty na etapie realizacji i/lub użytkowania, a projektant musi wielokrotnie tłumaczyć, że projekt w zamówionym zakresie nie obejmuje wszystkich niezbędnych do realizacji detali. Dlatego zdecydowanie lepiej jest jednoznacznie informować inwestora na samym wstępie rozmów o zakresie zleczanych prac projektowych, jaki zakres prac jest niezbędny do wykonania bezpiecznego obiektu.

Autorzy zdają sobie sprawę, że wielu projektantów w momencie rozpoczynania rozmów z inwestorem staje przed dylematem:

- wycenić prace projektowe w sposób zgodny z zasadami wiedzy technicznej i uczciwością zawodową (czyli kompletny projekt) narażając się na szybkie ich zakończenie stwierdzeniem inwestora, że projektant X czy Y podał cenę o 50-80% niższą;

czy

- wycenić prace projektowe z założeniem, że uwzględnione zostaną rozwiązania tylko części konstrukcji, a resztę doprojektuje sobie wykonawca czy dostawca, gdyż wtedy cena za projekt będzie niższa, a prawdopodobieństwo uzyskania zlecenia – większe.

Miedzy innymi dlatego tak ważne jest nauczenie się współpracy i zrozumienia między poszczególnymi uczestnikami procesu budowlanego, co dostrzegają już od dawna kraje bardziej od nas zaawansowane w pracach z zakresu konstrukcji drewnianych (patrz Rozdział 1.3). Ponieważ niniejszy poradnik stanowić ma zbiór dobrych praktyk – przedstawiane w nim zasady powiązane są z popularyzacją właściwych postaw, nawet jeśli przez część odbiorców postrzegane będą jako utopia.

Jedną z podstawowych zasad przygotowania inwestycji jest zachowanie odpowiedniej kolejności prac:

- określenie potrzeb i oczekiwań przez inwestora;
- opracowanie koncepcji przez projektantów;
- uzgodnienie koncepcji przez projektanta z inwestorem i naniesienie ewentualnych poprawek;

- przygotowanie kompletnego projektu architektury i konstrukcji wraz z obliczeniami wszystkich elementów konstrukcji drewnianej oraz połączeń (a więc nie tylko projekt architektoniczno-budowlany);
- złożenie wniosku o pozwolenie na budowę;
- opracowanie projektu wykonawczego i projektów branżowych (równoległe do procesu ubiegania się o pozwolenie na budowę);
- otrzymanie pozwolenia na budowę;
- realizacja inwestycji zgodna z opracowanym projektem wykonawczym, spójnym z projektem architektoniczno-budowlanym.

O ile projekt wykonawczy i projekty branżowe można opracowywać czy dopracowywać w okresie oczekiwania na pozwolenie na budowę, tak składanie wniosku o pozwolenie na budowę posiadając jedynie projekt architektoniczno-budowlany (czyli nie zawierający obliczeń konstrukcji) – jest co najmniej ryzykowne. Pierwotne wrysowanie elementów konstrukcyjnych bez obliczeń może spowodować, że po ich zaprojektowaniu konieczne będzie np. zwiększenie całkowitej wysokości obiektu w stosunku do pokazanej na rysunkach złożonych do pozwolenia na budowę. Szczególnie może się to uwidocznic w projektach np. obiektów o większej rozpiętości elementów konstrukcyjnych przy błędnym przyjęciu w projekcie architektoniczno-budowlanym wysokości dźwigara lub w obiektach wielokondygnacyjnych przy błędnym założeniu grubości stropów (patrz też Rozdział 4.3). Wskazany schemat postępowania przy przygotowaniu budowy należy do dobrych praktyk, których przestrzeganie warunkuje bezpieczną realizację. Wymagane przepisami minimum – to projekt architektoniczno-budowlany (czyli koncepcja bez obliczeń) potrzebny do złożenia wniosku o pozwolenie na budowę, oświadczenie projektanta o wykonaniu projektu technicznego przy zawiadomieniu o zamiarze rozpoczęcia robót i przedłożenie projektu technicznego na koniec realizacji przy zgłoszeniu zakończenia. Tylko należy pamiętać, że to minimum nie gwarantuje bezpieczeństwa i bezproblemowego użytkowania. Należy też pamiętać, że niezależnie od tego, czy budowa wymaga pozwolenia na budowę, czy nie (np. „domy na zgłoszenie” czy dopuszczona ostatnio przez Ustawę prawo budowlane [9] budowa domów jednorodzinnych o powierzchni zabudowy do 70 m² bez pozwolenia i bez kierownika budowy) zakres projektu i jego szczegółowość są takie same. Realizacja zgodna z projektem, bez zmian i (z reguły niebezpiecznych) tzw. „optymalizacji” – jest niezbędna tak samo w przypadku domu jednorodzinnego, budynku wielorodzinnego, jak i obiektu użyteczności publicznej.

Kompletność dokumentacji jest niezwykle istotna. Jako przykład można tu wskazać informacje, pochodzące z materiałów przetargowych, dotyczących pewnej hali sportowej,

„Na opis przedmiotu zamówienia ... składają się:

- a) koncepcja architektoniczna;*
- b) projekt budowlany (branża architektoniczna, instalacji sanitarnych i instalacji elektrycznych);*
- c) projekt wykonawczy (branża architektoniczna, instalacji sanitarnych i instalacji elektrycznych)”*

O projekcie konstrukcji wśród dokumentacji projektowej, jak widać, zapomniano. Kończąc ten wątek warto wspomnieć, że hala wkrótce po oddaniu do użytkowania uległa katastrofie budowlanej. Przypadek?

4.1 Przetargi

W przypadku inwestycji, których realizację poprzedza przetarg, już na jego etapie inwestor powinien przedłożyć projekt jednoznacznie określający wymagania co do objętych ofertą prac (nie dotyczy przetargów „zaprojektuj i wybuduj”). Tylko kompletny projekt z obliczeniami wszystkich elementów konstrukcyjnych i określający parametry przekroju elementów konstrukcyjnych oraz połączenia na podstawie obliczeń jest wiarygodną, jednoznaczną i bezpieczną podstawą złożenia oferty, a potem wykonania prac. Wiadomym jest oczywiście, że wiele przetargów rządzi się kryterium najniższej ceny – zarówno przy doborze projektanta, jak i wykonawcy. Powoduje to, że projekt opracowany za niższą niż realia rynkowe cenę jest pobieżny i niekompletny – czyli adekwatny do zaniżonej ceny, a realizacja (często również specjalistycznych robót) dokonywana jest przez wykonawców bez doświadczenia i wiedzy.

Przetarg na wykonanie prac budowlanych poprzedza ten dotyczący prac projektowych. Wracając do wskazanych powyżej dylematów, jak wycenić prace projektowe, by nie zostać odrzuconym na starcie – im większa będzie grupa świadomych inwestorów, wykonawców i projektantów, tym większe szanse na wyeliminowanie z rynku nieuczciwych projektantów.

Jeśli prześledzimy zapisy ustawy Prawo zamówień publicznych [8] oraz aktu wykonawczego do tej Ustawy, czyli Rozporządzenia w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego [5] – znajdziemy tam następujące zapisy:

Ustawa Prawo zamówień publicznych [8]:

Art. 103. 1. wskazuje: „Zamówienia na roboty budowlane opisuje się za pomocą dokumentacji projektowej oraz specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych.”

Rozporządzenie [5] natomiast:

§ 4. 1. Dokumentacja projektowa służąca do opisu przedmiotu zamówienia na wykonanie robót budowlanych, dla których jest wymagane uzyskanie pozwolenia na budowę albo zgłoszenie robót budowlanych, do którego dotacza się projekt budowlany zgodnie z przepisami ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane, składa się w szczególności z:

- 1) projektu budowlanego w zakresie uwzględniającym specyfikę robót budowlanych;*
- 2) projektu wykonawczego w zakresie, o którym mowa w § 5;*
- 3) przedmiaru robót w zakresie, o którym mowa w § 6.*

§ 5. 1. Projekt wykonawczy stanowi uzupełnienie i uszczegółowienie projektu budowlanego w zakresie i stopniu dokładności niezbędnych do sporządzenia przedmiaru robót, kosztorysu inwestorskiego, przygotowania oferty przez wykonawcę i realizacji robót budowlanych.

2. Projekt wykonawczy zawiera rysunki w skali uwzględniającej specyfikę zamawianych robót i zastosowanych skal rysunków w projekcie budowlanym wraz z wyjaśnieniami opisowymi, które dotyczą:

- 1) części obiektu,*
- 2) rozwiązań budowlano-konstrukcyjnych i materiałowych,*
- 3) detali architektonicznych oraz urządzeń budowlanych,*

Tak więc w przypadku obiektu o konstrukcji drewnianej projekt przedkładany w przetargu musi zawierać rysunki i rozwiązania dotyczące zarówno drewnianych elementów konstrukcyjnych, ich połączeń, jak i projektowanych zabezpieczeń, wzmocnień, etc. Projekt obiektu, w którym występuje konstrukcja drewniana (dach, słupy, ramy, itp.), nie może być sporządzony tak, że zawiera obszerną, opisową i rysunkową część dotyczącą żelbetowych czy stalowych części konstrukcji (np. fundamenty, podciąg, wieńce) i niemal nic na temat drewna. Pomijając fakt braku możliwości jednoznacznej wyceny, a później realizacji w przypadku niekompletnego projektu – każdy mający do czynienia z budownictwem zdaje sobie sprawę, że nie da się poprawnie zaprojektować fundamentów i słupów bez zebrania obciążeń i obliczeń części wyższych celem wyznaczenia sił, przekazywanych na niższe części konstrukcji.

4.2 Założenia projektowe

Projektowanie architektoniczne

Jak wskazano we wprowadzeniu oraz Rozdziale 1, drewno daje wiele możliwości osiągnięcia ciekawego i niebanalnego efektu, trzeba jednak mieć na względzie realność realizacji, cechy naturalne drewna i ograniczenia, które występują w przypadku wyrobów stosowanych w budownictwie drewnianym.

Należy w związku z tym wziąć pod uwagę m.in.:

- Drewno ekspozowane na opady atmosferyczne i promieniowanie UV przebarwia się oraz przy stałym zawilgoceniu może ulegać korozji biologicznej. Dlatego projektując elementy drewniane za zewnątrz warto zadbać, by w jak najmniejszym stopniu były wystawione na działanie wody (np. przez uwzględnienie zadaszeń, okapów) lub uzgodnić optymalny sposób zabezpieczenia, uprzedzając inwestora o możliwości wystąpienia zmian kolorystycznych. Starzenie drewna (np. fot. 4.1) ekspozowanego na promieniowanie UV z jednoczesną zmianą barwy, jest naturalną cechą drewna i w krajach, w których stosowanie drewna jest powszechniejsze, nie jest uznawane za wadę (należy odróżnić naturalne starzenie od korozji biologicznej).



Fot. 4.1 Widok przebarwionej elewacji drewnianej (fot. E. I. Kotwica)

- Nie należy projektować elementów drewnianych tak, by miały bezpośredni kontakt z gruntem czy innym podłożem w sposób powodujący możliwość kapilarnego podciągania wody.
- Nie należy projektować elementów z drewna klejonego tak, by część przekroju pracowała wewnątrz obiektu, a część na zewnątrz (np. usytuowanie połączenia dachowej w świetle dźwigarów z wystawieniem części dźwigara z obróbką ponad połac dachu).
- Niezbędne jest uwzględnienie prawidłowego rozwiązania detali elewacji i połączeń (np. dachu oraz ścian, rejonów otworów) w sposób uniemożliwiający wnikanie wilgoci.
- W przypadku elementów giętych – zarówno kwestie projektowania konstrukcyjnego, jak i możliwości branżowego pod uwagę wyrobu z uwzględnieniem ekonomiki. Np. w przypadku drewna klejonego możliwe jest wykonanie elementów o niewielkim promieniu, lecz wiąże się to z koniecznością zastosowania tym cieńszych lameli, im mniejszy jest promień gięcia, a im mniejszy promień gięcia i cieńsze lamele, tym większe koszty. Stąd przy rozważaniu tego typu konstrukcji warto od samego początku koncepcji współpracować z konstruktorem oraz producentem celem optymalizacji rozwiązania NA ETAPIE KONCEPCJI I PROJEKTU. Sytuacja wprowadzenia do projektu niekonsultowanej koncepcji z założeniem, że później wykonawca z dostawcą przeprojektują czy „zoptymalizują” rozwiązanie jest niepoprawna.
- Dostępne parametry przekroju i długości poszczególnych wyrobów. Zaprojektowanie np. elementu o rozpiętości 10 czy 15 m czy elementu o wysokości przekroju 500 mm ze wskazaniem, że ma być wykonany z drewna litego, spowoduje nierealność realizacji. Drewno lite można brać pod uwagę przy długościach do 6 m, przy długościach większych (standardowo do 13 m) trzeba przyjąć albo drewno na złącza klinowe, albo drewno klejone warstwowo – w zależności od potrzeb. Należy ostrożnie podchodzić do elementów o znacznej szerokości przekroju – im większa szerokość przekroju, tym większe prawdopodobieństwo spękań, a niezależnie od tego – braku możliwości realizacji. Elementy o szerokości przekroju ponad 24 cm są oferowane przez niektórych dostawców, lecz praktyka pokazuje, że nie zawsze takie rozwiązania sprawdzają się w praktyce.
- Wymagania związane z minimalnym kątem pochylenia połaci dla planowanego pokrycia dachu z uwzględnieniem wymagań dodatkowych, występujących w przypadku np. świetlików. Przy niektórych rodzajach pokryć wymagania są zróżnicowane, a brak ich uwzględnienia na odpowiednio wczesnym etapie może skutkować nawet przekroczeniem dopuszczalnej wysokości budynku.
- W przypadku wymaganej odporności ogniowej fakt, że tę uzyskuje się dla drewna poprzez odpowiednie zaprojektowanie elementów i połączeń. Mówiąc skrótowo – im wyższa wymagana odporność ogniowa, tym większe będą parametry przekroju elementów konstrukcyjnych, stąd należy liczyć się, że elementy będą masywne.
- Przy projektowaniu przegród należy w sposób właściwy rozwiązać izolację oraz opłytywanie ze szczególnym uwzględnieniem rejonu otworów (np. sztukowanie płyt w bezpośrednich rejonach naroży otworów prowadzi do spękań).



Fot. 4.2 Płyty w narożach powinny być projektowane tak, by zachowany został kształt „L” (fot. z archiwum Stowarzyszenia EDG)

- Konstrukcje przegród wynikają z wymagań izolacyjności cieplnej i akustyki, często również z wymogów p.poż.
- Niezbędne jest zaprojektowanie detali związanych z przejściem instalacji przez przegrody. Poprawne rozwiązanie przepustów ma istotne znaczenie z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego.
- W przypadku obiektów wielorodzinnych, zwłaszcza w technologii płyt z drewna klejonego warstwowo lub krzyżowo – na granicy pomieszczeń dwóch różnych mieszkań zaleca się sytuować dwie płyty, pomiędzy którymi znajduje się izolacja.
- Projektowanie wielu drewnianych domów jednorodzinnych na jednej, niepodzielonej działce, winno odbywać się z uwzględnieniem zasad zdrowego rozsądku i zachowaniem kilkumetrowych odległości, mimo że Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych [2] nie stawia w tym względzie wymagań dla tego rodzaju obiektów (patrz też Rozdział 7).
- Możliwości dostarczenia planowanej konstrukcji, w tym ocenę dostępności placu budowy dla pojazdów ponadgabarytowych. Za z reguły bezproblemowe do dostarczenia przyjmuje się elementy konstrukcyjne o długości do 30 m czy szerokości transportowej 4,0-4,5 m. Zawsze jednak trzeba przeanalizować zarówno drogi dojazdowe, jak i bezpośrednie otoczenie placu budowy, gdyż przyjęcie odpowiednich rozwiązań na wczesnym etapie projektowania może zapobiec wysokim kosztom (np. demontażu istniejącej infrastruktury). Czasem niewielkim ruchem projektowym można spowodować spore różnice kosztu. Widoczne na Fot 4.3 dźwigary łukowe można by transportować zarówno w pionie, jak i w poziomie. W przypadku pokazanym na zdjęciu lokalizacja placu budowy dopuszczała wjazd pojazdu wyłącznie z dźwigarami usytuowanymi pionowo. Dodatkowo z punktu widzenia kosztu transport długi i szeroki jest droższy – więc warto rozważając rozwiązanie próbować przyjąć takie elementy, które da się przewieźć w pionie (czyli mieszcząc się w granicach skrajni pionowej). Jeśli wymiary zaprojektowanej konstrukcji wskazują na konieczność podziału na czas transportu –

należy rozwiązanie w tym względzie przyjąć na początku prac projektowych (uwzględniając stosowne obliczenia) – patrz też Rozdział 4.3.



Fot. 4.3 Transport ponadgabarytowy. (fot. E. I. Kotwica)

Projektowanie konstrukcji – zasady ogólne

- Normy stosowane w projektowaniu konstrukcji drewnianych to Eurokod 5 [N13] i Eurokody powiązane oraz normy wyrobu wskazane w Rozdziale 2. Nie można stosować polskich norm wycofanych np. PN-B 03150 z roku 2000 lub 1981; nie można stosować krajowych norm innych państw. Zdając sobie sprawę, że dla niektórych projektantów przejście w projektowaniu ze starych norm krajowych na Eurokody jest problematyczne chcielibyśmy pocieszyć, że obecny Eurokod 5 nie jest wcale taki obszerny. To tylko 130 stron wraz z Załącznikiem krajowym. Nowa edycja Eurokodu 5, planowana do wdrożenia w 2027 roku, liczy sobie natomiast jak na razie ponad 450 stron.
- Parametry wytrzymałościowe do projektowania należy przyjmować z aktualnych norm (patrz Rozdział 2). Nie wolno przyjmować parametrów wytrzymałościowych z nieaktualnych norm, np. z EN 338:1999 i każdej starszej niż 2016 (stan na 09.2022 r), czy z EN 1194 lub z PN-B 03150:2000. Nie wolno posługiwać się klasami drewna z poprzedniego stulecia – czyli typu „K” dla drewna litego i typu „KL” dla drewna klejonego warstwowo. Wymagania Ustawy o wyrobach budowlanych i dokumentów powiązanych wskazują normy zharmonizowane, a te z kolei – określone podstawy klasyfikacji i przyjmowania parametrów wytrzymałościowych. Zastosowanie klas innych niż aktualne spowoduje brak możliwości realizacji zgodnie z projektem (dotyczy to również norm stanowiących podstawę wykonania konstrukcji – nie jest dopuszczalne wskazywanie np. norm EN 518 i EN 519 – wycofane w 2005 roku). Dodatkowo należy mieć na uwadze, że parametry wytrzymałościowe przypisane poszczególnym klasom właściwym dla drewna litego i klejonego nie są tożsame (przykłady w Tablicy 4.1).

Tablica 4.1, Zestawienie wartości wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie wzdłuż i w poprzek włókien wybranych klas drewna litego według PN-EN 338:2016 (klasy C) oraz drewna klejonego warstwowo wg PN-EN 14080:2013 (klasy GL)

wytrzymałość na:	C18	C24	C30	GL24c	GL30c	GL30h
	N/mm ² , MPa					
zginanie	18,0	24,0	30,0	24,0	30,0	30,0
ściskanie wzdłuż włókien	18,0	21,0	24,0	21,5	24,5	30,0
ściskanie w poprzek włókien	2,2	2,5	2,7	2,5	2,5	2,5
rozciąganie wzdłuż włókien	10,0	14,5	19,0	17,0	19,5	24,0
rozciąganie w poprzek włókien	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
ściananie	3,4	4,0	4,0	3,5	3,5	3,5

- Stosowane oprogramowanie musi opierać się na Eurokodzie 5 z uwzględnieniem zmiany z 2014 roku oraz mieć wprowadzone aktualne parametry wytrzymałościowe (EN 338:2016, EN 14080:2013).
- Należy przyjąć właściwą dla występujących warunków klasę użytkowania, podać odpowiednie informacje w części opisowej oraz na rysunkach. Klasa użytkowania wiąże się też z możliwością (lub brakiem możliwości) zastosowania niektórych wyrobów, a dla innych przy stosowaniu w różnych klasach użytkowania stawiane są różne wymagania. Np. drewno klejone warstwowo wykonuje się z lameli o grubości do 45 mm włącznie przy klasie użytkowania 1. i 2., natomiast w klasie 3. dopuszczona jest maksymalna grubość lameli 35 mm. Sklejone drewno lite wolno natomiast stosować tylko w 1. i 2. klasie użytkowania. Patrz też Rozdział 2 oraz 4.3.
- Należy pilnować, by w części opisowej, rysunkowej i obliczeniach były przywoływane te same klasy i te same wyroby. Dla większości czytających te słowa jest to kwestia tak oczywista, że jej poruszanie może dziwić. Niemniej po doświadczeniach związanych ze znajdowaniem w analizowanych projektach zapisów wskazujących, że w obliczeniach konstruktor przyjął klasę C40 (zapewne dopiero parametry wytrzymałościowe tej klasy spowodowały spełnienie warunków stanu granicznego nośności i użytkowania), ale na rysunku wpisał C24 – lepiej i tę kwestię poruszyć.
- Należy zapewnić jednoznaczność i kompletność prac projektowych. W odniesieniu do stosowanych wyrobów oznacza to, że nie wolno dopuścić wskazywania w opisie technicznym możliwości wykonania elementu konstrukcyjnego z kilku alternatywnych materiałów (np. „słup wykonać z drewna litego, klejonego lub LVL”) gdyż wyroby te (patrz również tablica 4.1) mają różne parametry wytrzymałościowe oraz dostępne parametry przekroju. Zapisy pozwalające na wybór spośród różnych wyrobów świadczą o braku przeprowadzenia obliczeń.

- Nie jest dopuszczalne pozostawianie dostawcy zaprojektowania konstrukcji drewnianej „później”, na etapie realizacji, jak i dawanie wykonawcy wolnej ręki w wykonaniu detali połączeń czy stężeń. Należy pamiętać, że połączenie w konstrukcji drewnianej (niezależnie, czy jest to np. połączenie przenoszące moment, czy węzeł w kratownicy) często determinuje parametry przekroju elementu z uwagi na konieczność zgodnego z normą doboru i rozmieszczenia łączników. Stężenia natomiast, by spełnić swoją rolę, muszą być i zaprojektowane, i odpowiednio połączone.
- W przypadku wymaganej odporności ogniowej należy przeprowadzić obliczenia wg PN-EN 1995-1-2. Nie jest dopuszczalne cedowanie jakichkolwiek kwestii związanych z odpornością ogniową na wykonawcę – bezpieczeństwo użytkowników zależy od poprawnego projektu, a później zgodnego z projektem wykonawstwa.
- W przypadku obiektów, w których wymagane jest zapewnienie NRO, należy uwzględnić impregnację lub inne zabezpieczenie gwarantujące uzyskanie klasy reakcji na ogień zgodnej z Załącznikiem 3 do Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [2] (należy śledzić zmiany przepisów, w stanie prawnym na 10.2022 r. uzyskanie klasy reakcji na ogień minimum „B” jako powiązanej z NRO jest wymagane). Natomiast nie jest obecnie dopuszczalne przywoływanie zapisów wycofanej Instrukcji ITB 401/2004 [45], według której drewno klejone warstwowo o minimalnym wymiarze przekroju 120 mm oraz drewno lite o minimalnym wymiarze 140 mm było klasyfikowane jako NRO. Prowadzone są obecnie prace, by umożliwić stosowanie drewna o większych wymiarach przekroju poprzecznego (klejonych elementów liniowych, typu belka, słup, dźwigar, itp.) bez konieczności impregnacji, lecz wymaga to nie tylko przedstawienia dowodów badawczych ale również zmiany podejścia do tematyki z uwagi na potencjalne zagrożenie pożarowe, by móc wprowadzić takie zapisy do przepisów budowlanych.
- W przypadku wymaganego zabezpieczenia konstrukcji drewnianej przed korozją biologiczną należy dokładnie określić środek impregnujący oraz jego aplikację i wymagane nasycenie. Należy pamiętać, że impregnacja to nie jest tylko pomalowanie kolorowym środkiem (patrz też wprowadzenie do Rozdziału 2). Spełnione muszą być wymagania i dokumentów dopuszczających dany środek, i norm zharmonizowanych (w tym oznakowanie PT). Dodatkowo środek zabezpieczający musi być adekwatny do warunków pracy konstrukcji oraz aplikowany w ilościach wskazanych w Aprobacie Technicznej lub KOT.
- W wymaganych przypadkach należy zapewnić niezależnego sprawdzającego. Eurokod 0 [N8] wymaga sprawdzania projektów obiektów należących do 3 klasy konsekwencji zniszczenia lub elementów konstrukcji do tej klasy należących – przez stronę trzecią = inną jednostkę projektową (tablica B4). Większość np. konstrukcji z drewna klejonego podlega pod klasę 3. Niezależny sprawdzający, to osoba kompetentna i posiadająca doświadczenie w zakresie sprawdzanej konstrukcji. Sytuacja, w której jako sprawdzający występuje osoba posiadająca uprawnienia od kilku miesięcy czy roku - dwóch lat jest też mało bezpieczna. Zdaniem autorów należy mieć uprawnienia od minimum 5 lat oraz doświadczenie w projektowaniu danego rodzaju konstrukcji, zanim podejmie się funkcji sprawdzającego. Z drugiej strony trzeba pamiętać, że bardzo zaawansowany wiek nie zawsze sprzyja rzetelnemu i kompleksowemu sprawdzeniu projektu z uwzględnieniem aktualnych norm, przepisów i zasad projektowania. Warto tu wspomnieć, że np. w przywoływanej już często Szwecji obowiązek sprawdzania projektu przez projektanta, który w żaden sposób nie uczestniczył

w projekcie, jest wpisany do przepisów budowlanych. W Niemczech istnieją listy uznanych inżynierów, opublikowane na stronach właściwych dla budownictwa ministerstw poszczególnych Landów. Podają one m.in. informacje, w jakiego rodzaju konstrukcjach (drewniane, stalowe czy masywne, żelbetowe) specjalizuje się dana osoba. [L14]

4.3 Co powinien zawierać projekt – wybrane zagadnienia

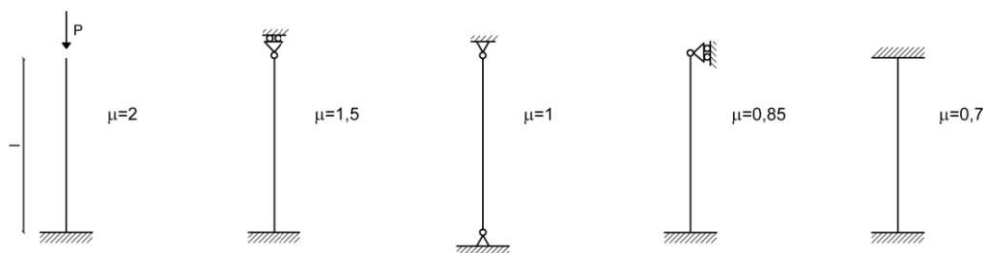
Zakres projektu musi być spójny z projektowaną konstrukcją i uwzględniać wszystkie jej elementy w sposób dostosowany do określonej konstrukcji.

W projektowaniu należy uwzględnić zasady opisane w Rozdziale 4.2 oraz wymagania materiałowe, opisane w Rozdziale 2.

Ponieważ każdy obiekt jest inny, nie ma jednego schematu prac projektowych, stąd w niniejszym rozdziale zestawione zostały przykładowe aspekty, niezbędne do uwzględnienia. Wybór podyktowany został wnioskami płynącymi z analiz dokumentacji projektowych ocenianych przez autorów w ramach opracowywanych ekspertyz. Pokazane zostały wybrane przykłady możliwości niespełnienia stanów granicznych w przypadku wprowadzenia zmian w stosunku do stanu projektowanego.

W XXI wieku większość prac projektowych prowadzonych jest z zastosowaniem oprogramowania. Pierwszym krokiem jest więc przyjęcie odpowiednich warunków brzegowych. Należy przyjmować realne warunki, spójne z zaprojektowanym układem. Konstrukcja „nie wie”, co projektant ma na myśli, jeśli wprowadzony do programu schemat nie odzwierciedla rzeczywistej pracy zaprojektowanego układu. Np. błędnie zaprojektowany w zakresie mocowania odciąg może nie spełniać tej roli, a przekazywać w rzeczywistości siłę skupioną na konstrukcję.

Należy przyjmować właściwą dla przyjętego schematu długość wyboczeniową.



Fot. 4.4 współczynnik μ w zależności od sposobu zamocowania pręta [L17]

Wszystkie elementy należy przyjmować w projektowaniu w sposób zgodny z ich zamierzonym wbudowaniem, pracą i rysunkami, a potem wykonać zgodnie z projektem.

Poniżej, na prostym przykładzie łąty, zobrazowana została sytuacja możliwości niespełnienia warunków stanu granicznego nośności przez element teoretycznie posiadający projektowane parametry przekroju, ale zamontowany jako obrócony o 90° w stosunku do przyjętego w obliczeniach.

- łąty często opisywane są w projektach jako przekrój np. 40x60 mm – i taki przekrój przyjmowany jest do obliczeń. Opisywana sytuacja zauważalna jest nawet w konspektach przekazywanych studentom, stąd poruszenie tej kwestii uznane zostało za istotne.

Przyjmijmy hipotetycznie tylko czyste zginanie w jednej płaszczyźnie momentem zginającym 316 000 Nmm oraz obciążenia średniotrwałe, klasa C18.

Wskaźnik wytrzymałości stosowany w obliczeniach dla przekroju 40x60 mm:

$$W = \frac{40 \cdot 60^2}{6} = 24\,000 \text{ mm}^3$$

Zakładając klasę drewna C18 i uwzględniając k_h

$$k_h \text{ przy wys. przekroju 60 mm, przyjmujemy mniejszą z wartości } \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{150}{60}\right)^{0,2} = 1,2 \\ 1,3 \end{array} \right\}$$

$$f_{m,0,d,y} = \frac{18 \cdot 0,8}{1,3} \cdot 1,2 = 13,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{316\,000}{24\,000} = 13,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 13,16 \text{ MPa} < 13,29 \text{ MPa}$$

Tymczasem łąta z reguły montuje się szerszym bokiem do krokwi, stąd przekrój w położeniu faktycznej pracy będzie miał wskaźnik wytrzymałości

$$W = \frac{60 \cdot 40^2}{6} = 16\,000 \text{ mm}^3$$

$$k_h \text{ przy wys. przekroju 40 mm, przyjmujemy mniejszą z wartości } \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{150}{40}\right)^{0,2} = 1,3 \\ 1,3 \end{array} \right\}$$

$$f_{m,0,d,y} = \frac{18 \cdot 0,8}{1,3} \cdot 1,3 = 14,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,y} = \frac{316\,000}{16\,000} = 19,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 19,75 \text{ MPa} > 14,4 \text{ MPa}$$

Tak więc łąta obliczona jako 40x60 mm, a zamontowana jako 60x40 mm nie spełni warunków stanu granicznego nośności. To tylko przykład dotyczący drugorzędowego elementu konstrukcyjnego, ale obrazuje, co stanie się, jeśli w jakimkolwiek zakresie rysunki lub wykonawstwo nie będą jednoznaczne i spójne z obliczeniami.

- Schemat pracy łąty przyjmowany jest zwykle jako dwu- lub wieloprzęsłowy. Jeśli nie podkreślimy tego faktu na rysunkach i w specyfikacji, a wykonawca w dążeniu do źle pojętych oszczędności (np. wykorzystując pozostałości z poprzedniej budowy), wbuduje elementy jednoprzęsłowe – również może wystąpić przekroczenie stanów granicznych. Patrz też przykład 2-3-1 w [L17], gdzie wykazano, że w przypadku zamontowania elementów jednoprzęsłowych zamiast projektowanych dwuprzęsłowych, nastąpi przy przyjętych w przykładzie warunkach przekroczenie stanu granicznego nośności o 15%.

Przywołana w rozdziale klasa użytkowania oprócz doboru wyrobów, ma niebagatelny wpływ na kwestie projektowe.

W przypadku błędnego jej założenia nie będą spełnione warunki stanów granicznych. Jeśli zaś błędne przyjęcie 1. klasy użytkowania zamiast 3. zostanie wykryte już po etapie przetargu i po podpisaniu umowy – wykonawca i inwestor postawieni zostaną w sytuacji, w której:

- objętość drewna (a więc i jego cena) wzrosną o kilkanaście – kilkadziesiąt procent,
- wzrosną koszty transportu większej masy drewna,
- zwiększy się wysokość całkowita obiektu lub zmniejszy się jego wysokość użytkowa (jeśli wysokość zaprojektowanego z uwzględnieniem poprawnej klasy użytkowania dźwigara wzrośnie np. o 10 cm, to o te 10 cm albo wzrośnie wysokość całkowita, albo zmniejszy się wysokość użytkowa obiektu)

Obrazuje to poniższy przykład, pochodzący z pracy inżynierskiej [L44]

Dobór klasy użytkowania obiektu wiąże się z przyjmowaniem do obliczeń odpowiednich wartości współczynników modyfikujących: współczynnik k_{mod} wpływający na parametry wytrzymałości materiału, oraz k_{def} modyfikujący odkształcenie.

W przytaczanym poniżej przykładzie analizowano obliczenia elementów hali z drewna klejonego – płatew, dźwigar dwutrapezowy oraz słup. Przeprowadzono obliczenia w 1 i w 3 klasie użytkowania przy założeniu tych samych wymiarów przekroju. Jedyną różnicą była dopuszczalna grubość lameli, która dla 1 i 2 klasy użytkowania wynosi 45 mm, natomiast dla 3 klasy jest to 35 mm.

Płatew

Tablica 4.2 Analiza przekroju 140mm x 315mm w 1 i 3 klasie użytkowania

	1 klasa użytkowania	3 klasa użytkowania
k_{mod}	0,9	0,7
k_{def}	0,6	2
Wyężenie	68%	88%
stateczność	spełniona	spełniona
Ugięcie	27,8mm - spełnione	41,9mm – niespełnione!

W przypadku płatwi warunkiem, który nie został spełniony, było przekroczenie stanu granicznego użytkowania. Wartość współczynnika k_{mod} zmienia swoją wartość z 0,6 na 2, co przy założonych parametrach miało decydujące znaczenie. Aby spełnić wszystkie stany graniczne, konieczne było zwiększenie przekroju płatwi w 3 klasie użytkowania o dodatkową lamelę.

Na podstawie prostego przykładu widać, że założenia poczynione do projektowania elementu w 1 klasie użytkowania, w dodatku założenia pozostawiające duży zapas nośności (wyężenie poniżej 70%) nie wystarczyły, by spełnić wszystkie stany graniczne w przypadku zastosowania tej samej płatwi w obiekcie o 3 klasie użytkowania.

Dźwigar dwutrapezowy

Podczas analizy jako kryterium porównawcze przyjęto wyężenie w przekroju, w którym występują maksymalne naprężenia zginające. Dla 1 klasy użytkowania to wyężenie założono na poziomie 90%.

Tablica 4.3 Zestawienie porównawcze wyężenia przekroju dobranego dla 1 klasy użytkowania w 1 oraz w 3 klasie użytkowania. Przekrój 190*(1370-2119-1370)

	1 klasa użytkowania	3 klasa użytkowania
naprężenia w przekroju niebezpiecznym	90%	111%
Naprężenia w kalenicy	82%	101%
Naprężenia w kalenicy – rozciąganie prostopadle do włókien	78%	97%
Ugięcie	14,78cm przy dop. 15cm	24,6cm przy dop. 15cm

W przypadku dźwigara dwutrapezowego, przy zastosowaniu tych samych parametrów przekroju, w 3 klasie użytkowania nie spełnione zostały ani stany graniczne nośności, ani użytkowania. Aby osiągnąć wyężenie w obu przypadkach, w 1 i 3 klasie użytkowania, na poziomie 90%, zwiększono parametry przekroju dla dźwigara w klasie 3.

W analizowanym przykładzie dostosowanie płatwi do 3 klasy użytkowania wiązało się ze wzrostem zużycia drewna o 22%. W przypadku dźwigara, czyli głównej konstrukcji analizowanej hali, wzrost zużycia materiału wyniósł 20%. Konieczność wprowadzenia tego typu poprawek już po etapie przetargu, podczas realizacji, to już dość znacząca i kosztowna różnica.

Tablica 4.4 Zestawienie ostatecznie dobranych przekrojów

	1 klasa użytkowania	3 klasa użytkowania
Parametry przekroju	190*(1370-2119-1370)	215*(1470-2219-1470)
naprężenia w przekroju niebezpiecznym	90%	90%
Naprężenia w kalenicy	82%	83%
Naprężenia w kalenicy – rozciąganie prostopadle do włókien	78%	83%
Ugięcie	14,78 cm przy dop. 15 cm	8,7 cm przy dop. 15 cm po zastosowaniu przeciwstrzałki 10 cm
objętość elementu	9,944 m ³ (100%)	11,897 m ³ (120%)

Detale i rozwiązania

Projektowanie musi uwzględniać wszystkie elementy konstrukcji i ich połączenia. Jak już wskazano, to połączenia często determinują parametry przekroju z uwagi na konieczność uwzględnienia normowych rozstawów, a te zależą od średnic dobranych w projektowaniu łączników oraz od rodzaju łączników. W rozdziale 8 Eurokodu 5 zawarte zostały Tablice, zawierające wymagania dla poszczególnych rodzajów łączników. Konieczność uwzględniania w projektowaniu połączeń wszystkich postanowień rozdziału 8 EC5 oraz sporządzania kompletnych rysunków w tym zakresie ma niebagatelne znaczenie dla bezpieczeństwa użytkowania. Brak projektu połączeń i węzłów, a tym samym zezwolenie na przypadkowe wykonanie połączeń przez wykonawców jest jedną ze złych praktyk, mogących skutkować stanem awaryjnym i niewłaściwą pracą konstrukcji. Patrz też Rozdział 7.

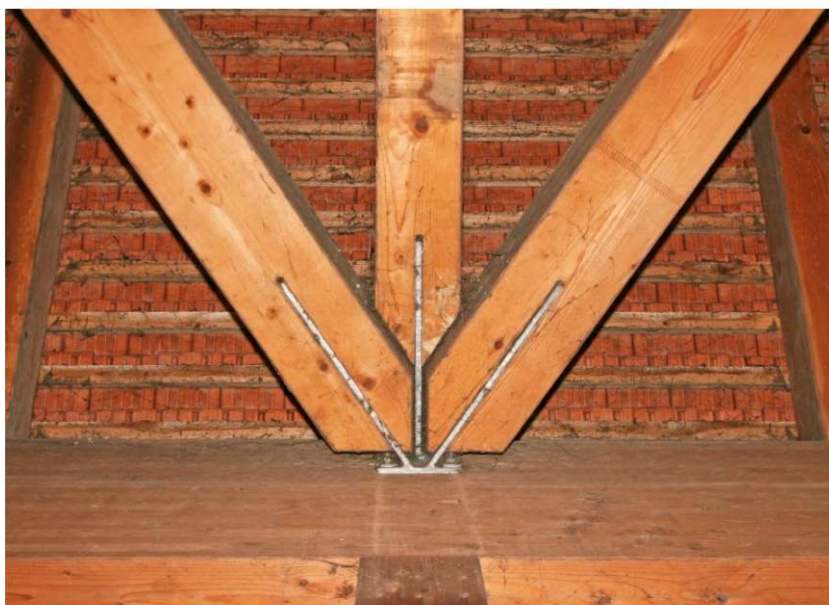
Połączenia to przecież nie tylko dawne złącza ciesielskie (fot. 4.5), ale również mniej lub bardziej skomplikowane połączenia współczesne, projektowane indywidualnie na potrzeby określonego obiektu (fot. 4.6 i 4.7) czy węzły podporowe (fot. 4.8).



Fot. 4.5 Tradycyjne połączenia ciesielskie (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 4.6 Detal połączenia (fot. P.Sulik)



Fot. 4.7 Detal połączenia krytego (fot. E. I. Kotwica)

Projektując węzły podporowe należy zapewnić, przyjmując odpowiednie rozwiązanie, zgodność pracy z przyjętym schematem statycznym i określeniem węzłów w programie.

Należy zdawać sobie sprawę, że węzeł przegubowy w przypadku np. braku zapewnienia obrotu czy nie osiowego usytuowania może zatracić charakter pracy projektowanego przegubu, a w najlepszym przypadku rezultatem będą spękania w okolicy połączenia.

Pamiętać należy też o zaprojektowaniu wszystkich węzłów kratownic, jak i wszystkich połączeń montażowych. Jak już wskazano w Rozdziale 4.2 – połączenia mogą determinować parametry przekroju. Parametry geometryczne przekroju mogą ulec zwiększeniu ze względu na konieczność usytuowania w połączeniu liczby łączników wynikającej z obliczeń i zachowania normowych odstępów.



Fot. 4.8 Detal przegubowego węzła podporowego (fot. P.Sulik)

Szczególnym rodzajem węzłów są zamocowania ściąгов. Przy projektowaniu należy uwzględnić również postanowienia punktu 8.1.4 EC5 – czyli należy uwzględnić możliwość pęknięcia drewna wskutek działania składowej siły rozciągającej, prostopadłej do włókien z racji na to, że zamocowanie ściągu wpisuje się w przypadek złącza obciążonego siłą działającą pod kątem do włókien. Analiza stosowanych rozwiązań projektowych wskazuje, że aspekt ten jest traktowany w projektowaniu po macoszemu – bardzo często pomijany. Tymczasem po wykonaniu konstrukcji ze ściągiem, którego zamocowania nie zaprojektowano kompleksowo, bardzo szybko może okazać się, czy zastosowano rozwiązanie poprawne. Jeśli warunek związany z nośnością na pęknięcie nie będzie spełniony zgodnie ze wskazanym punktem 8.1.4 EC5 – na linii ostatnich łączników pojawi się spękanie (fot. 4.9). Niestety, w takim przypadku koszty naprawy są wysokie.



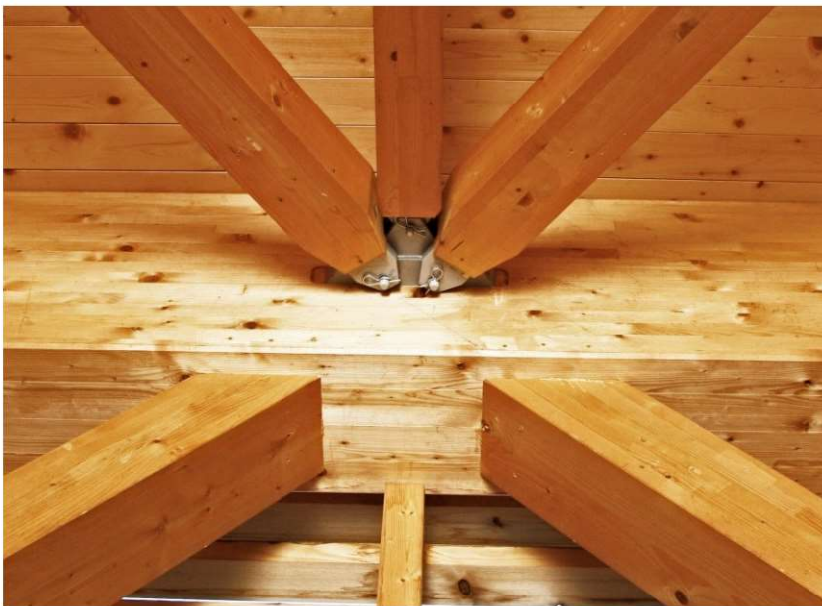
Fot. 4.9 Błędne mocowanie ściągu skutkujące spękaniami w osi ostatnich łączników (fot. R. Orłowicz)

Połączenia montażowe muszą zostać zaprojektowane w każdym przypadku, gdy zaprojektowana konstrukcja swoimi gabarytami przekracza w sposób znaczny skrajnię lub długość pozwalającą na bezproblemowy transport.

Tymczasem – znowu odwołując się do doświadczeń własnych autorów trzeba stwierdzić, że w polskich projektach zdarzały się rysunki konstrukcji drewnianej nawet o długości transportowej około 30 m oraz szerokości transportowej około 11 m. Przywołany „projekt” nie zawierał nawet jednego rozwiązania węzłów oraz połączeń montażowych. Jeśli zważymy, że szerokość pasa ruchu np. na drogach klasy GP i G wynosi 3,5 m (czyli szerokość dwukierunkowej, jednojezdniowej drogi to 7 m) – to w przypadku braku podziału szerokość konstrukcji jest znacznie szersza niż szerokość drogi. Brak przewidzenia połączeń montażowych w projekcie (zarówno w obliczeniach i na rysunkach) może skutkować sytuacją awaryjną, jeśli podział elementu na czas transportu zostanie wykonany w przypadkowych miejscach przez producenta, bez uwzględnienia warunków pracy, a potem połączenia zostaną wykonane równie przypadkowo przez wykonawcę.

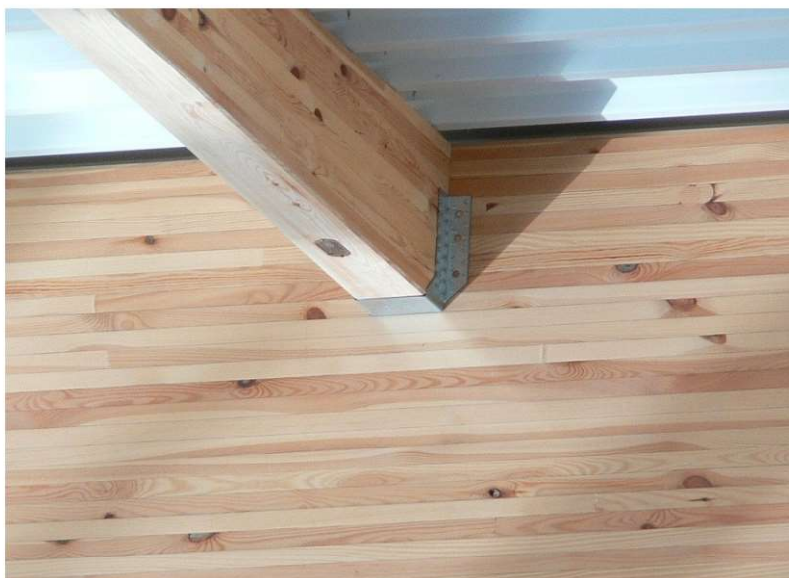
Kolejnym aspektem niezbędnym do uwzględnienia w projekcie są wzmocnienia. Stosuje się je np. w przypadku stref podporowych, kalenicowych, naroży czy okolic otworów. Jeśli z obliczeń wynika konieczność wzmocnienia – do projektanta należy przeprowadzenie stosownych obliczeń i podanie, również w postaci rysunków, zastosowanych elementów wzmocnień, ich długości oraz rozstawów.

W projektowaniu konstrukcji drewnianych należy uwzględnić pracę przestrzenną obiektu. Integralną częścią projektu są też stężenia pionowe, połaciowe i tężniki. Mogą być projektowane jako wykonane z drewna lub stali. W projekcie niezbędne jest więc zawarcie obliczeń i rysunków w tym zakresie. Brak rozwiązań w zakresie rozmieszczenia, parametrów i sposobu mocowania, a co za tym idzie – wymuszanie na wykonawcy samodzielnego podejmowania decyzji w tym zakresie, prowadzi do zagrożenia bezpieczeństwa. Patrz też Rozdział 7.



Fot. 4.10 Detal połączenia stężeń pionowych i poziomych (fot. E. I. Kotwica)

Rolę tężników mogą pełnić płatew lub elementy drewniane usytuowane tylko przy górnej krawędzi dźwigarów (fot.4.11) lub z wykonstruowanymi dodatkowo mieczami celem stężenia całej wysokości przekroju (fot. 4.12) albo tężniki kratowe (fot. 4.13). Stężenia wiatrowe mogą stanowić skratowania stalowe, wykonywane jako systemowe lub indywidualnie projektowane, albo też z drewna (fot. 4.14).



Fot. 4.11 Płatew (fot. P.Sulik)



Fot. 4.12 Tężniki drewniane z mieczami, skratowanie wiatrowe stalowe (fot. P.Sulik)



Fot. 4.13 Tężniki drewniane kratowe (fot. P.Sulik)



Fot. 4.14 Stężenia wiatrowe drewniane (fot. E. I. Kotwica)

Rozdział 5. Rozwiązania stosowane w budownictwie drewnianym

Budownictwo drewniane obejmuje bardzo szeroki zakres realizowanych obiektów. Mogą być to domy jedno-i wielorodzinne o różnym stopniu prefabrykacji lub wykonywane w całości na placu budowy. (np. Fot. 5.1).



Fot.5.1. Budynek wielorodzinny w Leoben, w Austrii (fot. P. Sulik)

Z drewna można zbudować różnorodne obiekty o zróżnicowanym stopniu skomplikowania. Mogą być to proste ekrany akustyczne (Fot. 5.2) czy elementy małej architektury (Fot. 5.3).



Fot.5.2. Ekrany akustyczne (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 5.3. Drewniane ławki (fot. E.I. Kotwica)

Z drewna mogą być wykonywane konstrukcje obiektów sportowych (Fot. 5.4), mostowych (Fot. 5.5 i 5.6), sakralnych (Fot. 5.7 i 5.8) i wielu innych. Warto zwrócić uwagę na to, że niektóre z obiektów o konstrukcji drewnianej powstały wiele lat temu, a mimo to nadal bezawaryjnie służą ludziom – i nie są to tylko małe objekty. Konstrukcja z drewna klejonego, przekrywająca dworzec kolejowy w Malmö (Fot. 5.9), została zamówiona i wyprodukowana w 1923 roku. Tu warto pokazać, że również w Polsce drewno wykorzystywane jest w obiektach kolejowych – np. fot. 5.10.



Fot. 5.4. Basen w Szczecinku (fot. E.I. Kotwica)



Fot.5.5. Drewniany most z 1781 roku o całkowitej długości 66 m, Austria, Panzerdorf (fot. P. Sulik)



Fot. 5.6 Most Neumatt Szwajcaria. Rozpiętość 59 m, 2013 r. (fot. E.I. Kotwica)



Fot.5.7. Kościół w Boguszy – dawniej Cerkiew św. Dymitra, 1856 r. (fot. E. I. Kotwica)



Fot.5.8 Kościół w Łodzi, rozpiętość 18,5 m (fot. E.I. Kotwica)



Fot.5.9. Dworzec kolejowy w Malmö, konstrukcja z 1923 r. (fot. E. I. Kotwica)



Fot.5.10. Zadaszenie peronu w Oławie (fot. P. Sulik)

5.1 Rozwiązania stosowane w budownictwie drewnianym

Obiekty o konstrukcji drewnianej mogą być wykonywane w całości na placu budowy, co w Polsce – w przeciwieństwie do innych krajów, dzieje się relatywnie często. W takim przypadku na budowę dostarczane są elementy konstrukcyjne o wymiarach przekrojów zgodnych z projektem, a wszelkie docięcia, zacięcia i otwory wykonywane są na budowie. Z punktu widzenia wykonawczego prowadzenie wszystkich tego rodzaju prac na placu budowy wiąże się z dużym ryzykiem. Występuje bowiem możliwość zaistnienia błędów i niedokładności, a konieczność wykonywania znacznej części prac przygotowawczych do montażu „pod gołym niebem” powoduje, że elementy konstrukcji drewnianej narażone są na (często długotrwałe) ekspozycje na opady atmosferyczne oraz promieniowanie UV. Decydując się na przyjęcie zlecenia dotyczącego budowy obiektu o konstrukcji drewnianej, który ma być wykonywany

w całości na budowie, warto sprawdzić, czy na placu budowy możliwe będzie wykonanie zadaszego obszaru roboczego, jak i zweryfikować możliwość składowania drewna przeznaczonego do obróbki w odpowiednich warunkach. Oczywiście te czynności, związane z organizacją placu budowy, trzeba też uwzględnić w wycenie. Warto też jednoznacznie zwrócić inwestorowi uwagę na konieczność właściwego zorganizowania pracy przy wykonawstwie całości obróbki drewna na budowie, co pociąga za sobą określone koszty i wydłuża czas realizacji. Trzeba zdawać sobie sprawę, że im dłuższy czas ekspozycji niezabezpieczonego drewna na warunki atmosferyczne, tym większe prawdopodobieństwo utraty deklarowanej przez producenta klasy wytrzymałości. Spękania i wypaczenia, które powstają w wyniku długotrwałej, niekontrolowanej ekspozycji na słońce i deszcz, wpływają bowiem negatywnie na wytrzymałość drewna. Czas budowy przy wykonywaniu wszystkich prac na placu budowy jest dłuższy niż przy częściowej lub całkowitej prefabrykacji. W krajach, w których budownictwo drewniane jest znacznie bardziej popularne niż u nas, większość budynków drewnianych wykonywanych jest jako prefabrykowane.

Prefabrykacja pozwala na łatwiejszy i szybszy montaż, a jednocześnie zapewnia powtarzalność i większą dokładność wykonywanych docięć czy zacięć oraz otworów. Im większy stopień prefabrykacji, tym szybszy jest montaż, niemniej stopień prefabrykacji często zdeterminowany jest dostępnością do placu budowy. Dlatego w przypadku przygotowywania realizacji obiektu prefabrykowanego niezbędne jest zweryfikowanie, czy na plac budowy na pewno można dostarczyć określone projektowo gabaryt. Jest to oczywiście bardziej rola projektanta, który powinien taką weryfikację przeprowadzić przed wyborem rozwiązania – ale przezorność nakazuje, by również i wykonawcy o tym pamiętali – i to na odpowiednio wczesnym etapie. Z doświadczenia autorów wynika, że nie zawsze projektant zwraca uwagę na to, czy droga dojazdowa lub sam wjazd umożliwiają wprowadzenie na budowę auta z ponadgabarytowym ładunkiem.

Prefabrykacja może uwzględniać:

- Dostawę opisanych odpowiednio, dociętych elementów składowych konstrukcji z nawierconymi lub nie otworami, do zmontowania na placu budowy w oparciu o projekt. Przypadek ten dotyczy zarówno budownictwa szkieletowego, jak i słupowo-ryglowego.
- Dostawę prefabrykowanych paneli ściennych i stropowych wykonanych w konstrukcji szkieletowej lub jako masywne elementy (z drewna klejonego krzyżowo CLT lub drewna klejonego warstwowo).
- Dostawę gotowych przegród wykonanych w konstrukcji szkieletowej lub jako masywne elementy (z drewna klejonego krzyżowo CLT lub drewna klejonego warstwowo).
- Dostawę gotowych modułów.

Generalnie budownictwo drewniane prefabrykowane charakteryzuje się fabrycznym przygotowaniem elementów budynku, które na budowie są tylko montowane. Stopień tej prefabrykacji jest zróżnicowany, a na jego zaawansowanie mają wpływ zarówno kwestie kosztów, jak i możliwości dostawy i montażu. Ogólnie można wyróżnić trzy podstawowe systemy:

- Układy słupowo-ryglowe z belkowymi stropami. Mogą być wykonywane z drewna litego czy drewna na złącza klinowe przy mniejszych obciążeniach i rozpiętościach (typowe budownictwo szkieletowe) lub z drewna klejonego warstwowo przy rozpiętościach większych. Oprócz układów typowo słupowo-ryglowych mogą być projektowane również układy słupowo-stropowe. Dodatkowo projektowane są systemy stężeń w postaci np. ścian usztywniających, skratowań drewnianych lub stalowych, itp. Stropy wykonuje się z płyt LVL z uźebrowaniem, płyt CLT lub jako hybrydowe, drewniano-żelbetowe.

W przypadku prefabrykacji elementy konstrukcji przygotowywane i docinane są w warunkach fabrycznych i dostarczane w pakietach, ponumerowane tak, by mógł być przeprowadzony bezproblemowy montaż. Przykładem obiektów o konstrukcji w postaci słupów i belek z drewna klejonego warstwowo ze stropami z płyt LVL o krzyżowym układzie arkuszy, uźebrowanych belkami z drewna klejonego warstwowo (prefabrykowanymi) są wielopiętrowe obiekty mieszkalno-usługowe w Bergen (14 kondygnacji) i najwyższy na świecie, 18-kondygnacyjny budynek w Brumunddal (85,4 m). W tym ostatnim dzięki odpowiedniemu zaprojektowaniu elementów i połączeń uzyskano odporność ogniową R120.



Fot.5.11. 18-kondygnacyjny budynek Mjøstårnet w Brumunddal na etapie montażu (fot. T. Birgersson)

- Prefabrykowane ściany nośne i prefabrykowane stropy jako bardziej zaawansowaną opcją budownictwa szkieletowego (czyli z zastosowaniem konstrukcji opartej na słupach i belkach, ale zespolonych w gotowe elementy stropowe i ściennie w warunkach fabrycznych) lub wykonywane jako lite – z drewna klejonego krzyżowo albo z drewna klejonego warstwowo. Elementy płytowe i stropowe mogą być wykończone w warunkach fabrycznych (izolacja, poszycie płytą i rozprowadzenie instalacji) lub dostarczane jako gotowy element konstrukcyjny do wykonania izolacji, instalacji i obicia płytą na placu budowy podczas montażu. Wykonywane są też prefabrykaty w postaci paneli, które składane są na podobieństwo klocków na placu budowy. Rozwiązanie z zastosowaniem paneli warto brać pod uwagę w sytuacji ograniczonych możliwości dojazdu do budowy – czyli w sytuacji, gdy np. nie ma możliwości dojazdu samochodów z pełnowymiarowymi ścianami i stropami lub możliwości rozładunku/manewrowania tak dużymi prefabrykatami.



Fot. 5.12 Prefabrykacja stropu o konstrukcji szkieletowej (fot. P. Sulik)

- Budownictwo modułowe stanowi najbardziej zaawansowaną formę budownictwa szkieletowego.



Fot.5.13 Montaż modułowego budynku wielorodzinnego przez polskiego producenta w Norwegii (fot. z archiwum Stowarzyszenia Energooszczędne Domy Gotowe)

Są to przestrzenne, prostopadłocienne elementy, powstałe w wyniku fabrycznego połączenia prefabrykowanych elementów stropowych i ściennych. Wykonywane są w wielu wersjach wykończenia – od wykończonych tylko płytami po gotowe do zamieszkania, wykończone wewnątrz i na zewnątrz, z rozprowadzonymi instalacjami, białym montażem, itp.



Fot.5.14 Montaż jednorodzinnego budynku modułowego (fot B. Jaworski)

Oprócz powyżej wymienionych należy wspomnieć jeszcze o domach z bali, które właściwie zaprojektowane i wykonane również z powodzeniem spełniają rolę obiektów całorocznych.



Fot. 5.15 Centrum handlowo-usługowe w Nowym Targu (fot. P. Sulik)

Rozdział 6. Wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego na etapie projektu, wykonawstwa

6.1 Wprowadzenie

Z projektowego punktu widzenia, w przypadku bezpieczeństwa pożarowego należy przede wszystkim zaprojektować obiekt budowlany zgodnie z wymaganiami stawianymi przez przepisy, zwracając szczególną uwagę na zagadnienia z zakresu reakcji na ogień, odporności ogniowej i rozprzestrzeniania ognia. Detale, które w przypadku innych wymagań mogą być nieistotne, często w przypadku zagadnień pożarowych odgrywają kluczową rolę i gwarantują założony poziom bezpieczeństwa. Dobrym przykładem jest sposób mocowania okładzin do konstrukcyjnych elementów drewnianych. W tym przypadku integralność układu „element drewniany – okładziny” zapewniają łączniki mechaniczne, wkręty lub zszywki, których długość musi być odpowiednio dobrana. Z mechanicznego punktu widzenia, w normalnej sytuacji użytkowania, może być ona wystarczająca, jednak w sytuacji pożarowej należy pamiętać, że wierzchnia warstwa drewna podczas pożaru może ulec zwęgleniu nawet przez okładzinę. Dlatego też, żeby zachować nośność łącznika musi on być zamocowany głębiej, w niezwęglonej warstwie drewna, co oznacza większą jego długość i powinno zostać uwzględnione podczas projektowania. Tego typu przykładów jest więcej, niemniej zanim zostaną one omówione, poniżej przedstawiono wymagania z uwagi na warunki pożarowe stawiane budynkom i obiektom budowlanym.

Obiektom budowlanym oraz ich poszczególnym częściom stawiane są wymagania podstawowe określone w załączniku I Rozporządzenia [1], do których zalicza się: nośność i stateczność; bezpieczeństwo pożarowe; higienę, zdrowie i środowisko; bezpieczeństwo użytkowania i dostępność obiektów; ochronę przed hałasem; oszczędność energii i izolacyjność cieplną oraz zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych. Wymagania te dotyczą zamierzonego przeznaczenia obiektu budowlanego lub jego części, przez cały cykl życia obiektu, biorąc pod uwagę przede wszystkim zdrowie i bezpieczeństwo osób mających z nim kontakt przez gospodarczo uzasadniony okres użytkowania.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego, obiekty budowlane muszą być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby w przypadku wybuchu pożaru:

- nośność konstrukcji została zachowana przez określony czas;
- powstawanie i rozprzestrzenianie się ognia i dymu w obiektach budowlanych było ograniczone;
- rozprzestrzenianie się ognia na sąsiednie obiekty budowlane było ograniczone;
- osoby znajdujące się wewnątrz mogły opuścić obiekt budowlany lub być uratowane w inny sposób;
- uwzględnione było bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

Dokumentem wykonawczym do europejskiego Rozporządzenia [1] jest krajowe Rozporządzenie warunki techniczne [2], które w dziale „VI. Bezpieczeństwo pożarowe”, podają szczegółowe wymagania w omawianym zakresie. Z budowlanego punktu widzenia jest to kluczowy akt prawny w zakresie bezpieczeństwa pożarowego dla projektanta. Akt ten określa m.in podstawowe definicje wykorzystywane na potrzeby Rozporządzenia oraz wskazuje podział

budynków na 4 grupy wysokości (N – niskie, ŚW – średniowysokie, W – wysokie i WW – wysokościowe). Ważny w kontekście rozważań jest podział budynków ze względu na sposób ich użytkowania. Zgodnie z kryteriami zawartymi w Rozporządzeniu [2] możemy podzielić budynki na mieszkalne, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej charakteryzowane kategorią zagrożenia ludzi (ZL) Wyróżniamy też budynki produkcyjne i magazynowe oznaczone symbolem PM oraz inwentarskie, służące do hodowli inwentarza, oznaczone literą I.

W grupie budynków ZL możemy wyróżnić pięć kategorii:

- ZL I – zawierające pomieszczenia przeznaczone do jednoczesnego przebywania ponad 50 osób niebędących ich stałymi użytkownikami, a nieprzeznaczone przede wszystkim do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się, przykładem takiego obiektu może być hala widowiskowo-sportowa z drewnianymi, klejonymi dźwigarami, centrum handlowe, kino czy teatr;
- ZL II – przeznaczone przede wszystkim do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się, takie jak szpitale, żłobki, przedszkola, domy dla osób starszych;
- ZL III – użyteczności publicznej, niezakwalifikowane do ZL I i ZL II, np. budynek biurowy, mniejsze restauracje czy sklepy;
- ZL IV – mieszkalne, czyli przede wszystkim wielokondygnacyjne bloki, oraz
- ZL V – zamieszkania zbiorowego, niezakwalifikowane do ZL I i ZL II, np. część mieszkalna hotelu, pensjonaty, domy wczasowe.

Natomiast podział kategorii PM jest zrealizowany poprzez występującą w pomieszczeniu gęstość obciążenia ogniowego. Możemy wyróżnić budynki PM, gdzie występujące obciążenie ogniowe jest mniejsze od 500 MJ/m^2 . W takim przypadku wymagania w zakresie ochrony przeciwpożarowej są najniższe. Najbardziej restrykcyjne wymagania występują w budynkach PM, gdzie projektowane obciążenie ogniowe będzie większe niż 4000 MJ/m^2 oraz będzie występowało pomieszczenie zagrożone wybuchem.

Szczególną uwagę należy zwrócić również na to, kiedy Rozporządzenie [2] należy stosować w kontekście wymagań dotyczących ochrony przeciwpożarowej. Co do zasady Rozporządzenie to dotyczy przypadków projektowania budynków. Podkreślenia wymaga tu fakt, że wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego są w tym akcie prawnym traktowane ze szczególną uwagą i mogą być także obowiązujące względem budynków istniejących, w których stwierdzony zostanie stan zagrożenia życia ludzi.

Niejako miarą restrykcji w zakresie wymagań przeciwpożarowych jest przyporządkowanie danemu budynkowi klasy odporności pożarowej. Parametr ten determinuje wartość odporności ogniowej poszczególnych elementów budynku. Głównym kryterium w zakresie określania klasy odporności pożarowej (mamy 5 klas od A do E) dla budynków ZL jest wysokość, liczba kondygnacji i kategoria zagrożenia ludzi. Natomiast w budynkach PM tym kryterium będzie wysokość oraz przewidywane obciążenie ogniowe. Najwyższa klasa odporności pożarowej A jest przewidziana dla budynków WW (ZL) z wyjątkiem budynków mieszkalnych, gdzie przepisy dopuszczają zaprojektowanie takiego budynku w klasie B. Odnosząc się do budynków PM, klasa A odporności pożarowej jest wymagana dla obiektów, w których projektowana gęstość obciążenia ogniowego jest większa niż 4000 MJ/m^2 bez względu na wysokość budynku, przy czym nie można budować przy takim obciążeniu ogniowym budynków wyższych niż średniowysokie.

Konsekwencją przyjęcia odpowiedniej klasy odporności pożarowej budynku jest właściwe przyporządkowanie klasy odporności ogniowej poszczególnym elementom budynku. Projektując budynek w klasie A odporności pożarowej, trzeba spełnić najbardziej wyśrubowane wymagania w zakresie odporności ogniowej elementów budynku. Odpowiednio dla budynku zaliczanego do klasy E odporności pożarowej elementy te będą, przynajmniej teoretycznie, zwolnione z wymagań dotyczących odporności ogniowej. Klasy odporności ogniowej elementów związane są zarówno z czasem działania na element pożaru standardowego, wyrażonym w minutach (np. 30, 60, 120 czy 240), jak i kryteriami odporności ogniowej, wśród których najpowszechniej wymagana jest nośność ogniowa R, szczelność ogniowa E oraz izolacyjność ogniowa I. Kryteria te są szczegółowo opisane w normie klasyfikacyjnej [N16].

Kolejnym ważnym elementem jest określenie palności materiału z uwagi na fakt występowania przepisów w Rozporządzeniu [2], które nie pozwalają na stosowanie w wybranych przypadkach materiałów palnych np. w oddzieleniach przeciwpożarowych, na schodach ewakuacyjnych. Kwestie palności, ale i innych określeń (np. trudno zapalny, niekapiący) stosowanych w Rozporządzeniu [2] opisane są w załączniku 3, w którym przypisano je do Euroklas, tab. 1 wg normy klasyfikacyjnej [N15].

Tablica 6.1. Na podstawie Załącznika 3 do Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [2]

Wyroby budowlane z wyłączeniem posadzek – w tym wykładzin podłogowych				
Określenie dotyczące palności stosowane w Rozporządzeniu [2]		Klasyfikacja wg PN-EN 13501-1 [N15]		
		Klasa podstawowa	Klasy dodatkowe w zakresie	
			Wydzielanie dymu	Występowanie płonących kropli/cząstek
Niepalne		A1	-	-
		A2	s1, s2, s3	d0
		A2	s1, s2, s3	d1, d2
	Niezapalne	B	s1, s2, s3	d0, d1, d2
Palne	Trudno zapalne	C	s1, s2, s3	d0, d1, d2
		D	s1	d0, d1, d2
	Łatwo zapalne	D	s2, s3	d0, d1, d2
		E	-	-
		E	-	d2
Niekapiące		A1	-	-
		A2, B, C, D	s1, s2, s3	d0
Samogasnące		co najmniej E	-	-
Intensywnie dymiące		A2, B, C, D	s3	d0, d1, d2
		E	-	-
		E	-	d2
-		F	Właściwości nieokreślone	

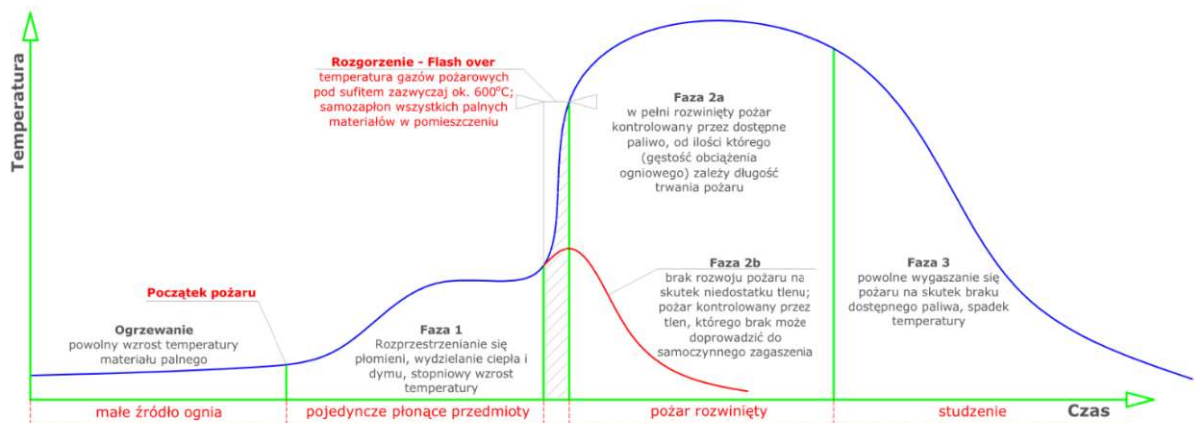
Z innych istotnych zagadnień Rozporządzenie [2] przedstawia wymagania z zakresu rozprzestrzeniania ognia, wentylacji pożarowej, ewakuacji, stref pożarowych i wielu innych, mających wpływ na bezpieczeństwo pożarowe budynków, przy czym, przepisy te mają w większości charakter ogólny.

Legislator przewidział kilka odrębnych procedur potwierdzania nierozprzestrzeniania ognia przez elementy w zależności od ich miejsca wbudowania. Jak wspomniano powyżej, załącznik nr 3 Rozporządzenia [2], pozwala przypisać cechę nierozprzestrzeniania ognia przez elementy budynku z wyłączeniem ścian zewnętrznych przy działaniu ognia z zewnątrz budynku. Oznacza to, że elementy wbudowane wewnątrz budynku, aby mogły być uznane za nierozprzestrzeniające ognia muszą się charakteryzować klasą reakcji na ogień, zgodnie z normą [N15]: A1; A2-s1, d0 A2-s2, d0; A2-s3, d0; B-s1, d0; Bs-2, d0 oraz Bs-3, d0 lub stanowiące wyrób o klasie reakcji na ogień, zgodnie z PN-EN 13501-1 [N15]: A1; A2-s1, d0; A2-s2, d0; A2-s3, d0; B-s1, d0; B-s2, d0 oraz B-s3, d0, przy czym warstwa izolacyjna elementów warstwowych powinna mieć klasę reakcji na ogień co najmniej E.

W przypadku oddziaływania zewnętrznego na ściany zewnętrzne stosujemy metodę badawczą opisaną w normie PN-B-02867:2013-06 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania stopnia rozprzestrzeniania ognia przez ściany [N2]. Należy pamiętać, że w chwili obecnej prowadzone są w Europie wspólne prace, nad jednolitą metodą badawczą dla wszelkiego typu elewacji. Znaczne zintensyfikowanie prac w tym zakresie nastąpiło po tragicznym pożarze Grenfell Tower w Londynie. Należy się więc spodziewać za kilka lat dosyć istotnych zmian w tym zakresie.

Podsumowując powyższe rozważania, można je zapisać w formie czterech postulatów:

- materiał z którego wykonano budynek nie powinien zwiększać obciążenia ogniowego;
- materiał lub element budowlany nie powinien być przyczyną rozprzestrzeniania się płomieni i produktów spalania;
- materiał lub element budowlany nie powinien przyczyniać się do rozgorzenia, czyli przejścia pożaru w pomieszczeniu w fazę 2a;
- przegrody wykonane z materiałów budowlanych, powinny charakteryzować się oczekiwaną klasą odporności ogniowej.



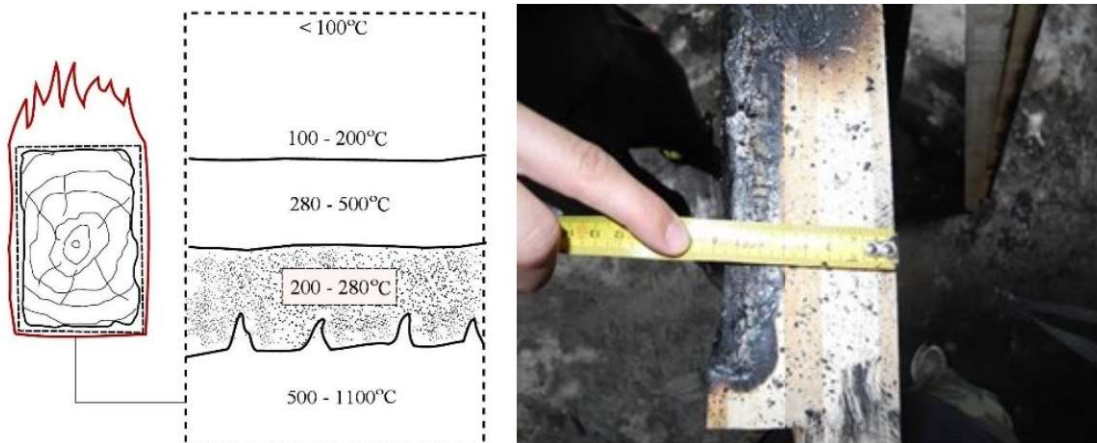
Fot. 6.1. Fazy rozwoju pożaru (rys. P. Sulik)

Rozpatrując powyższy rycinę, przedstawiającą fazy rozwoju pożaru, projektant musi sobie zdawać sprawę z różnych wymagań stawianych elementom budowlanym w różnych fazach pożaru. Rozpatrując specyfikę konstrukcji drewnianych na pewno ograniczeniem jest ich palność, co przede wszystkim ma wpływ na fazę 1 oraz ją poprzedzającą. Zdajemy sobie jednocześnie sprawę, że wymiar elementu drewnianego ma znaczenie i na pewno trudniej jest zapalić element klejony o dużym przekroju poprzecznym np. 25×100 cm i odpowiednio obrobionej powierzchni, a dużo łatwiej zapaleniu ulegnie np. łąta drewniana o przekroju 5×4 cm, która rzadko kiedy jest strugana. Ma to szczególne znaczenie podczas ogrzewania materiału palnego i czasu rozpoczęcia pożaru. Generalnie faza 1 jest związana z charakterystyką materiału lub elementu w zakresie reakcji na ogień i pośrednio rozprzestrzenianiem ognia. W przypadku pożaru rozwiniętego, wbrew pozorom większe znaczenie ma izolacyjność a nie palność materiału i dlatego też konstrukcje drewniane tak dobrze sobie radzą z tą najbardziej destrukcyjną fazą pożaru.

6.2 Zachowanie drewna w ogniu

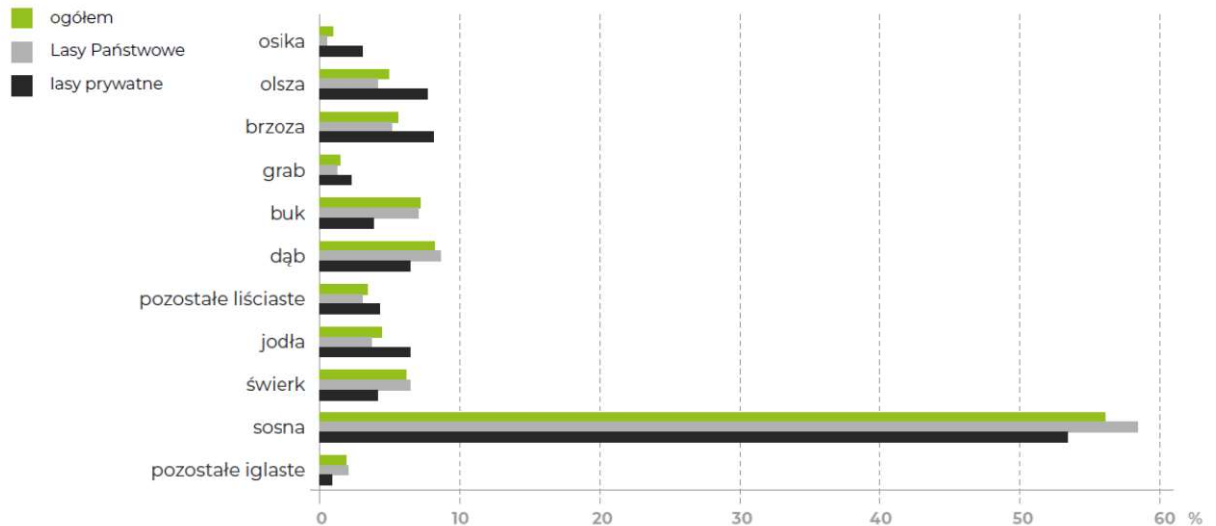
Drewno, jak wspomniano powyżej, jest materiałem palnym, przy czym jest jednocześnie dobrym izolatorem termicznym, dlatego ulega stopniowej degradacji, począwszy od powierzchni narażonej bezpośrednio na działanie ognia lub oddziaływania termicznego. W przekroju poprzecznym elementu konstrukcji drewnianej poddanego działaniu ognia wyróżnić można pewne wyodrębnione obszary, (fot. 6.2), w których występują różne temperatury i zachodzą różne procesy:

- jądro przekroju, w którym stopniowo wzrasta temperatura, nie przekraczając jednak 100°C;
- obrzeże jądra, w którym w temperaturze 100 do 200°C rozpoczyna się endotermiczny proces pirolizy połączony z wydzielaniem dużych ilości gazów;
- obszar w przedziale temperatur 200 do 280°C, w którym rozpoczyna się zwęglanie; produkty pirolizy powstają w temperaturze ponad 225°C i mogą ulec zapaleniu pod wpływem zewnętrznego płomienia;
- obszar zwęglania w temperaturze ponad 280°C, w którym drewno rozkłada się całkowicie na węgiel drzewny oraz palne i niepalne gazy;
- obszar żarzenia, w którym w temperaturze do 1100°C węgiel drzewny tli się i spala wydzielając dwutlenek węgla i inne produkty lotne.



Fot. 6.2. Zachowanie drewna w ogniu (fot. P. Sulik)

Dla większości gatunków drewna temperatura zapalenia, tzn. punkt zapłonu, waha się w granicach 250 do 300°C. Temperatura samozapalenia się (punkt zapalenia bez dostępu płomienia) waha się w granicach 330 do 470°C. W zwykłych warunkach pożar drewna następuje przeważnie od źródła ognia o temperaturze 700 do 800°C. Po ugaszeniu płomienia zachodzi często ostatni etap procesu spalania, żarzenie się drewna, przy którym następuje bezpłomiennie zwęglanie i spopielenie drewna.

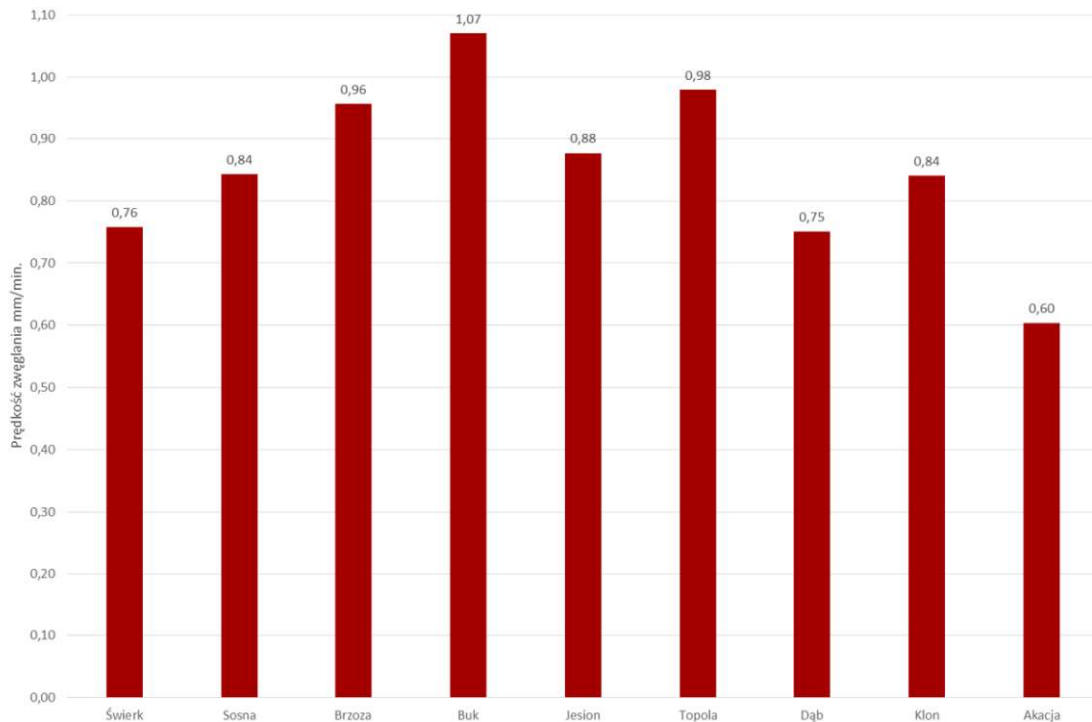


Fot. 6.3. Udział objętościowy według gatunków panujących w lasach wszystkich form własności, Lasach Państwowych i lasach prywatnych (WISL 2016–2020) [L39]

Prędkość zwęglania drewna konstrukcyjnego w pożarze rozwiniętym, wg Eurokodu [N14] waha się w przedziale 0.7-0.8 mm/min i jest zależna od rodzaju drewna: iglaste + bukowe i pozostałe liściaste; klejenia lub nie: lite lub klejone oraz gęstości, gdzie wartościami granicznymi są 290 kg/m³ i 450 kg/m³, co oznacza, że typowa deska o grubości 1 cala (~2.5 cm), w przypadku oddziaływania ognia z jednej strony, będzie potrzebowała od 32 do 36 minut do całkowitej degradacji.

Może się również zdarzyć przypadek, że ze względów estetycznych, np. z uwagi na rysunek i barwę słoju, element drewniany na zewnątrz jest wykończony innym rodzajem drewna, w tym drewna egzotycznego. Taka ozdobna, ale palna warstwa, wbrew pozorom stanowi doskonałą izolację ogniochronną dla zasadniczej warstwy nośnej, przy czym należy brać pod uwagę fakt, że może się ona charakteryzować inną prędkością zwęglania. Pomimo przyjętego w Eurokodzie [N14], uśrednionego poziomu prędkości zwęglania, jak wykazały badania, zebrane m.in. w pracach [L33, L34], prędkość zwęglania dużo bardziej zależy od gęstości np. ~1.04 mm/min. dla gęstości rzędu 420 kg/m³ [L36] czy ~0.38 mm/min. dla gęstości rzędu 860 kg/m³ [L35]. Prędkość zwęglania zależy również od wilgotności czy chociażby sposobu ułożenia słoju [L34]. Należy zwrócić również uwagę na dość duże różnice w prędkości zwęglania, w przypadku bardzo porównywalnych gęstości, co jest związane różnicami pomiędzy poszczególnymi gatunkami botanicznymi i miejscem ich wzrastania. Dobrym przykładem jest porównanie wspomnianej powyżej prędkości zwęglania rzędu ~1.04 mm/min. dla gęstości rzędu

420 kg/m³ otrzymanej przez zespół Frangiego [L36], z prędkością zwęglania ~0.49 mm/min. dla gęstości rzędu 430 kg/m³ otrzymaną w badaniach Friquina [L37].



Fot. 6.4. Prędkości zwęglania drewna różnych gatunków krajowych (rys. P. Sulik)

Jako graniczną wartość temperatury przy której rozpoczyna się proces zwęglania drewna, przyjęto zgodnie z literaturą, 300°C [L38]. Uwzględniając powyższe założenie oraz dostępność drewna krajowego, fot. 6.3, w sposób doświadczalny określono prędkości zwęglania następujących gatunków drewna krajowego: sosna (*Pinus sylvestris* L.), świerk pospolity (*Picea abies* (L.)), brzoza (*Betula pendula* Roth), buk (*Fagus sylvatica* L.), jesion (*Fraxinus excelsior* L.), topola (*Populus* spp.), dąb (*Quercus*), klon (*Acer*), akacja (*Robinia pseudoacacia*), fot. 6.4.

Istotnym elementem jest wspomniana dobra izolacyjność termiczna drewna, co powoduje, że elementy drewniane, pomimo częściowej degradacji warstwy zewnętrznej, zachowują swoją sztywność i w odróżnieniu od np. niepalnej stali, która szybko nagrzewa się w całym przekroju, nie odkształcają się. Pomimo że drewno jako materiał organiczny jest palne, to w sposób aktywny przeciwdziała degradacji. Typowa wartość ciepła właściwego drewna wynosi ok. 1700-1800 J/kgK, natomiast w okolicy 100°C osiąga ponad 13500 J/kgK. Związane jest to z odparowywaniem wody, która znajduje się w drewnie, co wymaga dostarczenia znacznej ilości energii i w konsekwencji spowalnia degradację termiczną drewna i rozwój pożaru.

Podsumowując, drewno zachowuje się w pożarze bardzo przewidywalnie i bezpiecznie. Pomimo swojej palności, w przypadku właściwego projektu, odpowiednich przekrojów poprzecznych i właściwej obróbki, zapewnia oczekiwany poziom bezpieczeństwa.

6.3 Reakcja na ogień a konstrukcje drewniane

Niezabezpieczone ogniochronnie drewno charakteryzuje się główną klasą reakcji na ogień D, sporadycznie C, co jest związane z rodzajem drewna, jego klasą wytrzymałościową – a więc i gęstością, zawartością żywicy czy sposobem obróbki powierzchni – np. struganie, fazowanie krawędzi. Odpowiednio zabezpieczone drewno, np. poprzez impregnację ogniochronną, może uzyskać podstawową klasę reakcji na ogień B. Należy w tym miejscu jeszcze raz uwypuklić informacje zasygnalizowane w Rozdziale 1 i zwrócić uwagę, że uzyskanie klasy reakcji na ogień B, co jest równoznaczne z nierozprzestrzenianiem ognia przy działaniu ognia od wewnątrz, jest procesem czasochłonnym, wymagającym odpowiednich warunków oraz przestrzegania kolejności działań opisanych szczegółowo w instrukcji stosowania zabezpieczenia i nie wystarczy np. pomalować elementy drewniane odpowiednim impregnatem by zapewnić spełnienie tych wymagań. W przypadku gdy kupujemy od producenta elementy drewniane charakteryzujące się klasą reakcji na ogień B, musimy wraz z zakupionym drewnem otrzymać odpowiednie dokumenty, potwierdzające wykonanie wszystkich wymaganych badań typu oraz dokumentów świadczących o prowadzeniu tego procesu pod nadzorem niezależnej jednostki posiadającej stosowne uprawnienia do oceny. Jest to ważne, gdyż nawet wiodący producenci elementów drewnianych mają ze względów technologicznych problem, by zapewnić – zgodnie z instrukcją producenta impregnatu uniepalniającego – wykonanie wszystkich niezbędnych czynności wymaganych do uzyskania klasy reakcji na ogień B. Nieco inaczej to wygląda w przypadku gdy na budowie poddajemy elementy drewniane uniepalnieniu, na własną odpowiedzialność. Jeżeli działania takie dotyczą niewielkiej ilości elementów i zostaną spełnione wszystkie wymagania instrukcji aplikacji prawidłowo wprowadzonego do obrotu preparatu, może mieć to uzasadnienie. Jak wskazuje doświadczenie autorów, w przypadku większej ilości drewna jest to bardzo trudne do uzyskania i dlatego nie jest zalecane. Z projektowego punktu widzenia jest to wręcz fundamentalne zagadnienie, bo pozwala projektantowi przynajmniej na papierze spełnić wymagania, niemniej potem na budowie natrafia się na bardzo liczne problemy i w efekcie bardzo często oczekiwana klasa reakcji na ogień nie jest osiągnięta.

Tablica 6.2. Kryteria klasyfikacji w zakresie klas reakcji na ogień dla klas od B do D wg [N15]

Klasa	Metoda badania	Kryteria klasyfikacji	Kryteria dodatkowe
B	PN-EN 13823 i	$FIGRA \leq 120 \text{ W}\cdot\text{s}^{-1}$; i LFS < krawędź próbki; i $THR_{600s} \leq 7,5 \text{ MJ}$	Wydzielanie dymu i spadające krople/cząstki
	PN-EN ISO 11925-2 Ekspozycja = 30 s	$F_s \leq 150 \text{ mm}$ w czasie 60 s	
C	PN-EN 13823 i	$FIGRA \leq 250 \text{ W}\cdot\text{s}^{-1}$; i LFS < krawędź próbki; i $THR_{600s} \leq 15 \text{ MJ}$	Wydzielanie dymu i spadające krople/cząstki
	PN-EN ISO 11925-2 Ekspozycja = 30 s	$F_s \leq 150 \text{ mm}$ w czasie 60 s	
D	PN-EN 13823 i	$FIGRA \leq 750 \text{ W}\cdot\text{s}^{-1}$; i LFS < krawędź próbki; i	Wydzielanie dymu i spadające krople/cząstki
	PN-EN ISO 11925-2 Ekspozycja = 30 s	$F_s \leq 150 \text{ mm}$ w czasie 60 s	

Gdzie:

FIGRA - wskaźnik szybkości wzrostu pożaru, wykorzystywany do klasyfikacji;

LFS - boczne rozprzestrzenianie płomienia [m];

THR_{600s} - całkowita ilość ciepła wydzielonego w ciągu 600 s [MJ];

Fs - rozprzestrzenianie płomienia [mm].



a)



b)



c)



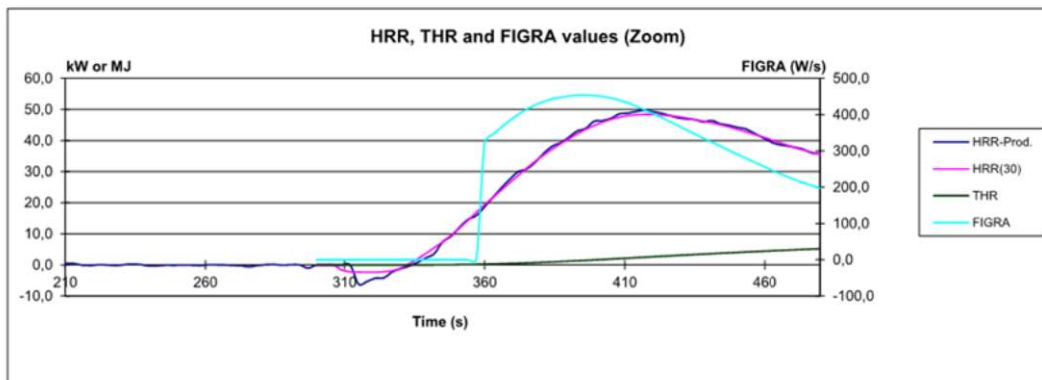
d)

Fot. 6.5. Fazy badania drewna na klasę od B do D według SBI [N17]: a) element z drewna klejonego CLT przed badaniem; b) – elementy w początkowej fazie badania; c) element w końcowej fazie badania; d) element po badaniu. (fot. P. Sulik)

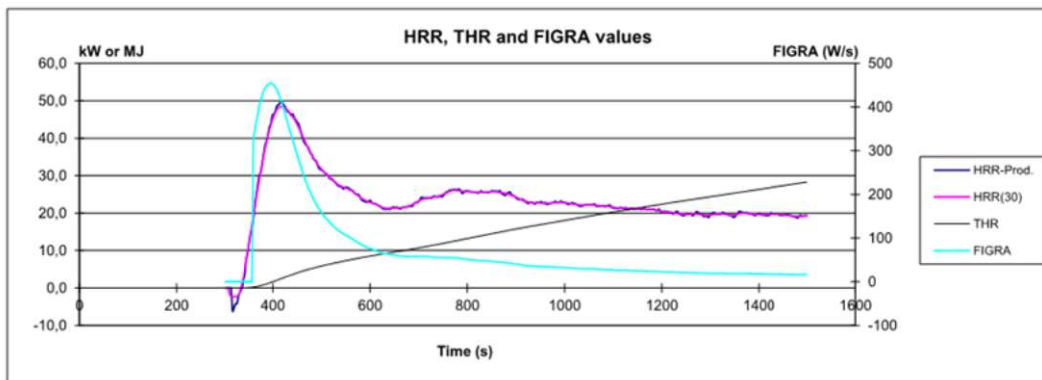
W interesie Projektanta leży więc detaliczne podanie wszystkich szczegółów, poczynając od podania nazwy środka impregnującego, po wcześniejszym sprawdzeniu czy na pewno do projektowanych elementów jest on dedykowany (wpływ na to mają m.in. gatunek drewna, to czy element jest klejony czy nie – bo w przypadku klejenia impregnat może mieć negatywny wpływ na trwałość połączenia klejowego, przeznaczenie preparatu zabezpieczającego – do wewnątrz czy na zewnątrz, itp.), a następnie podanie szczegółowej instrukcji wykonania impregnacji (rodzaj np. powierzchniowa, wgłębna; sposobie i krotności nakładania; wymaganych przerw technologicznych i warunków wykonania – temperatura, wilgotność; ilości środka impregnującego na m², itp.). Projektant powinien też wziąć pod uwagę wpływ wszelkich rozwiązań zabezpieczających nietypowych dla danego wyrobu.

Należy podkreślić, że certyfikat uzyskany dla drewna niezabezpieczonego – czyli w klasie reakcji D (= bez badań i uwzględnienia impregnacji w ZKP oraz stałej bieżącej kontroli) nie upoważnia producenta do sprzedaży drewna w klasie reakcji B, nawet jeśli je zaimpregnuje. (patrz też Rozdział 2).

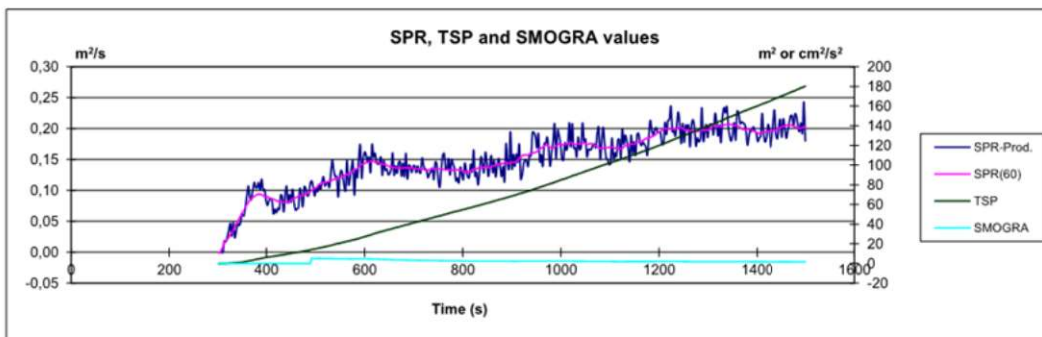
Bez względu więc na uzyskaną klasę reakcji na ogień, z przedziału od B do D, drewno zawsze jest materiałem palnym. Należy zwrócić uwagę na to, że klasy reakcji na ogień od klasy B do D określa się wg tych samych metod badawczych, fot. 6.5, 6.6, a jedyna różnica dotyczy granicznych kryteriów przedstawionych w tab. 6.2.



a)



b)



c)

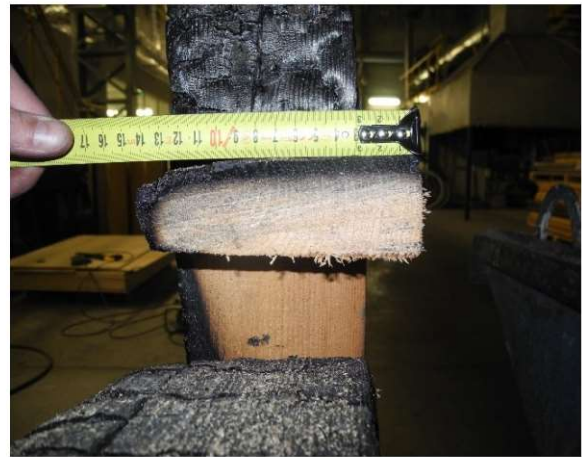
Fot. 6.6. Przykładowe wyniki badań drewna klejonego CLT wg [N17]: a i b) wykresy HRR, THR i FIGRA w różnym okresie badania; c) wykresy SPR, TSP i SMOGRA. Gdzie: HRR – szybkość wydzielania ciepła [kW], SPR – wskaźnik produkcji dymu [m^2/s], TSP_{600s} - całkowita ilość dymu wydzielonego w ciągu 600 s [m^2], SMOGRA - wskaźnik szybkości wydzielania dymu (fot. P. Sulik)

Nieco inaczej wygląda sytuacja gdy elementy drewniane pełnią rolę nośnego szkieletu, który jest obłożony płytami, np. na bazie gipsu. Jak wykazały badania, już dowolna okładzina z płyty gipsowo-kartonowej typu A zapewnia uzyskanie głównej klasy reakcji na ogień B, co oznacza, że mamy do czynienia z wyrobem niezapalnym, nierozprzestrzeniającym ognia przy działaniu ognia od wewnątrz.

Metoda weryfikacji badawczej w zakresie reakcji na ogień zależy od przeznaczenia elementu i oczekiwanej klasy reakcji na ogień. W przypadku elementów drewnianych, a więc w zakresie klas reakcji na ogień, od B do D, wykorzystuje się, dwie metody opisane w [N17] i [N29]. Zazwyczaj decydujące o wyniku jest badanie wg [N17], które wykorzystuje próbki w kształcie narożnika, o wymiarach 50×100×150 cm, fot. 6.5, 6.7.



a)



b)



c)



d)

Fot. 6.7. Widok elementów drewnianych po badaniu SBI [N17]: a) i b) – elementy drewniane nieosłonięte; c i d – elementy drewniane osłonięte pojedynczą płytą gipsowo-kartonową typu A i szklaną wełną mineralną. (fot. P. Sulik)

6.4 Rozprzestrzenianie ognia a konstrukcje drewniane

W przypadku rozprzestrzeniania ognia mamy odmienne metody badawcze dla rozwiązań stosowanych wewnątrz budynku i na zewnątrz budynku.

W przypadku oddziaływania zewnętrznego na ściany zewnętrzne stosujemy metodę badawczą opisaną w normie PN-B-02867:2013-06 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania stopnia rozprzestrzeniania ognia przez ściany [N2]. W przypadku tej metody, odpowiednio zaimpregnowane ogniochronnie elementy drewniane, wbudowane na elewacji również mogą spełnić wymaganie nierozprzestrzeniania ognia, fot. 6.7. Wymagań takich, w aspekcie formalnym z uwagi na przekroczenie temperatury granicznej, nie spełniają jednak elementy niezabezpieczone, pomimo ich stabilnego zachowania, fot. 6.9. i tab. 6.3.

W przypadku zastosowań wewnętrznych, zaimpregnowane preparatem uniepalniającym, elementy drewniane muszą uzyskać główną klasę reakcji na ogień B, wtedy zgodnie z Rozdziałem 6.2, elementy takie będzie można uznać za nierozprzestrzeniające ognia. W przypadku drewnianych konstrukcji szkieletowych z okładzinami niepalnymi, tak jak wspomniano w Rozdziale 6.4. uzyskuje się w badaniach klasę reakcji na ogień B, a więc jest to rozwiązanie nierozprzestrzeniające ognia, przy działaniu ognia od wewnątrz.



a)



b)

Fot. 6.8. Widok drewnianych elementów elewacyjnych po badaniu wg [N2]: a) i b) – elementy drewniane zabezpieczone impregnatem uniepalniającym, nie rozprzestrzeniły ognia (fot. Z archiwum ITB)



a)



b)

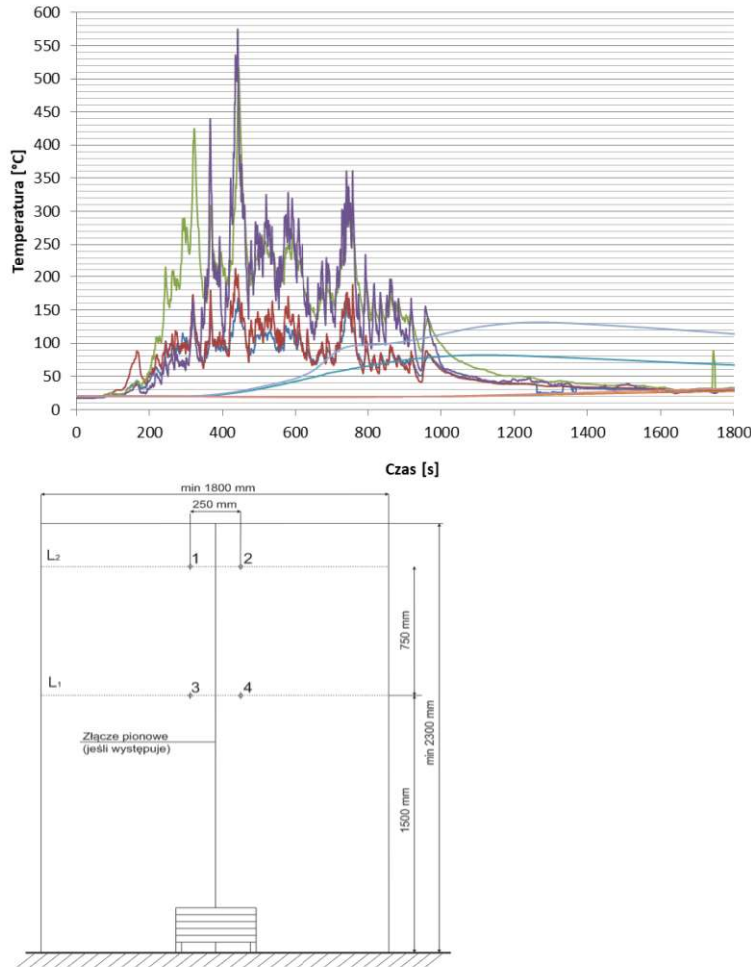


c)



d)

Fot. 6.9. Widok drewnianych, klejonych elementów przed, w trakcie i po badaniu wg [N2]: a) próbka przed rozpoczęciem i b) – elementy drewniane zabezpieczone impregnatem uniepalniającym, nie rozprzestrzeniły ognia (fot. P. Sulik)



Fot. 6.10. Schemat próbki oraz wykresy zależności temperatury w czasie dla próbki przedstawionej na rys. 6.9. (rys. P. Sulik)

Tablica 6.3. Kryteria klasyfikacji w zakresie rozprzestrzeniania ognia wg [N2]

Stopień rozprzestrzeniania ognia	Pomiary		Obserwacje		
	Maksymalne temperatury na liniach L ₁ i L ₂ w czasie badania		Spalanie na liniach L ₁ i L ₂ w okresie obserwacji		Płonące krople i płonące odpady stałe
	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	
NRO	450°C	350°C	Niedopuszczalne		
SRO	bez wymagań	350°C	bez wymagań	niedopuszczalne	niedopuszczalne
SIRO	bez wymagań				

Podsumowując, warto zapamiętać, że przy obecnych metodach badawczych weryfikacji rozprzestrzeniania ognia, drewno niezabezpieczone ogniochronnie nie spełni wymagania NRO. Szczególnie istotne jest to w przypadku technologii importowanych do Polski, np. słynne CLT, najczęściej przywożonego z rynku austriackiego czy niemieckiego lub drewna klejonego warstwowo czy drewna na złącza klinowe. Na wielu rynkach cecha NRO nie jest wymagana więc

producenci stykają się z nią w Polsce po raz pierwszy, całkowicie nie rozumiejąc jej zasadności. Dochodzi wtedy do nieporozumień, bo z jednej strony mamy do czynienia z pełnymi badaniami z zakresu odporności ogniowej potwierdzającymi spełnienie wymagań określonej klasy, dokumentami europejskimi typu European Technical Assessment stanowiącymi dokumenty odniesienia umożliwiające wprowadzenie wyrobu na rynek i znakowanie znakiem CE wyrobów na rynku europejskim, a więc i w Polsce oraz doświadczeniem w postaci kilku tysięcy inwestycji wybudowanych w tej technologii w Europie, i jednocześnie brakiem możliwości stosowania tej technologii w Polsce. Dla wielu zagranicznych producentów jest to sytuacja niezrozumiała, i jak pokazuje historia budownictwa drewnianego w Polsce, w ostatnich latach, jest to jedna z barier uniemożliwiających szybszy rozwój tej technologii w Polsce. Warto w tym miejscu zauważyć, że od kilku lat trwają prace nad nowelizacją przepisów, niemniej nie jest to już problem techniczny ale bardziej formalno-polityczny.

6.5 Odporność ogniowa a konstrukcje drewniane

Ocena konstrukcji drewnianych w zakresie odporności ogniowej wypada bardzo korzystnie. Jak wspomniano powyżej, drewno jest izolatorem termicznym, więc nie nagrzewa się w całym przekroju, do tego aktywnie się chroni przed zapaleniem wydzielając zgromadzoną wodę, a dodatkowo powstała przy spaleniu zwęglina izoluje rdzeń przekroju. Dzięki temu elementy drewniane bardzo długo zachowują sztywność, np. stropy nie uginają się nadmiernie, fot. 6.11, co jest bardzo istotne w ocenie odporności ogniowej.

Dla wybranych układów, odporność ogniową można wyznaczyć wykorzystując metody obliczeniowe [N14], jednakże najczęściej weryfikuje się ją badawczo, fot. 6.12. Metody obliczeniowe najczęściej wykorzystuje się w przypadku elementów liniowych np. belka, czy słup. Obliczenia nie są skomplikowane i bazują na wyznaczeniu przekroju zwęglonego i weryfikacji nośności. Grubość zwęglenia zależy przede wszystkim od czasu działania ognia oraz prędkości zwęglania drewna.



Fot. 6.11. Widok obciążonego stropu z drewna klejonego przed i po ponad 2 godzinnym w pełni rozwiniętym pożarze (fot. P. Sulik)

W przypadku układów szkieletowych, zazwyczaj odporność ogniową ustala się doświadczalnie, fot. 6.13, co jest związane z ograniczoną paletą układów okładzin uwzględnionych w [N14]. W tym przypadku decydujące znaczenie odgrywają niepalne okładziny, które skutecznie zabezpieczają elementy drewniane odpowiedzialne za przenoszenie obciążeń, przed termiczną degradacją. Związane jest to m.in. ze składem płyt i ich właściwościami. Przykładowo w płytach

na bazie gipsu, zawartość wody związanej chemicznie w gipsie wynosi 21%. Woda ta w trakcie nagrzewania płyt, jest uwalniana, tworząc skuteczną barierę przed oddziaływaniem termicznym dla konstrukcji drewnianych. Przykład takiego zachowania płyt został omówiony w Rozdziale 6.7.



a)



b)

Fot. 6.12. Widok elementów o konstrukcji drewnianej od strony nagrzewanej: a) strop przed badaniem, b) ściana po badaniu (fot. Z archiwum ITB)

Podsumowując, nie istnieją żadne przeciwskazania aby elementy o konstrukcji drewnianej uzyskały klasę odporności ogniowej na poziomie REI 60 czy nawet REI 120. Tego typu rozwiązania są już dostępne na rynku, co oznacza, że kwestie odporności ogniowej w przypadku prawidłowo zaprojektowanych konstrukcji drewnianych nie stanowią problemu technicznego.

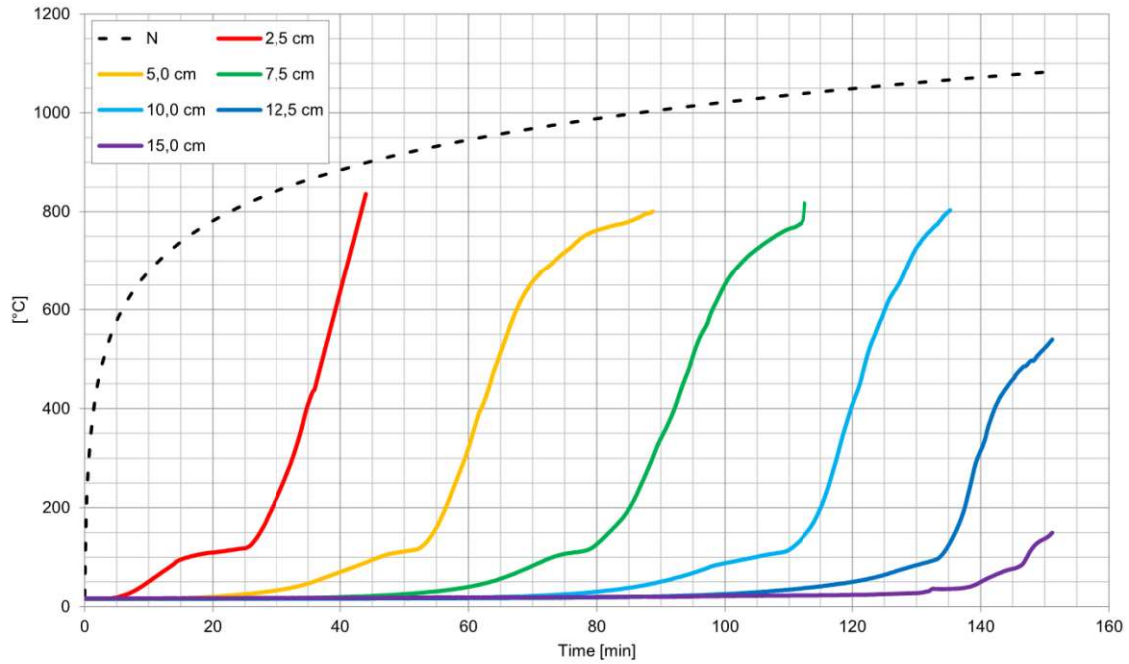


a)



b)

Fot. 6.13. Widok ściany nośnej o drewnianym szkieletcie z okładzinami gipsowo-kartonowymi: a) w trakcie badania, b) po przekroczeniu 60 minut, w trakcie zniszczenia (fot. Z archiwum ITB)



Fot. 6.14. Rozkład temperatur w czasie dla poszczególnych lameli, podczas badania ogniowego, oddziaływanie standardowe, klejonego drewna sosnowego (rys. P. Sulik)

Ważnym elementem, na który należy zwrócić uwagę jest fakt, że niezabezpieczone elementy drewniane, szczególnie te o dużych gabarytach, nawet po wypaleniu materiałów palnych znajdujących się w pomieszczeniu, nadal mogą ulegać dalszemu zwęglaniu, np. tłać się, a ich ugaszenie wcale nie jest takie proste, szczególnie gdy mamy do czynienia z grubszą warstwą zwęgliny, która stanowi pewną barierę dla środka gaśniczego np. wody i pozwala na utrzymanie wysokiej temperatury na styku element niezwęglony – zwęglina, fot. 14 i 15. Należy brać to pod uwagę, szczególnie gdy po pożarze będzie się nadal utrzymywała wysoka temperatura w pomieszczeniu, która sprzyja tego typu procesom. Wywietrzenie pomieszczenia po pożarze oraz schłodzenie opalonych powierzchni elementów drewnianych wodą, przyczyni się do szybszego zahamowania opisanego zjawiska.



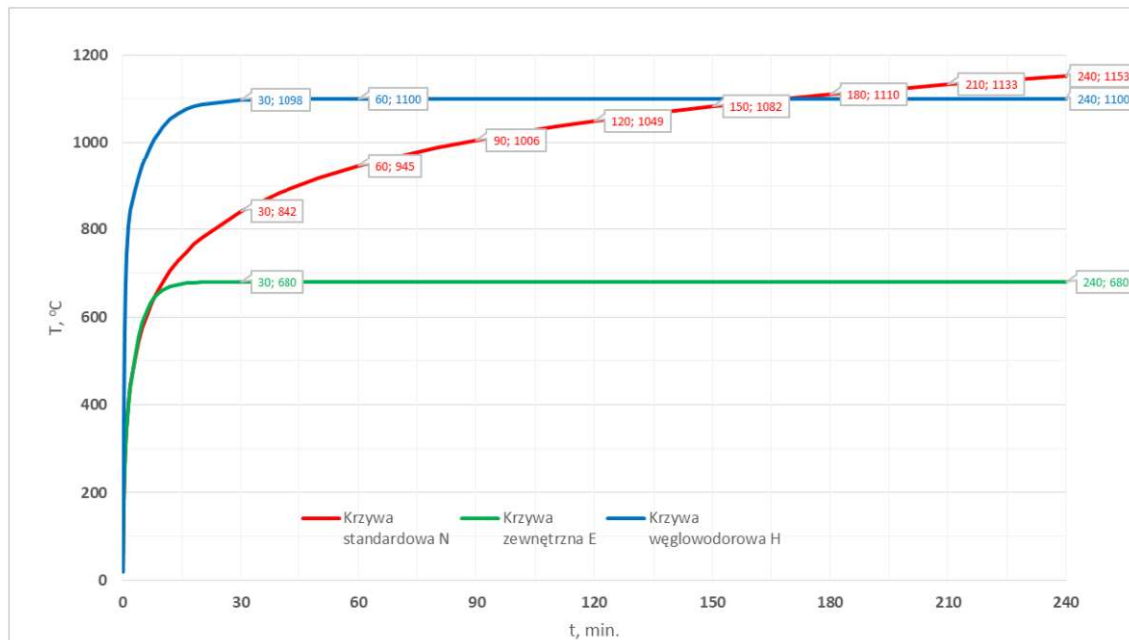
Fot. 6.15. Widok zwęgliny drewna sosnowego po ustaniu bezpośredniego działania ognia (fot. P. Sulik)

6.6 Metody obliczeniowe

Obowiązujące wersje Eurokodów pozwalają na wykorzystanie metod obliczeniowych do wyznaczania wybranych kryteriów z zakresu odporności ogniowej elementów drewnianych. Kluczowe w tym zakresie jest kilka norm, w tym obciążeniowych [N8 i N10] oraz dedykowanych konstrukcjom drewnianym [N13 i N14].

W tym podrozdziale nie będzie omawiana szczegółowo norma [N14], ponieważ każdy Projektant zajmujący się konstrukcjami drewnianymi na pewno zna jej treść bezpośrednio z normy albo z opracowań jej poświęconych np. poradnik [L48], niemniej zostanie zwrócona uwaga na kilka kwestii projektowych, które bardzo często przewijają się w różnego typu zapytaniach związanych z projektowaniem konstrukcji, w tym drewnianych, na warunki pożarowe.

Jak powszechnie wiadomo, odporność ogniową określa się najczęściej dla krzywej przebiegu temperatury w czasie zwanej krzywą standardową (N) $T = 345 \log(8t + 1) + 20$, gdzie T – temperatura pożaru [°C], t – czas [min.], przy czym do pożarów nominalnych należą jeszcze krzywa węglowodorowa (H) i krzywa zewnętrzna (E), fot. 6.16.



Fot. 6.16. Krzywe nominalne charakteryzujące oddziaływania termiczne (fot. P. Sulik)

Sposób zapisania w Rozporządzeniu [2] charakterystyk skuteczności działania tj. **R** – nośność ogniowa, **E** – szczelność ogniowa, czy **I** – izolacyjność ogniowa, którym przypisane są odpowiednie klasy odporności ogniowej nie dla wszystkich jest jednoznaczny, szczególnie w odniesieniu do kryterium nośności ogniowej R, kiedy bardzo często można spotkać różne interpretacje tego parametru, odwołujące się do tzw. pożarów rzeczywistych. Zaczniemy jednak od zdefiniowania charakterystyk skuteczności działania.

Nośność ogniowa R to zdolność konstrukcji lub elementu do przeniesienia obciążenia (określonych oddziaływaniach mechanicznych na jedną lub więcej powierzchni) przez określony czas w warunkach pożarowych bez utraty właściwości nośnych lub stateczności bądź przekroczenia dopuszczalnych wartości lub odkształceń.

Szczelność ogniowa E to zdolność do zapobiegania przechodzenia płomieni i gorących gazów przez przegrodę pełniącą funkcję oddzielającą w czasie pożaru. Przegrody, które nie posiadają

szczelności ogniowej mogą powodować zapalenie materiału będącego w sąsiedztwie przegrody oraz po stronie przeciwnej do działa ognia. W czasie badań ocenia się szczelność ogniową na podstawie następujących wskazań (aspektów):

- pęknięć lub otworów przekraczających podane wymiary;
- zapalenia tamponu bawełnianego: tampon bawełniany przykładą się do powierzchni nienagrzewanej na maksymalnie 30 s i obserwuje czy się nie zapali;
- utrzymywania się płomienia na stronie nienagrzewanej przez co najmniej 10 s.

Izolacyjnością ogniową I nazywamy zdolność danego elementu próbnego, będącego oddzielającym elementem konstrukcji budowlanej, w tym drewnianej, poddanego działaniu ognia z jednej strony, do ograniczenia przyrostu temperatury na powierzchni nienagrzewanej powyżej danego poziomu. Oceniana jest na podstawie przyrostów temperatury w określonych przez daną normę badawczą miejscach (termoelementy powierzchniowe) oraz w miejscach, w których w trakcie badania wystąpi podejrzenie przekroczenia granicznej wartości przyrostu temperatury (termoelement ruchomy). Wartość przyrostu temperatury maksymalnej w dowolnym punkcie danego elementu wynosi z reguły 180°C (w specyficznych przypadkach jest to inna wartość – 360°C dla ościeżnicy elementu próbnego drzwi), a temperatury średniej nie może przekroczyć 140°C.

Pomimo wielu wątpliwości, Rozporządzenie [1], w przypadku klas odporności ogniowej zawsze odwołuje się do standardowej krzywej temperatura-czas, która to krzywa opisuje w pełni rozwinięty pożar w pomieszczeniu. Świadczy o tym zapis, który odwołuje się do przytoczonych w załączniku norm, wśród których, przywołana jest norma klasyfikacyjna [N16]. Norma [N16] bardzo precyzyjnie definiuje co oznacza parametr R – nośność ogniowa (patrz definicja powyżej). Kryteriami dla nośności ogniowej R są: w przypadku elementów zginanych, np. stropów, dachów – prędkość deformacji (prędkość ugięcia) i stan graniczny rzeczywistej deformacji (ugięcia), natomiast w przypadku osiowo obciążanych elementów, np. słupów, ścian – prędkość deformacji (prędkość skrócenia) i stan graniczny rzeczywistej deformacji (skrócenia). Zawsze należy w przypadku elementów nośnych podać informację o przyłożonym podczas badania obciążeniu i/lub poziomie obciążenia, ponieważ dla różnych jego poziomów element może osiągnąć różną klasę nośności ogniowej R. Norma [N16] dopuszcza dodatkowe scenariusze pożarowe, inne niż krzywa standardowa, jednakże zawsze ma to odzwierciedlenie w stosownych zapisach, i tak w przypadku:

- krzywej powolnego nagrzewania (pożar tłący się) oznaczenie wygląda tak: R xx – IncSlow;
- pożaru „semi-naturalnego” oznaczenie wygląda tak: R xx – sn;
- krzywej zewnętrznej oznaczenie wygląda tak: R xx – ef;
- oddziaływania temperatury o stałym poziomie oznaczenie wygląda tak: R xx – r;

co oznacza, że symbol R, bez dodatkowych liter, przywołanych w Rozporządzeniu [2] odnosi się do oddziaływania standardowego temperatura-czas.

Najwięcej problemów z taką interpretacją zapisów Rozporządzenia [2] mają osoby, które korzystają z narzędzi inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, w szczególności z analiz rozkładu temperatury przy ustalonym, w założeniu specjalisty, rzeczywistym pożarze. Analizy takie mają za zadanie wykazanie, że jakaś konstrukcja wytrzyma oddziaływanie ognia według założonego przez specjalistę scenariusza pożarowego, przez czas wymagany w Rozporządzeniu [2]. Bardzo

często w założonych scenariuszach uzyskuje się temperatury niższe niż przewiduje pożar standardowy, co związane jest z założeniem niższej mocy pożaru i przekłada się na niższe nagrzanie konstrukcji, mniejszą jej degradację i dłuższy czas jej funkcjonowania w takim pożarze. Jest to więc już z założenia inne oddziaływanie niż przewidział legislator w Rozporządzeniu [2] i w żadnym przypadku nie można mu przypisywać kryterium R.

Kolejnym bardzo istotnym elementem jest sposób ustalenia obciążeń w warunkach pożarowych według [N10]. Zgodnie z PN-EN 1990 [N8], obciążenia w warunkach pożaru należy traktować jako obciążenie wyjątkowe - akcydentalne, a konstrukcję należy projektować, wykorzystując kombinację wyjątkową obciążeń: $\Sigma G_k + \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \Sigma \Psi_{2,i} Q_{k,i} + \Sigma A_d(t)$, gdzie:

G_k – wartość charakterystyczna oddziaływań stałych;

$Q_{k,1}$ – wartość charakterystyczna podstawowego oddziaływania zmiennego;

$Q_{k,i}$ – wartość charakterystyczna pozostałych oddziaływań zmiennych;

$A_d(t)$ – wartość obliczeniowa oddziaływań spowodowanych pożarem, tj. oddziaływań pośrednich i dodatkowych;

$\Psi_{1,1}$, $\Psi_{2,i}$ – współczynniki do określania wartości reprezentatywnych obciążeń (wartości częste i wartości prawie stałe), które zależą od typu i kategorii obciążenia zmiennego i wynoszą $\Psi_{1,1} = 0,2 \div 0,9$ oraz $\Psi_{2,i} = 0 \div 0,8$.

W przypadku konstrukcji drewnianych, w większości przypadków nie zachodzi konieczność uwzględniania pośrednich oddziaływań pożaru (np. wpływ wydłużenia termicznego), więc zgodnie z zapisami [N10] dopuszcza się uproszczone sposoby określania obciążeń konstrukcji, w których:

- uwzględnia się w/w kombinację obciążeń przy założeniu $t = 0$, tj. oddziaływania traktuje się jako niezmiennie w czasie trwania pożaru;
- efekt oddziaływań w sytuacji pożarowej ustala się według wzoru $E_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot E_d$, gdzie: E_d – to wartość obliczeniowa odpowiednich sił wewnętrznych i reakcji w temperaturze normalnej, wyznaczonych dla podstawowej kombinacji obciążeń zgodnie z [N8]; η_{fi} – to współczynnik redukcyjny dla obliczeniowego obciążenia w przypadku pożaru, którego wartość wynosi: $\eta_{fi} = (1 + \Psi_{fi} \cdot \beta) / (\gamma_G + \gamma_Q \cdot \beta)$, gdzie $\beta = Q_{k,1} / G_k$, czyli uwzględnia proporcje podstawowego obciążenia zmiennego do obciążeń stałych.

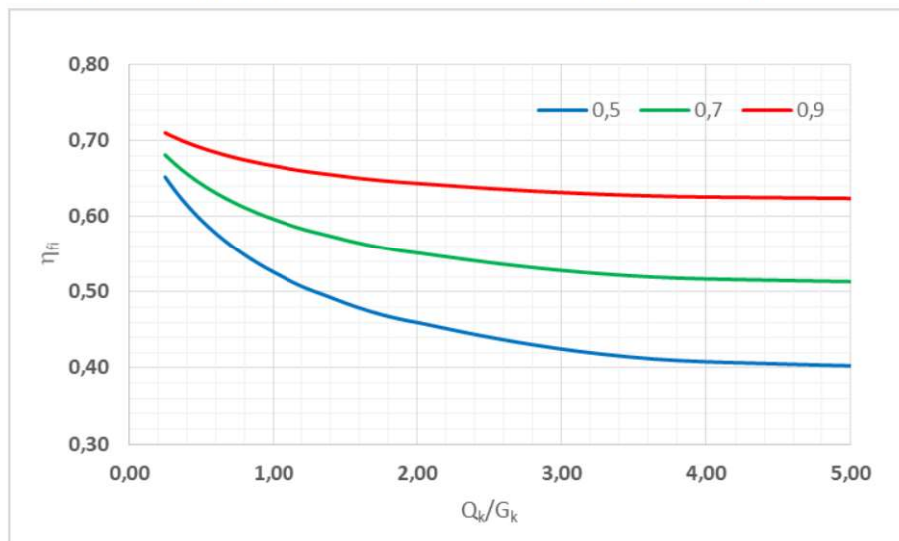
W normie [N14], przy ustalaniu oddziaływań na konstrukcje drewniane w warunkach pożaru, dopuszcza się jako bezpieczne, bez dokładniejszej analizy, przyjmowanie współczynnika redukcyjnego obciążeń $\eta_{fi} = 0.6$.

W przypadku projektu konstrukcji drewnianej warto sobie każdorazowo wyznaczyć wartość współczynnika η_{fi} bo zazwyczaj wychodzi on korzystniejszy niż zalecany przez [N14]. W tego typu konstrukcjach, zazwyczaj obciążenia użytkowe stanowią większy procent wszystkich obciążeń niż np. w przypadku konstrukcji żelbetowych, kiedy to dominują najczęściej obciążenia stałe. Wyliczone wartości współczynnika η_{fi} w zależności od kategorii użytkowania Q_k wg [N9] oraz ciężaru stropu G_k przedstawiono poniżej:

- $G_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$, kategoria A $Q_k = 2 \text{ kN/m}^2$, $\Psi_{fi} = 0,5 \rightarrow \eta_{fi} = 0,38$;
- $G_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$, kategoria A $Q_k = 2 \text{ kN/m}^2$, $\Psi_{fi} = 0,5 \rightarrow \eta_{fi} = 0,50$;
- $G_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$, kategoria B $Q_k = 3 \text{ kN/m}^2$, $\Psi_{fi} = 0,5 \rightarrow \eta_{fi} = 0,37$;

- $G_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$, kategoria B $Q_k = 3 \text{ kN/m}^2$, $\Psi_{fi} = 0,5 \rightarrow \eta_{fi} = 0,46$;
- $G_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$, kategoria C $Q_k = 3 \text{ kN/m}^2$, $\Psi_{fi} = 0,7 \rightarrow \eta_{fi} = 0,49$;
- $G_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$, kategoria C $Q_k = 3 \text{ kN/m}^2$, $\Psi_{fi} = 0,7 \rightarrow \eta_{fi} = 0,55$;
- $G_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$, kategoria C lub D $Q_k = 4 \text{ kN/m}^2$, $\Psi_{fi} = 0,7 \rightarrow \eta_{fi} = 0,48$;
- $G_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$, kategoria C lub D $Q_k = 4 \text{ kN/m}^2$, $\Psi_{fi} = 0,7 \rightarrow \eta_{fi} = 0,54$;
- $G_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$, kategoria C lub D $Q_k = 5 \text{ kN/m}^2$, $\Psi_{fi} = 0,7 \rightarrow \eta_{fi} = 0,48$;
- $G_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$, kategoria C lub D $Q_k = 5 \text{ kN/m}^2$, $\Psi_{fi} = 0,7 \rightarrow \eta_{fi} = 0,52$;
- $G_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$, kategoria E $Q_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$, $\Psi_{fi} = 0,9 \rightarrow \eta_{fi} = 0,60$;
- $G_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$, kategoria E $Q_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$, $\Psi_{fi} = 0,9 \rightarrow \eta_{fi} = 0,62$;

W celu ułatwienia weryfikacji obliczeń dla wybranych wartości $\Psi_{fi} = 0,5, 0,7$ i $0,9$ na fot. 6.17 przedstawiono wykresy zmienności współczynnika η_{fi} , przy czym zgodnie z załącznikiem krajowym [N10] przyjęto współczynnik kombinacyjny $\Psi_{fi} = \Psi_{1,1}$ (wartość częsta).



Fot. 6.17. Zmienność współczynnika redukcyjnego obciążeń w warunkach pożarowych dla $\Psi_{fi}=0,5; 0,7; 0,9$ (fot. P. Sulik)

Norma [N14] dopuszcza dwie podstawowe metody obliczeniowe oceny odporności ogniowej elementów drewnianych: metoda zredukowanego przekroju poprzecznego (tzw. przekrój efektywny, **zalecana przez [N14] metoda obliczeniowa**) oraz metoda zredukowanych właściwości drewna (ograniczona do drewna iglastego). W obydwu metodach obliczenia nie należą do zbyt skomplikowanych i opierają się na wyznaczeniu wypalanej części przekroju poprzecznego elementu, korzystając z podanych współczynników prędkości zwęglania β_0 i β_n . Dla najczęściej spotykanego na rynku drewna iglastego $\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min}$ zarówno dla drewna litego jak i klejonego. W przypadku β_n mamy odpowiednio $0,80 \text{ mm/min}$ dla drewna litego i $0,70 \text{ mm/min}$ dla drewna klejonego warstwowo.

Nieco bardziej komplikuje się sytuacja w przypadku zastosowania okładzin ogniochronnych. Jak wykazały badania, zwęglanie drewna przebiega inaczej w elementach niezabezpieczonych ogniochronnie oraz w elementach izolowanych. Przy analizie przebiegu zwęglania w elementach zabezpieczonych ogniochronnie różnego rodzaju okładzinami ([N14] dopuszcza okładziny palne np. płyty OSB, płyty gipsowo-kartonowe oraz wełnę mineralną) należy brać pod uwagę czy zwęglanie rozpoczyna się z opóźnieniem, po czasie t_{ch} . Zazwyczaj do czasu awarii okładzin

(najczęściej – odpadnięcia lub spalenia) t_f zwęglanie postępuje wolniej niż w elemencie niezabezpieczonym. Po odpadnięciu okładzin prędkość zwęglania wzrasta, a po czasie t_a stabilizuje się na tym samym poziomie, co w elemencie niezabezpieczonym.

Norma [N14] przewiduje 3 scenariusze zwęglania zabezpieczonego ogniochronnie drewna w zależności od zastosowanej okładziny ogniochronnej. Generalnie rozpatruje się przypadki gdy:

1. $t_f = t_{ch}$, (czas awarii okładziny pokrywa się z czasem zwęglania) a głębokość zwęglania po czasie t_a przekracza 25 mm;
2. $t_f = t_{ch}$, a głębokość zwęglania po czasie t_a jest mniejsza niż 25 mm;
3. $t_{ch} < t_f$, a głębokość zwęglania po czasie t_a przekracza 25 mm.

Opisane scenariusze odnoszą się do rozwiązań, kiedy to parametry okładziny decydują o degradacji elementu drewnianego. Są okładziny, które bardziej lub mniej spowalniają zwęglanie drewna i to w swoich obliczeniach należy uwzględnić.

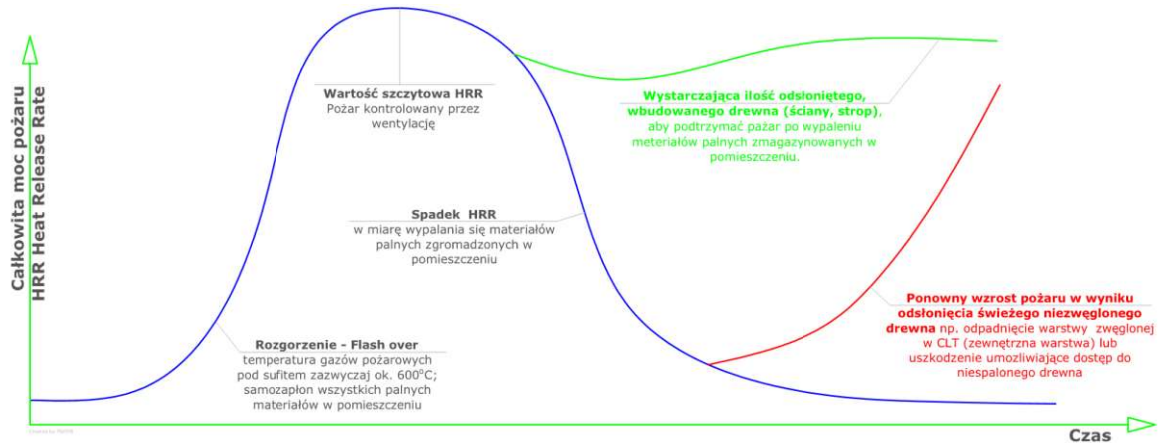
Tak jak wspomniano powyżej, choć obliczenia w zakresie nośności ogniowej, pomimo wielu ograniczeń co do uwzględnianych w [N14] typów i układów okładzin, nie należą do szczególnie skomplikowanych, to wyznaczenie funkcji oddzielających, czyli szczelności i izolacyjności ogniowej nie jest już takie proste, z jednego oczywistego powodu. Współcześnie spotykane w tego rodzaju elementach typy okładzin, np. nośne okładziny włóknowo-gipsowe, w obecnym wydaniu normy [N14] nie są uwzględnione. Oczywiście dla podstawowych układów, gdzie elementem usztywniającym ściany czy strop szkieletowy jest okładzina drewnopochodna, a zabezpieczenie ogniochronne zapewniają płyty gipsowo-kartonowe typu A, F czy H, dla specyficznego układu można wyznaczyć parametry izolacyjności ogniowej do maksymalnego czasu 60 minut. Niemniej wyniki uzyskiwane podczas badań laboratoryjnych są znacznie korzystniejsze, dlatego też zaleca się, by w projekcie wykorzystywać materiały (raporty klasyfikacyjne, klasyfikacje) dostarczane przez firmy specjalizujące się w produkcji okładzin, bo z projektowego punktu widzenia jest to dużo bardziej korzystne, a przy okazji oprócz parametrów ogniowych systemodawcy deklarują również parametry termiczne i akustyczne przegród, co odgrywa kluczową rolę w procesie projektowania.

Warto mieć na uwadze, że po 2025 r. planowane jest wydanie kolejnej wersji EC5-1-2, (prace aktualnie trwają), w której zostaną opisane znacznie bardziej szczegółowo metody wymiarowania konstrukcji drewnianych z uwzględnieniem warunków pożarowych. Bazując na setkach przeprowadzonych badań ogniowych, dziesiątkach eksperymentów w skali rzeczywistej, tworzone są wytyczne uwzględniające więcej przypadków projektowych, tak by ograniczyć konieczność wykonywania kosztownych badań w przyszłości. Generalnie co do zasady sposób projektowania nie ulegnie drastycznej zmianie, niemniej zostanie on bardziej uszczegółowiony i dopasowany do stosowanych rozwiązań projektowych. Z dostępnego projektu EC5-1-2 wynika, że zostaną wskazane rozwiązania, które bez badań będą się charakteryzowały np. klasą odporności ogniowej REI 30 lub REI 60.

Ważnym elementem nowej normy będzie ujednolicone podejście do drewna klejonego, przede wszystkim typu CLT, które w wielu miejscach na świecie jest wiodącym rozwiązaniem projektowym w budownictwie drewnianym. Uwzględniony zostanie udział tego typu elementów w potencjalnym rozwoju pożaru, rzeczywiste prędkości zwęglania drewna, zależne od czasu trwania pożaru, czy zjawisko delaminacji warstw narażonych na oddziaływanie ognia

odsłaniające niezwęglone warstwy elementów. Związane jest to ze zjawiskiem określonym „Fire Dynamics”, które szczególnie widoczne jest w przypadku konstrukcji drewnianych.

Warto pamiętać, że tradycyjne, normatywne podejście do projektowania budynków z uwagi na warunki pożarowe nie opisuje rzeczywistych przewidywanych warunków panujących w pomieszczeniu podczas pożaru, szczególnie w przypadku budynków drewnianych wykonanych w technologii masywnej, w których drewno jest odsłonięte lub nie jest odpowiednio chronione.



Fot. 6.18. Możliwe scenariusze rozwoju pożaru budynków drewnianych masywnych na podstawie pracy Barber D. i inni. (rys. P. Sulik)

Analiza wprowadzanych zmian, które autorzy na bieżąco śledzą i opiniują, pomimo największego ze wszystkich Eurokodów wzrostu objętości (prawie 180 stron wg stanu na XII.2022 r., zamiast niecałych 80 jak w pierwszym wydaniu normy) wskazują, że nowa generacja EC5-1-2 będzie dokumentem bardziej przejrzystym i bardziej przyjaznym w praktyce projektowej.

6.7 Eksperyment pożarowy

W celu umożliwienia szerszego stosowania konstrukcji drewnianych we współczesnym budownictwie, niezbędne było przedstawienie dowodów badawczych - eksperymentalnych, weryfikujących rzeczywiste zachowanie tego typu konstrukcji w ogniu i pozwalających na wprowadzenie zmian legislacyjnych. W tym celu z inicjatywy m.in. MKiŚ zrealizowano projekt badawczy NZP-124, którego kulminacyjnym punktem był eksperyment pożarowy. Projekt zrealizowano w Instytucie Techniki Budowlanej (ITB), na zlecenie organów administracji państwowej, przy współudziale Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej (KGPSP).

Projekt badawczy składał się z trzech zasadniczych etapów, przy czym jego zwieńczeniem był eksperyment pożarowy w skali rzeczywistej dwukondygnacyjnego budynku o szkieletowej konstrukcji drewnianej, zrealizowany w etapie III. W etapie I skoncentrowano się na wyborze dostępnego surowca z uwzględnieniem istniejących w Polsce krain geograficzno-przyrodniczych oraz wykonaniu badań wstępnych uwzględniających sposób obróbki i wykończenia powierzchni drewna. Etap II obejmował typowe badania zgodnie z metodami normowymi, bardzo różnych układów, z zastosowaniem różnych gęstości niepalnych izolacji termicznych, różnych typów okładzin oraz typowych osłabień przegrody, np. otwory.

Model badawczy oraz scenariusze badawcze uzgodniono z KGPSP. W wyniku tych ustaleń przygotowano budynek w części dwukondygnacyjny, z normowym obciążeniem stropu. W celu oceny możliwości dotarcia ratowników do miejsca zdarzenia wybudowano dłuższy korytarz, co pozwoliło na ocenę rozwoju zadymienia i możliwości prowadzenia akcji ratunkowej, fot. 6.19 i 6.20. Model badawczy został wyposażony we wszelkie rury, kable, gniazdka i kanały wentylacyjne jakie spotyka się w typowym budynku mieszkalnym, z uwagi na możliwość rozprzestrzeniania się pożaru przez te elementy. Dodatkowo podczas badania przewidziano powstanie w lokalu typowych uszkodzeń spotykanych w budownictwie mieszkaniowym, np. nieciągłości okładzin wynikających z otworów wykonanych przez lokatorów, itp. łączna powierzchnia budynku wynosiła 110.5 m².



Fot. 6.19. Rozkład pomieszczeń w budynku o konstrukcji drewnianej wykorzystanego w eksperymencie pożarowym a) rzut parteru, b) rzut I piętra (rys. P. Sulik)

W uzgodnieniu z KGPSP przeprowadzono 3 scenariusze pożarowe dla pożarów wewnętrznych:

- symulacja pożaru w małym pomieszczeniu, przy założeniu, że sam ulegnie zagaszeniu. P1 – pożar kanapy, gęstość obciążenia ogniowego 250 MJ/m²;
- symulacja pożaru o większej mocy w małym pomieszczeniu – ocena zachowania ścian konstrukcyjnych i osłonowych oraz dachu. P2 - pożar kuchni, gęstość obciążenia ogniowego 500 MJ/m²;

- symulacja pożaru o dużej mocy w największym pomieszczeniu – ocena zachowania stropów i ścian, ocena możliwości prowadzenia akcji ratowniczej. P3 – pożar parametryczny wg EC1, gęstość obciążenia ogniowego 1000 MJ/m^2 , obciążenie stropu 2 kN/m^2 .

Ponadto przeprowadzono trzy scenariusze pożarowe dla ognia zewnętrznego, podczas których oceniono trzy różne typy elewacji: ETICS (Z1) i dwie odmiany elewacji wentylowanej (Z2 i Z3).



a)



b)



c)



d)

Fot. 6.20. Budynek poddany eksperymentowi pożarowemu a, b) – widok z zewnątrz, c i d) – widok wnętrza (fot. P. Sulik)

W celu rejestracji wyników badań, zainstalowano wewnątrz pomieszczeń 10 specjalnych kamer o podwyższonej odporności na działanie temperatur pożarowych oraz termopary do pomiaru temperatury w czasie rzeczywistym wewnątrz budynku (44 miejsca pomiarowe) i na zewnątrz (24 miejsca pomiarowe). Dodatkowo z zewnątrz cały eksperyment był filmowany przez trzy kamery, w tym kamerę zainstalowaną na dronie.

Jako paliwo wykorzystano sezonowane do stałej wilgotności drewno sosnowe, ułożone w ażurowe stosy w taki sposób, aby pożar był kontrolowany przede wszystkim przez wentylację lub paliwo a jak w najmniejszym stopniu przez brak dostępu do paliwa. Literatura światowa wskazuje, że dla typowych budynków mieszkalnych, hoteli, biur, szkół czy szpitali należy założyć

maksymalną szybkość wydzielania ciepła HRR na poziomie 5 MW, natomiast dla sklepów czy centrów handlowych na poziomie 10 MW. W celu odwzorowania maksymalnie niekorzystnych warunków w prowadzonych badaniach, a więc weryfikacji zachowania drewnianej konstrukcji budynku w ekstremalnych warunkach pożarowych, znacznie przekraczano moc pożaru powyżej 5 MW i odpowiednio w scenariuszu pożarowym P1 przyjęto ją na poziomie 7.8 MW, natomiast w scenariuszach P2 i P3 przekraczano 10 MW. Przykładowe rozmieszczenie paliwa oraz obciążenie stropu przedstawiono na fot. 6.21.



Fot. 6.21. a) przykładowe rozmieszczenie paliwa; b) obciążenie stropu (fot. P. Sulik)

Widok wybranych pożarów zrealizowanych podczas eksperymentu przedstawiono na fot. 6.22, a wybrane wyniki rozkładu temperatur w czasie, dla scenariusza pożarowego P1 i P3 przedstawiono na fot. 6.25 i 6.24. Na wykresach tych widać rzeczywiste temperatury zarejestrowane podczas pożaru na tle krzywej standardowej, na podstawie której określa się parametry w zakresie odporności ogniowej przegród. Bardzo charakterystyczny jest trzeci wykres z fot. 6.25, gdzie wyraźnie widać jak istotną rolę odgrywają drzwi przeciwpożarowe. Z kolei pierwszy wykres z fot. 6.25, z charakterystyczną „doliną” pokazuje, że szczelność pomieszczenia sama w sobie może spowodować wygaszenie pożaru, do którego rozwoju oprócz paliwa niezbędny jest dopływ tlenu. W omawianym przypadku konieczne było wybicie szyby w oknie, by pożar mógł na nowo się rozwinąć. Bez tego prawdopodobnie pomimo zgromadzenia dużej ilości materiału palnego w pomieszczeniu, samoczynnie by się wygasił.

W przypadku fot. 6.24, na drugim wykresie można zaobserwować, jak zwykła ściana działowa, bez odporności ogniowej, z płytami gipsowo-kartonowymi typu A potrafi skutecznie zaizolować temperatury sięgające 900°C, stwarzając dla przebywających w pomieszczeniu obok przestrzeni objętej pożarem, bezpieczne warunki do ewakuacji osób przez wiele minut, fot. 6.23. Z kolei na wykresie 3 można zaobserwować jak strop w technologii szkieletu drewnianego w układzie modułowym potrafił przez cały czas badania zaizolować obciążoną przestrzeń znajdującą się bezpośrednio nad źródłem ognia, do tego stopnia, że temperatura nie wzrosła o więcej niż 1°C w tym pomieszczeniu.



a)



b)



c)



d)

Fot. 6.22. Widok wybranych pożarów podczas eksperymentu: a i c) P3, b, d,) P1, d,) P2. (fot. P. Sulik)

Potwierdzenie bardzo bezpiecznego zachowania się tego typu elementów o konstrukcji drewniane przedstawiają zdjęcia zamieszone na fot. 6.26. Na zdjęciach tych wyraźnie widać, że pomimo kilkudziesięciu minut pożaru, z temperaturami lokalnie osiagającymi 1000°C, okładziny zaizolowały konstrukcję drewnianą na tyle skutecznie, że nie uległa ona zniszczeniu. Wyraźnie również widać, że temperatury na powierzchni konstrukcji drewnianej ścian zabezpieczonych płytami gipsowo-kartonowymi były na tyle niskie, że nie tylko nie zwęgliły drewna, ale również nie stopiły folii paroszczelnej.

Eksperyment pożarowy w rzeczywistej skali, czyli 6 pożarów w jednym budynku o konstrukcji drewnianej wykazał, że współczesne budownictwo o drewnianej, szkieletowej konstrukcji jest w pełni bezpiecznym pożarowo rozwiązaniem. O bezpieczeństwie pożarowym budynków o szkielecie drewnianym decydują przede wszystkim niepalne okładziny, niepalne izolacje termiczne, sposób zachowania drewna w ogniu (sztywność elementu) oraz prawidłowy układ przegrody. Eksperyment potwierdził, że bezpieczeństwo pożarowe spełnione jest przy okazji wykonania przegród w odpowiednim standardzie akustycznym i termicznym. Z uwagi na odporność ogniową, ale i parametry akustyczne, ważne jest wykonywanie przegród, z wyłączeniem ścianek działowych, w podwójnym opłytowaniu na bazie niepalnych okładzin o podwyższonej gęstości i odporności na działanie ognia. Kluczowym elementem jest sposób mocowania okładzin do szkieletu, który powinien wykorzystywać łączniki mechaniczne, odpowiednio zakotwione i rozmieszczone zgodnie z wytycznymi producenta płyt. Przegrody

ścienne i stropowe wykonane w technologii szkieletu drewnianego, w przypadku obicia z każdej strony co najmniej pojedynczą okładziną gipsowo-kartonową typu A, o grubości 12.5 mm, w wykonaniu dokładnym, zapewniają nierozprzestrzenianie ognia przy działaniu ognia od wewnątrz. Bardzo istotną rolę odgrywa szczelność budynków o konstrukcji drewnianej, w tym poszczególnych pomieszczeń, która powoduje, że budynek samodzielnie jest w stanie kontrolować pożar i ograniczać jego skutki, a w skrajnych przypadkach, przy szczelnie zamkniętych drzwiach i oknach, zdusić źródło ognia na skutek niedoboru tlenu. Otwory na puszki pod instalacje elektryczne, przejścia instalacyjne, itp. powinny być wykonane w klasie odporności ogniowej przegrody, fot. 6.26. Warto zastosować autonomiczne, domowe czujki pożarowe jako najtańszy i najbardziej skuteczny z powszechnie dostępnych system wykrywania pożaru w pomieszczeniach. Zaleca się stosowanie drzwi dymoszczelnych i o odporności ogniowej w przypadku drzwi wejściowych do mieszkania – drzwi akustyczne, termiczne i antywłamaniowe zazwyczaj już są, więc dodatkowa funkcja ogniowa nie wiąże się ze znacznymi kosztami. Budownictwo drewniane, w tym szkieletowe jest bardzo wrażliwe na jakość wykonania, dlatego rekomenduje się przemysłowy sposób produkcji przegród/budynków, niwelujący błąd ludzki i dostarczanie ich z zakładu produkcyjnego bezpośrednio na budowę.

Bardzo podobne badania, tyle że dla drewna klejonego są realizowane w wielu krajach, np. USA, Szwecji, Niemczech czy Polsce. Również one potwierdzają bardzo stabilne zachowanie elementów drewnianych, pomimo bardzo wysokiego obciążenia ogniowego, jakim zostały one poddane podczas pożarów w skali rzeczywistej, fot. 6.28. W przypadku elementów klejonych, typu CLT, może dochodzić do delaminacji poszczególnych warstw, na skutek oddziaływań termicznych na klej, niemniej najczęstszą przyczyną utraty nośności jest zwyczajne zwęglenie i wypalenie elementu. Warto w tym miejscu dodać, że dzieje się to w sposób bardzo przewidywalny i z bardzo dużymi zapasami bezpieczeństwa, co pozwala na bezproblemowe uzyskiwanie klas odporności ogniowej wymaganymi polskimi przepisami [2], nawet sięgającymi klasy REI 120.

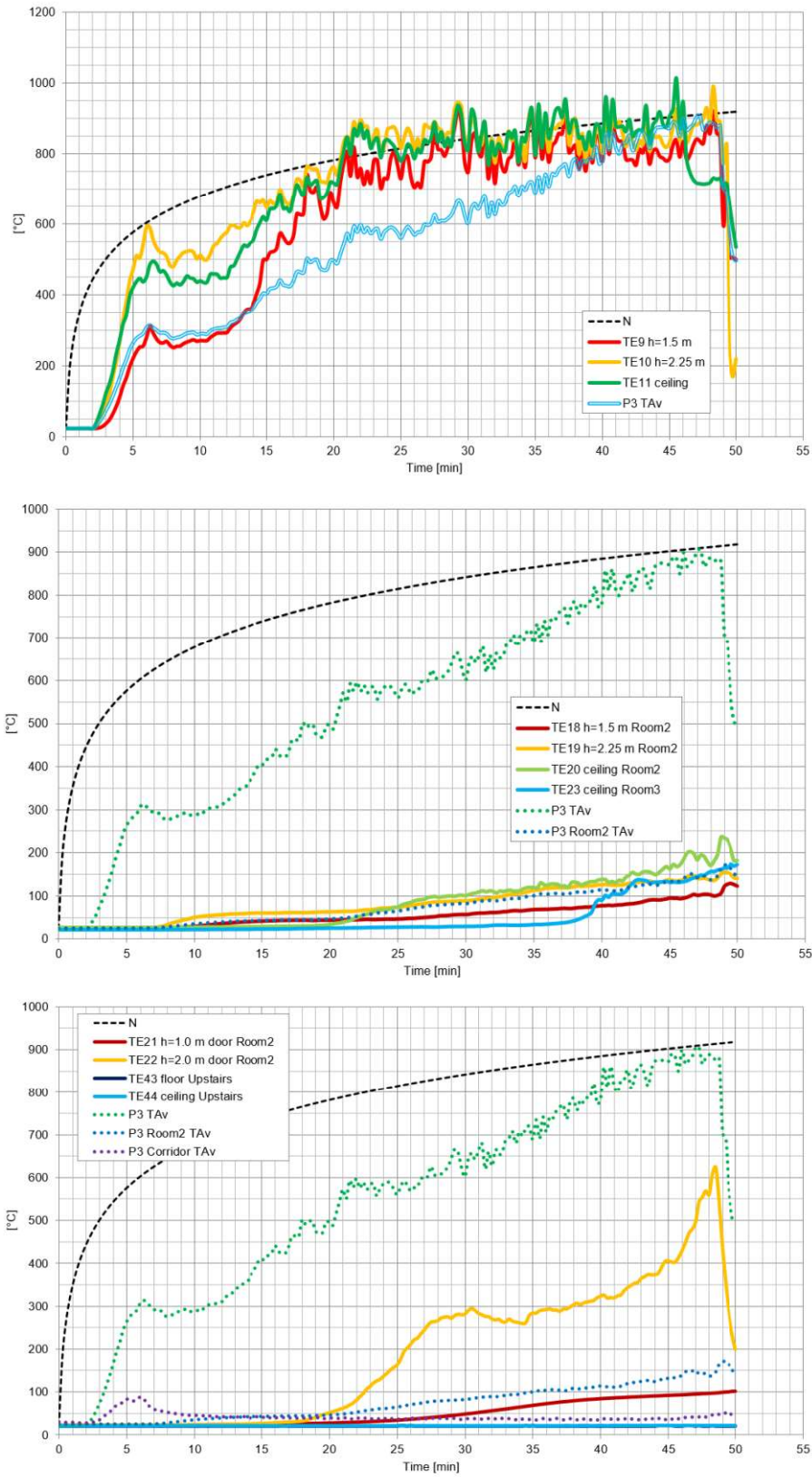


a)



b)

Fot. 6.23. Scenariusz pożarowy P3 – widok ściany działowej o konstrukcji drewnianej za którą panuje rozwinięty pożar; a) 3 minuta od podpalenia stosu drewna, b) 15 minuta od początku pożaru – w pomieszczeniu za ścianą nastąpiło już rozgorzenie i temperatury przekroczyły 600°C – patrz fot. 6.25, wykres 1 (fot. P. Sulik)



Fot. 6.24. Scenariusz pożarowy P3 – rozkład pomierzonych temperatur w czasie, w wybranych punktach. (rys. P. Sulik)



Fot. 6.25. Scenariusz pożarowy P1 – rozkład pomierzonych temperatur w czasie, w wybranych punktach.
(rys. P. Sulik)



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Fot. 6.26. Scenariusz pożarowy P1 i P3 – widok pomieszczenia po pożarze: a) ściana z odsłoniętymi kolejnymi warstwami, b) strop z odsłoniętymi kolejnymi warstwami, c i d) – widok odsłoniętej, nienaruszonej konstrukcji drewnianej ściany szkieletowej, e i f) – widok odsłoniętej, częściowo nienaruszonej konstrukcji drewnianej stropu. (fot. P. Sulik)



a)



b)

Fot. 6.27. Prawidłowo wykonana puszka instalacji elektrycznej charakteryzująca się odpowiednią klasą odporności ogniowej: a) widok puszki po badaniu ogniowym, b) widok puszki po demontażu okładzin do których została zamontowana. (fot. P. Sulik)



a)



b)

Fot. 6.28. Konstrukcja z drewna klejonego w skali rzeczywistej: a) w trakcie przygotowań, b) w trakcie pożaru o dużym obciążeniu ogniowym. (fot. P. Sulik)

6.8 Podsumowanie

Wymagania z zakresu bezpieczeństwa pożarowego, szczególnie w przypadku przegród, a więc elementów o szkieletcie drewnianym z okładzinami, jak wspomniano w Rozdziale 6.2, to tylko 1 z 7 wymagań podstawowych jakie powinny spełniać budynki, co oznacza, że realizacja pozostałych wymagań przyczynia się również do zapewnienia wymagań z zakresu bezpieczeństwa pożarowego. Przykładem są chociażby wymagania z zakresu akustyki, a dokładnie ochrony przed hałasem, która to cecha w przypadku budynków o konstrukcji szkieletu drewnianego jest dużo większym wyzwaniem dla projektanta, niż zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego, w odniesieniu do wymagań Rozporządzenia [2]. Największym problemem w przypadku izolacyjności akustycznej jest fakt, że zmiana jednego elementu w przegrodzie, korekta jego grubości lub gęstości skutkuje zmianą izolacyjności całej przegrody.

Dochodzi do tego jeszcze ogromny wpływ rozwiązań połączeń poszczególnych przegród budynku i precyzja ich wykonania, czyli dokładnie te same cechy jakie są istotne przy ocenie np. odporności ogniowej przegrody. W przegrodach o konstrukcji szkieletowej, izolację akustyczną uzyskuje się bazując na układzie masa – sprężyna – masa. Dla ścian masą są płyty poszycia np. gipsowo-kartonowe, gipsowo-włóknowe. Im mają większą gęstość, im większą mają masę (stąd zalecenia układów 2-warstwowego poszycia), tym lepiej. Oznacza to, że np. dwie płyty gipsowo-kartonowe typu DF dają lepszą izolacyjność akustyczną niż jedna płyta typu DF lub A. Analogicznie jest z odpornością ogniową przegrody, gdzie ilość i jakość warstw poszycia odgrywa decydującą rolę dla uzyskanej klasy odporności ogniowej. Sprężyną w omawianym układzie jest przestrzeń, pomiędzy płytami okładzin, gdzie w budynkach o szkielecie drewnianym stosuje się niepalną wełnę mineralną. W przypadku akustyki, drewniany szkielet wpływa niekorzystnie i burzy „czystość” układu masa – sprężyna – masa, dlatego bardzo istotne jest szczelne wypełnienie przestrzeni wełną mineralną o odpowiedniej gęstości i izolacyjności. Z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego jest to również bardzo istotne z dwóch powodów. Po pierwsze zwiększa się szczelność i izolacyjność ogniową przegrody, a po drugie, szczelnie otulająca elementy drewniane, niepalna wełna mineralna ogranicza możliwość destrukcji termicznej drewnianego szkieletu.

W przypadku stropów jest nieco inaczej, gdyż od dołu bardzo często stosuje się sufity podwieszane, gdzie masę również stanowią płyty poszycia. Od góry izolując strop od dźwięków powietrznych i uderzeniowych najczęściej stosuje się suchy jastrych na podkładzie ze specjalnej wełny podłogowej – a więc również rodzaj płyt, w tym wypadku najczęściej gipsowo-włóknowych. W powyższym układzie masą są więc ciągle płyty, od góry gipsowo-włóknowe i od dołu gipsowo-kartonowe, przy czym nadal obowiązuje zasada, że im ich gęstość jest wyższa oraz większa jest ich grubość, co przekłada się na masę (zalecane podwójne obicie), tym lepiej. Wewnątrz stopu, między belkami, w celu wyjaśnionym powyżej, stosuje się szczelnie ułożoną warstwę wełny mineralnej. Z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego uzyskujemy więc układ, gdzie palna konstrukcja drewniana zapewniająca sztywność, jest chroniona ze wszystkich stron przez niepalne elementy – płyty, izolację termiczną.

W zakresie akustyki i bezpieczeństwa pożarowego mamy jeszcze jedno podobieństwo. W obydwu przypadkach jakość wykonania przegród, ich szczelność, prawidłowe rozwiązanie detali połączeń, odpowiednie zabezpieczenie elementów instalacji np. puszek elektrycznych, istotnie wpływa na końcowe parametry przegrody. Powtarzalność wykonania i odpowiednia kontrola jakości mają więc bardzo istotny wpływ na uzyskany efekt końcowy. Utrzymanie takiego reżimu technologicznego na budowie, przy zmiennych warunkach atmosferycznych, często rotujących się pracownikach, jak wykazuje doświadczenie, jest w zasadzie niewykonalne. Oznacza to, że w przypadku tego typu przegród lub wręcz przestrzennych fragmentów budynków – np. modułów, wymaganą powtarzalność wykonania można uzyskać stosując prefabrykację, a więc wykonywanie elementów w zakładach, w reżimie jakościowym linii produkcyjnej.

Podobnie jest w przypadku konstrukcji klejonych, w tym drewna klejonego krzyżowo (CLT). Z uwagi na ich masywność, np. ściany czy stropy same w sobie stanowią doskonałą ochronę dla innych pomieszczeń przed przenoszeniem ognia, przy czym należy pamiętać, że w obecnym stanie prawnym elementy takie trzeba albo uniepalniać albo zabezpieczać ogniochronnie okładzinami, tak by mogły być traktowane jako nierozprzestrzeniające ognia. Jak wspomniano

powyżej zastosowanie pojedynczej płyty gipsowo-kartonowej typu A, całkowicie rozwiązuje ten problem, przy czym niezwykle istotne jest by zachować odpowiednią długość łączników.

Jak wskazuje historia, i jak przywołano już w Rozdziale 1, drewno jest materiałem, który towarzyszy ludzkości w kontekście budownictwa od samego początku. Pierwotnie było bardzo popularne, by po tragicznych pożarach miast np. Londyn 1666 r., Hamburg 1842 r., Kraków 1850 r., czy Chicago 1871 r., jego wykorzystanie w budownictwie zostało administracyjnie ograniczane. Właśnie zagrożenie pożarowe, a konkretnie palność drewna, było podstawowym czynnikiem, który na dziesięciolecia zahamował rozwój budownictwa drewnianego w Polsce. Związane to było z ustanowionymi po II wojnie światowej przepisami, które w początkowej formie odnosiły się do palności, a w późniejszym okresie również do rozprzestrzeniania ognia. Wprowadzane ograniczenia, uwzględniając ówczesne możliwości i materiały, dbały o interes obywateli, niemniej na przestrzeni lat rozwój materiałów i technologii stosowanych w budownictwie doprowadził do tego, że udało się przewyciężyć ograniczenia drewna, dodatkowo uwypuklając jego zalety.

Z ogniowego punktu widzenia widać wyraźne różnice w podejściu do projektowania elementów murowych czy betonowych i drewnianych, przede wszystkim dlatego, że budynki murowane czy betonowe wykonane są z materiałów niepalnych (beton, ceramika, itp.) i z ogniowego punktu widzenia wybaczą wiele błędów popełnionych na etapie projektu a potem wykonawstwa, podczas gdy budynki o konstrukcji drewnianej, a więc wykonane z ekologicznego ale palnego materiału, podczas projektowania wymagają zrozumienia jego ograniczeń i maksymalnego wykorzystania zalet, tak by zminimalizować możliwość udziału konstrukcji drewnianej w rozprzestrzenianiu ognia. Oznacza to konieczność dokładnego narysowania i przemyślenia detali w projekcie oraz dużą dbałość o szczegóły. Tylko wiedza, kwalifikacje i doświadczenie projektanta oraz odpowiednie wyszkolenie ekipy montażowej są w stanie zagwarantować, że budynek o konstrukcji drewnianej będzie dobrze zaprojektowany i wykonany oraz posłuży przez dziesięciolecia, zapewniając komfort i bezpieczeństwo użytkowników.

Dzisiaj, z technicznego punktu widzenia, nie ma żadnych ograniczeń by w szerszy sposób wykorzystywać drewno w budownictwie. Z ogniowego punktu widzenia, przy współczesnych technologiach, to jedne z bezpieczniejszych zachowujących się w pożarze rozwiązań, co oznacza, że bezpieczeństwo pożarowe w przypadku konstrukcji drewnianych nie stanowi problemu, a wręcz przewagę nad innymi technologiami.

Rolą projektanta bardzo często jest także przekonanie inwestora do wykonania budynku w danej technologii. Poniżej zebrano kilka argumentów, pozwalających na argumentację na rzecz bezpiecznych pożarowo budynków o konstrukcji drewnianej.

- Drewno jest jednocześnie materiałem palnym ale i dobrym izolatorem, co oznacza, że wytwarza mechanizm spowalniający proces spalania. Zwęglenie zaczyna się zazwyczaj w temperaturze 280-300°C, ale zanim to nastąpi, najpierw ogień musi się pozbyć wody z drewna, która w sposób naturalny w nim występuje (ok. 12%) i stanowi istotną barierę. Dopiero po jej przekroczeniu pojawia się zwęglina – rodzaj izolacji termicznej dla ognia, więc proces spalania postępuje bardzo powoli z prędkością 0.7-0.8 mm/min, co oznacza że okładzina drewniana np. typowa deska calowa (25.4 mm) jest w stanie skutecznie zabezpieczyć konstrukcję przez ponad 30 minut trwania pożaru. Dla porównania,

niezabezpieczony, obciążony, poprawnie zaprojektowany element stalowy, mimo że niepalny, po 30 minutach pożaru na pewno utraci nośność na skutek bardzo szybkiej redukcji parametrów wytrzymałościowych wraz ze wzrostem temperatury. Stal jest wrażliwa na działanie ognia, więc potrzebuje specjalnego zabezpieczenia, zaś drewno potrafi samoczynnie, w sposób przewidywalny przeciwdziałać degradacji wywołanej przez ogień, chroniąc wnętrze przekroju.

- Konstrukcje drewniane nie kojarzą się mokrymi procesami tylko z suchą zabudową, w której powszechnie wykorzystuje się płyty na bazie gipsu. Analiza wzoru chemicznego gipsu: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 40 + 32 + 4 \cdot 16 + 2(2 \cdot 1 + 16) = 172$ g/mol, pozwala stwierdzić, że przeciętna zawartość wody w płytach na bazie gipsu wynosi aż $36 \cdot 100\% / 172 = 21\%$. Te 21% chemicznie uwięzionej wody, w przypadku pożaru bardzo skutecznie chroni elementy drewniane przed degradacją, zapewniając wystarczający czas zarówno na przeprowadzenie bezpiecznej ewakuacji jak również przeprowadzenie skutecznej akcji ratowniczo-gaśniczej.
- Standardem w przypadku konstrukcji o szkielecie drewnianym jest stosowanie niepalnych, izolacji (termicznych i akustycznych) wykonanych albo z piasku albo ze skał magmowych, a więc w pełni naturalnych surowców, które szczelnie otaczają elementy drewniane, stanowiąc kolejną barierę dla ognia. Ponadto, materiały te w wysokich temperaturach nie generują wysoko toksycznych gazów, co oznacza znacznie mniejsze ryzyko zatrucia, bo elementy budynku nie przyczyniają się w sposób znaczący do wytwarzania niebezpiecznych gazów pożarowych.
- Wysoki standard wykonania budynków o konstrukcji drewnianej, nie wynika wyłącznie z potrzeb inwestora, ale przede wszystkim jest wymuszony przez aspekty użytkowe i bezpieczeństwa. Tego typu elementy w dzisiejszych czasach produkowane są w fabrykach, na uprzemysłowionych liniach produkcyjnych wyposażonych w nowoczesne, często automatyczne maszyny, co zapewnia odpowiednią powtarzalność produkcji i rzetelną kontrolę jakości. To nie wyrób jednorazowy z jakim mamy do czynienia w przypadku prac prowadzonych na budowie ale zaawansowany technicznie gotowy wyrób, jedynie montowany w całość na miejscu wbudowania
- Współczesne budynki o konstrukcji drewnianej najczęściej charakteryzują się niskim zapotrzebowaniem na energię, co jest związane z ich dobrą izolacyjnością termiczną oraz szczelnością powietrzną. Jak powszechnie wiadomo do zainicjowania a potem rozwoju pożaru niezbędne jest paliwo, ciepło i powietrze. Źródło ognia może być przypadkowe, paliwo może stanowić wyposażenie danego pomieszczenia, bo ściany czy stropy wykonane jak opisano powyżej, w początkowej fazie pożaru na pewno nie biorą udziału w rozwoju pożaru. W zestawieniu z faktem, że zawartość tlenu w szczelnym pomieszczeniu jest ograniczona i w przypadku pożaru dosyć szybko się wyczerpuje – prowadzi to do zaduszenia pożaru. Pożar w szczelnym budynku nie ma jak się rozwinąć, a żeby się rozwinął musi poczuć przestrzeń od której dzieli go szczelnie wykonane przegrody dobrze zaprojektowanego budynku. Projektując więc budynek, ograniczając mostki termiczne, likwidując przecieki powietrza, itp. projektant nie tylko dba o właściwy komfort użytkownika i minimalizuje koszty utrzymania budynku, ale przy okazji znacząco poprawia również bezpieczeństwo pożarowe, przyczyniając się niejako przy okazji do znacznego podniesienia poprawy bezpieczeństwa.

Rozdział 7. Omówienie wybranych błędów popełnianych w budownictwie drewnianym

Błędy w budownictwie drewnianym mogą zaistnieć (jak i w każdym innym rodzaju budownictwa), na każdym etapie lub być kumulacją nieprawidłowości popełnianych na poszczególnych etapach prac. W rozdziale celowo przedstawiamy zarówno przykłady błędów projektowych, jak i wykonawczych, by pokazać projektantom, jakie skutki może mieć nieuwzględnienie pewnych aspektów podczas prac projektowych lub niewystarczające opisanie wymagań. Nie jesteśmy w stanie oczywiście ukazać całego katalogu możliwych uchybień, ale postaramy się przedstawić kilka wybranych, istotnych aspektów.

Na wstępie przedstawiamy przywoływane już wielokrotnie przez autorów interpretowanie przepisów przez niektórych deweloperów w sposób niezgodny z intencjami ustawodawcy, która to sytuacja skutkuje nadmiernym zagęszczeniem zabudowy działek. Należy zdawać sobie sprawę, że działania takie nie mają na celu zapewnienia należytego poziomu bezpieczeństwa, a jedynie chęć zysku, co stwarza realne zagrożenie dla przyszłych użytkowników.

Informację tę celowo powielamy w każdej części niniejszego cyklu, by zwrócić uwagę na jej niewłaściwość każdej grupie uczestniczącej w procesie budowlanym. Szczególnie istotne jest natomiast, żeby właśnie projektanci rozumieli niebezpieczeństwo opisanych poniżej rozwiązań i – zdając sobie sprawę z tego niebezpieczeństwa oraz odpowiedzialności za przyjmowane w projektach rozwiązania – potrafili odpowiednio w tym zakresie rozmawiać z inwestorem czy zleceniodawcą.

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych [2] wskazuje w § 273.1: **Odległości między ścianami zewnętrznymi budynków położonych na jednej działce budowlanej nie ustala się, z zastrzeżeniem § 249 ust. 6, jeżeli łączna powierzchnia wewnętrzna tych budynków nie przekracza najmniejszej dopuszczalnej powierzchni strefy pożarowej wymaganej dla każdego ze znajdujących się na tej działce rodzajów budynków.** Przepis ten miał umożliwić właścicielowi działki budowę na swojej działce budynków zaspokajających jego potrzeby. Zapis oznacza, że teoretycznie na jednej działce można wybudować dwa czy trzy budynki (albo i więcej) nie zachowując odległości, wymaganych przepisami w przypadku domów sytuowanych na różnych działkach. Tymczasem coraz częściej zdarza się, że deweloperzy wykorzystują ten zapis i zabudowują wieloma domami jednorodzinnymi jedną, niepodzieloną działkę (chcąc zbudować jak najwięcej domów na jak najmniejszej działce).

Powyższy zapis w zestawieniu z faktem, że § 213 Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [2] wyłącza domy jednorodzinne i obiekty do trzech kondygnacji spod obowiązku zapewnienia klasy odporności pożarowej oraz nierozprzestrzeniania ognia – stwarza realne niebezpieczeństwo dla użytkowników – czyli nabywców lokali w takich domach. Przy takiej zabudowie bezpieczeństwo obcych sobie osób zamieszkujących lokale w domach jednorodzinnych usytuowanych na jednej działce jest na zdecydowanie niższym poziomie niż bezpieczeństwo osób zamieszkujących lokale w domach (jedno- i wielorodzinnych) usytuowanych na różnych działkach. Niektórzy deweloperzy budują obiekty niemal stykające się okapami (fot. 7.1), inni wznoszą budynki tak, że sąsiad sąsiadowi może przez okno gazetę czy inne przedmioty podawać (fot. 7.2).



Fot. 7.1 Domy jednorodzinne na jednej działce. Odległość okapów rzędu kilkudziesięciu centymetrów (fot. E.I. Kotwica)



Fot. 7.2 Domy jednorodzinne na jednej działce. (fot. E.I. Kotwica)

Warto wyobrazić sobie, co stanie się, jeżeli w jednym z tak zbudowanych domów pojawi się źródło ognia. Zasięg płomieni z pomieszczenia, w którym znajduje się źródło ognia, pokazany został na fot. 7.3 wykonanej podczas eksperymentu pożarowego, opisanego w Rozdziale 6 niniejszego poradnika. Dla projektanta powyższa wiedza jest szczególnie istotna.



Fot. 7.3 Zasięg płomieni z pomieszczenia, w którym znajduje się źródło ognia. (fot. E.I. Kotwica)

Zestawienie fotografii 7.3 pokazującej zasięg płomieni z fotografiami 7.1 oraz 7.2, ukazującymi rozwiązania stosowane przy zabudowie wieloma domami jednorodzinnymi niepodzielonej działki jednoznacznie obrazuje wskazywane przez Autorów niebezpieczeństwo takiego sytuowania domów (w tym ścian z otworami). Przy tego rodzaju zabudowie, jak na przywołanych zdjęciach, ogień rozprzestrzeniłby się relatywnie szybko – płomienie bez problemu przedostaną się do pomieszczenia w sąsiednim budynku przez otwory wyposażone w stolarkę nie posiadającą żadnej odporności ogniowej i będą rozprzestrzeniać się dzięki zastosowaniu wyrobów nie klasyfikowanych jako nierozprzestrzeniające ognia (patrz wyżej – dla domów jednorodzinnych Rozporządzenie w sprawie WT [2] nie stawia wymagań co do konieczności spełnienia warunków powiązanych z klasą odporności pożarowej oraz nierozprzestrziania ognia).

W opinii autorów zabudowa, jak na zdjęciach fot. 7.1 i fot. 7.2 jest zaprzeczeniem dobrych praktyk i stanowi błąd – niezależnie od rodzaju budownictwa.

7.1 Błędy związane ze stosowaniem niewłaściwych wyrobów budowlanych lub niewłaściwych podstaw normowych

W rozdziale 2 przedstawione zostały wymagania stawiane poszczególnym wyrobom stosowanym w budownictwie drewnianym. Wymagania te dotyczą nie tylko etapu produkcji i wykonawstwa, ale w pewnej części muszą być wypełnione również przez projektantów. W rozdziałach 3 i 4 opisane zostały wymagania stawiane projektom. Tu natomiast wymienione zostały sytuacje niepoprawne, skutkujące nieprawidłowościami na etapie wykonawstwa i użytkowania. Do takich niepoprawnych i niedopuszczalnych sytuacji należą m.in.:

- W projekcie zastosowano klasy drewna i parametry wytrzymałościowe, pochodzące z nieaktualnych norm. Niestety, w wielu opracowaniach wciąż można spotkać referencje do normy PN-B 03150 z roku 2000, a nawet z roku 1981, referencje do EN 1194 czy do EN338 z roku 1999 – które to normy zawierają od dawna nieaktualne i niedopuszczone do

stosowania parametry wytrzymałościowe. Zdarza się też mieszanie norm i ich zawartości np. przywoływanie klasy drewna klejonego GL30 według EN 14080:2013 ale podawanie parametrów wytrzymałościowych dla klasy GL30 pochodzących z nieaktualnego od 2004 roku załącznika do normy PN-B 03150:2000.

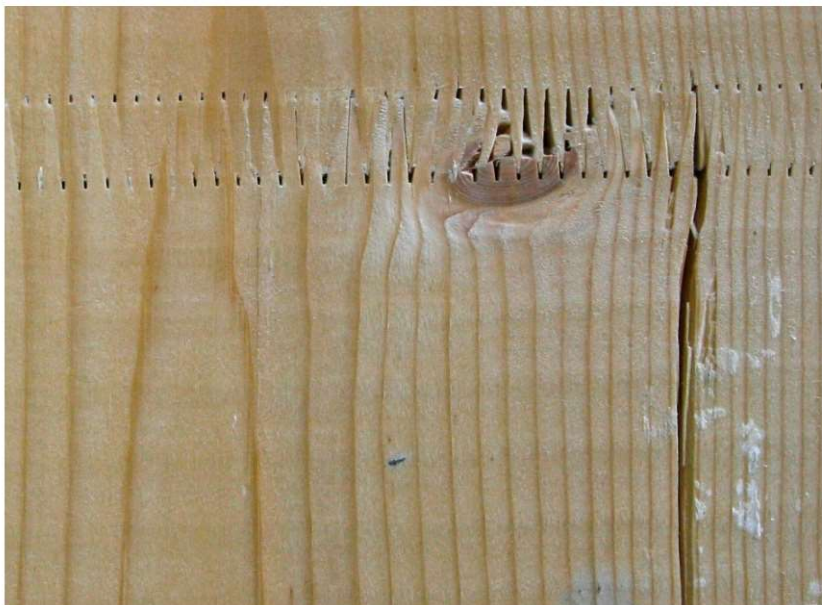
- W projekcie zastosowano wyroby budowlane nie przeznaczone do stosowania w projektowanej klasie użytkowania.
- Zamawianie wyrobów nie przeznaczonych do zastosowań konstrukcyjnych z jednoczesnym przekazywaniem dokumentów odbiorowych znalezionych przypadkowo w sieci. W jednym z opiniowanych przypadków inwestor, zaniepokojony jakością dostarczonego drewna, zadał pytanie dostawcy i wykonawcy o klasę dostarczonego drewna i dokumenty odbiorowe (elementy nie miały wymaganego oznakowania). Dostawca odpowiedział „a jak mam dostarczyć dokumenty odbiorowe dla drewna konstrukcyjnego, skoro wykonawca zamówił drewno niekonstrukcyjne?”. Wykonawca natomiast, nie wiedząc o korespondencji inwestora z dostawcą, przedłożył „jakąś deklarację” znaną z internetu. Nie zauważył przy tym, że znalazł coś bardzo starego (z przełomu XX i XXI wieku), co nie koresponduje ze współczesnymi wymaganiami.

KRAJOWA DEKLARACJA ZGODNOŚCI !

1. Dostawca wyrobu budowlanego:
2. Nazwa wyrobu budowlanego:
Krawędziak iglasty
3. Klasyfikacja statystyczna wyrobu:
16.10.Z
4. Przeznaczenie i zakres stosowania wyrobu:
Ogólne zastosowanie w budownictwie
5. Deklarowane cechy techniczne typu wyrobu budowlanego:
Drewno klasy K 33 !
Elementy więźby dachowej poddane zostały impregnacji techniką kąpielii środkiem bio-ochronnym do drewna IMPRALIT – CCO, posiadającego aprobatę techniczną ITB wydaną przez Instytut Techniki Budowlanej
Krawędziaki zostały wykonane zgodnie z polską normą PN-B-03150 z sierpnia 2000r.
– konstrukcje drewniane – obliczenia statystyczne i projektowanie

Fot. 7.4 Błędna deklaracja, zarówno co do formy, jak i wskazanej klasy drewna. Takie deklaracje wystawiane były do przełomu XX i XXI wieku. Obecnie nie wolno dla drewna konstrukcyjnego (ani innych wyrobów opisanych w Rozdziale 2), wydawać krajowych deklaracji.

- Bezkrytyczne przyjmowanie przez wykonawcę drewna nie posiadającego wymaganych dokumentów, mimo że powiązane jest to z brakiem zapewnienia stałych i niezmiennych właściwości użytkowych. Odpowiednie zapisy, precyzujące wymagania, są w tym względnie pomocne.



Fot. 7.5 Element z drewna klejonego warstwowo z niepoprawnie wykonanym złączem klinowym (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.6 Element z drewna litego, który nie nadaje się do zastosowania konstrukcyjnego (fot. E. I. Kotwica)

- Brak odpowiedniego składowania wyrobów stosowanych w budownictwie drewnianym – zarówno w zakresie zapewnienia osłony przed opadami atmosferycznymi, jak i niewłaściwego składowania. Pozostawianie elementów konstrukcji drewnianej w sposób narażający je na zniszczenie i odkształcenia.



Fot. 7.7 Niepoprawny sposób składowania wiązarów kratowych – widoczne odkształcenia spowodowane nierównością podparć oraz zbyt bliska odległość od ziemi. (fot. E.I. Kotwica)



Fot. 7.8 Niepoprawny sposób składowania wiązarów kratowych i drewna – elementy konstrukcyjne leżą w sposób przypadkowy, w bezpośrednim kontakcie z gruntem. (fot. E.I. Kotwica)

7.2 Błędy na etapie realizacji

Poniższe przykłady, pokazujące błędy wykonawcze, wynikające z niewiedzy wykonawcy, często w powiązaniu z brakami projektowymi, wykryte zostały przy okazji wizji lokalnych, poprzedzających opracowanie opinii lub ekspertyzy technicznej, czasem zauważone w innych okolicznościach. Generalnie w większości przypadków brakowało poprawnego i kompleksowego projektu, a sporo pokazanych na zdjęciach rezultatów wynika z braku umiejętności oraz doświadczenia wykonawcy.

W powiązaniu z faktem, że w projektach spotyka się zapisy świadczące o braku przeprowadzenia kompleksowych obliczeń (jak niżej) – sytuacje pokazane na zdjęciach zamieszczonych w tym rozdziale przestają dziwić. Trzeba mieć świadomość, że czym innym jest (właściwe) przyjęcie kompleksowych rozwiązań systemowych w projekcie, a czym innym – scedowanie na osoby trzecie niekontrolowanych wyborów.

- Wszystkie elementy złączne, a także węzły podporowe, złącza konstrukcji i stężenia są elementami systemowymi dostarczonymi przez zakład produkujący konstrukcje z drewna klejonego. Każdy z Producentów ma własne systemy połączeń dostosowane o specyfiki swojego wyrobu (**nieprawda**);
- Przybliżone wymiary elementów [...], dokładne wymiary przyjmie **producent (nie wolno przyjmować takiej filozofii)**;
- Zastosować dźwigary dachowe oraz płatwie z drewna klejonego według rozwiązań systemowych producentów konstrukcji z drewna klejonego (**nie wolno przyjmować takiej filozofii**);
- Przekroje elementów oraz sposób kotwienia do słupów żelbetowych dobiera producent (**nie wolno przyjmować takiej filozofii**).



Fot.7.9 Detal więzara wykonany według fantazji wykonawcy. Praca i bezpieczeństwo takiego rozwiązania są co najmniej dyskusyjne. (fot. E.I. Kotwica)



Fot. 7.10 Detal połączenia wykonany według fantazji wykonawcy. Przypadkowe rozmieszczenie i przypadkowa ilość łączników, przypadkowe wymiary elementów konstrukcji drewnianej (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.11 Detal połączenia wykonany według fantazji wykonawcy.(fot. P. Sulik)



Fot. 7.12 Zastosowanie drewna nie-przeznaczonego do celów konstrukcyjnych w połączeniu z przyjętym rozwiązaniem (nie wiadomo, czy przez projektanta, czy „pomysłowego” wykonawcę) zaskutkowało spękaniem i brakiem pracy części odspojonej. Niezbędne wzmocnienie. (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.13 Przypadkowe i niestaranne wykonanie połączenia na podporze. (fot. E. I. Kotwica)



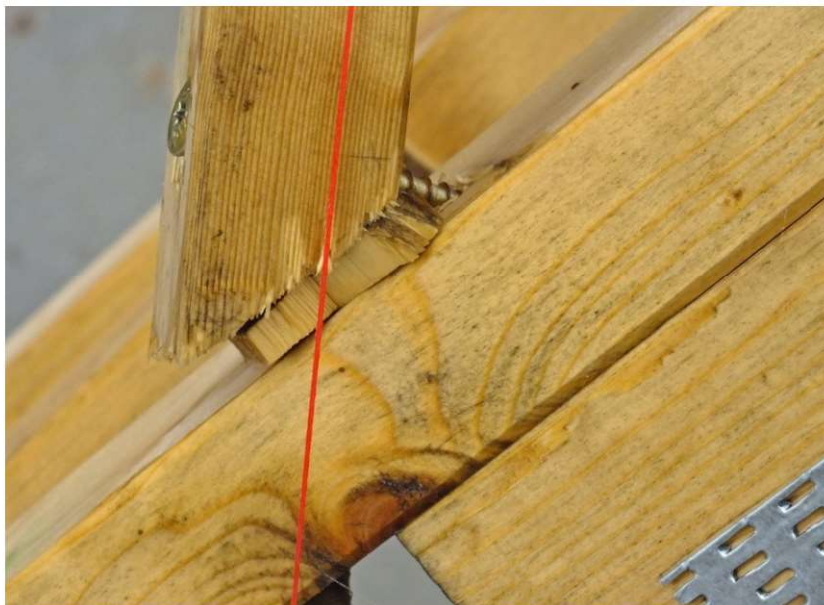
Fot. 7.14 Przypadkowe i niestaranne wykonanie połączenia styku. (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.15 Brak zachowania normowych odległości od krawędzi łączonego materiału. Na czerwono zaznaczono odległość osi łącznika od krawędzi elementu drewnianego – mniejszą niż wymagana normowo (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.16 Nieprawidłowe łączenie konstrukcji drewnianej oraz konstrukcji wykonanej w technologii mokrej. Jakość podwaliny pozostaje bez komentarza (fot. E. Kłosowski)



Fot. 7.17 Fantazja wykonawcy czasem nie zna granic. Brak rozwiązań projektowych detali jest często siłą sprawczą takich pomysłów (fot. E. Kłosowski)

7.3 Błędy popełniane na pozostałych etapach prac, wpływające na konstrukcję drewnianą



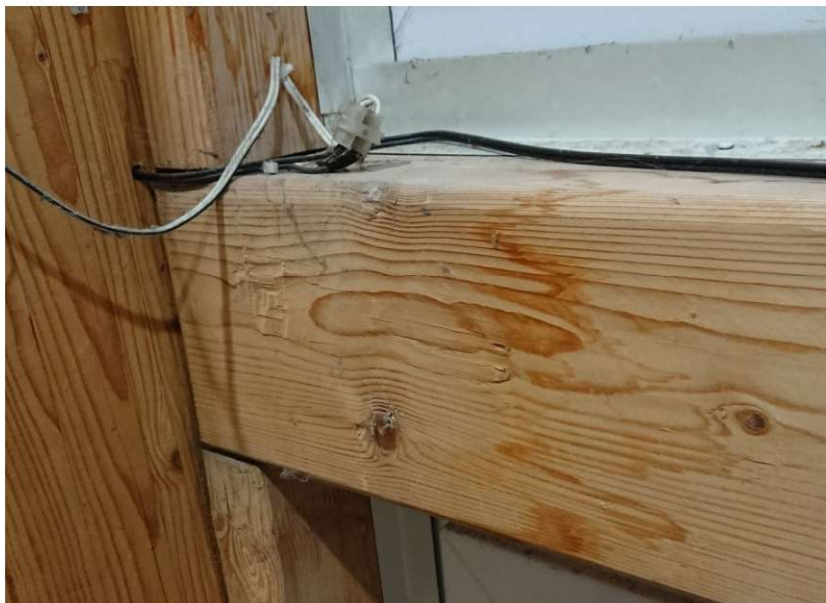
Fot. 7.18 Wskutek kolizji wywiewki kanalizacji z elementem konstrukcji, zakończono rurę pod elementem drewnianym, czego efektem jest widoczna na zdjęciu korozja biologiczna elementu drewnianego (fot. U. Kotwica)



Fot.7.19 Niepoprawnie zaprojektowany i wykonany detal połączenia ściany budynku ze ścianą fundamentową – wykonanie cokołu wystającego poza lico ściany skutkuje zaleganiem wody i korozją w obrębie ściany, cokół jest też za niski (fot. E.I. Kotwica)



Fot.7.20 Niepoprawnie wykonana obróbka – z pominięciem systemowego profilu przejściowego. (fot. z archiwum Stowarzyszenia EDG)



Fot.7.21. Nieszczelność obudowy powoduje zawilgocenie drewnianych elementów konstrukcyjnych i docelowo ich korozję biologiczną (fot. E. I. Kotwica)

7.4 Zestawienie wybranych przykładów błędnie i poprawnie wykonanych detali

Przedstawione w poradniku zasady nie są w żaden sposób skomplikowane. Poniższe przykłady pokazują, że poprawne wykonanie poszczególnych detali jest możliwe, jeśli zostaną odpowiednio zaprojektowane, a potem wykonane zgodnie z projektem. Odrębną kwestią jest stosowanie kompletnych rozwiązań systemowych, a nie – tylko ich części – z uwagi na złe pojęcie oszczędności.



Fot. 7.22 NIE. Przypadkowe wykonanie stężeń z zastosowaniem taśmy perforowanej. Po lewej stronie wyraźne obwiśnięcie taśmy, co powoduje, że nie spełnia żadnej roli jako stężenie, po prawej stronie przypadkowe, niczego nie gwarantujące zamocowanie taśmy na elemencie drewnianym (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.23 TAK. Poprawnie wykonane detale stężeń systemowych z zastosowaniem taśmy perforowanej. Zastosowanie pokazanej na środkowym zdjęciu nakrętki napinającej pozwala na właściwe napięcie stężenia w przypadku zastosowania taśmy. (fot. T. Szczesiak)



Fot. 7.24 NIE. Niepoprawne, przypadkowe zamocowanie kątowników. Po lewej stronie zastosowano losowo dobraną i rozmieszczoną liczbę łączników, dodatkowo niepoprawnie sytuując kątownik. Po prawej stronie połączenie wygląda tak, jakby właśnie wykonawcy skończyły się gwoździe i wkręty. (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.25 TAK. Poprawnie wykonane połączenia z wykorzystaniem kątowników i projektowo dobranej ilości łączników. (fot. T. Szczesiak)



Fot. 7.26 NIE. Niepoprawne, przypadkowe zamocowanie łącznika krokwiowego (fot. E. I. Kotwica)



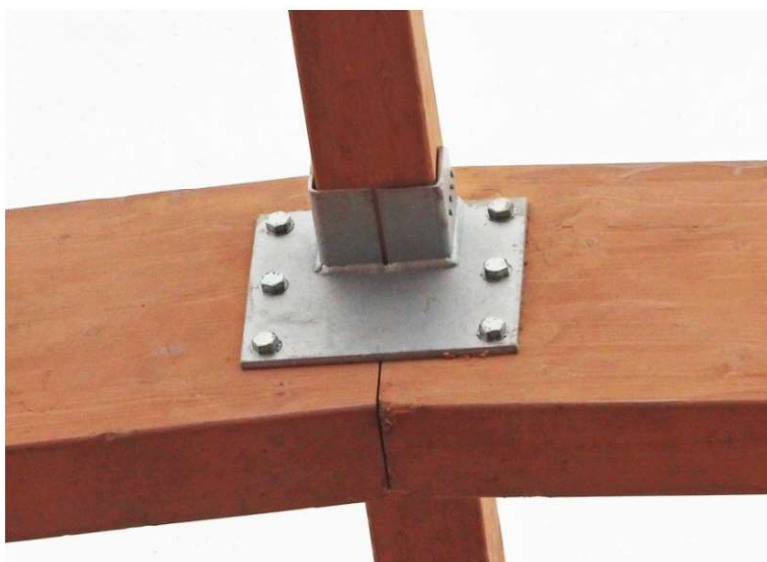
Fot. 7.27 TAK. Poprawnie wykonane połączenia z wykorzystaniem łącznika krokwiowego projektowo dobranej ilości łączników. (fot. T. Szczesiak)



Fot. 7.28 NIE. Niepoprawne wykonstruowanie i wykonanie podpór słupów. Usytuowanie drewna w bezpośrednim sąsiedztwie wilgotnego podłoża skutkuje podciąganiem kapilarnym wody, a docelowo – korozją biologiczną (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.29 TAK. Konstruując odpowiednio podporę można oddalić konstrukcyjny element drewniany od podłoża, zapobiegając tym samym jego zawilgoceniu. Po lewej stronie podstawę słupa odsunięto od podłoża, obudowując element fundamentu żelbetowego drewnem. Zdjęcie po prawej stronie pokazuje, że wiedzę tę posiadali już dawni mistrzowie budowlani (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.30 NIE Połączenie w kalenicy, które teoretycznie miało spełniać rolę przegubu- przy czym to nie jest rozwiązanie, które będzie taką pracę zapewniać. (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.31 TAK Przegub kalenicowy (fot. P. Sulik)

Podsumowanie

Realizacja coraz ambitniejszych przedsięwzięć z zakresu budownictwa drewnianego możliwa jest dzięki poprawnemu projektowaniu i wykonawstwu, wspieranych często badaniami. Od właściwej współpracy wykonawcy i projektanta zależy bardzo wiele – w tym zdrowie i życie użytkowników. Wymagania stawiane i projektowaniu, i wyrobom budowlanym muszą być spełniane niezależnie od rodzaju obiektu.

W każdej części cyklu, niezależnie od adresata wskazujemy, że niektóre przedstawione w poradniku informacje mogą zostać odebrane jako właściwe dla budownictwa ogólnego, co jest zrozumiałe, bo budownictwo drewniane jest integralną częścią budownictwa jako całości. Należy mieć zawsze świadomość tego, że pewne wymagania dotyczą wyłącznie budownictwa drewnianego, niektóre zaś są takie same dla każdego rodzaju budownictwa.

Przedstawione w niniejszej części poradnika zasady mają szansę przyczynić się do popularyzacji dobrych praktyk.

Budynki o konstrukcji drewnianej, jako jednej z nielicznych ze współcześnie dostępnych i powszechnie stosowanych w budownictwie technologii, odpowiadają pozytywnie na większość nurtujących świat problemów stawianych budownictwu, w tym klimatycznych. Rozwój technologii przyczynił się do tego, że współczesne budynki o konstrukcji drewnianej, wykorzystując różne wyróżniające się w danym zakresie rozwiązania materiałowe, spełniają wszystkie wymagania podstawowe związane z bezpieczeństwem, jednocześnie w sposób wcześniej niespotykany uwzględniają aspekty środowiskowe. Na obecną chwilę wydaje się, że rozpatrując budownictwo w ujęciu holistycznym (zarówno od strony zapewnienia podstawowych potrzeb człowieka, użyteczności, komfortu, trwałości czy kosztów, ale również od strony jego wpływu na otaczający nas świat i stanu w jakim go zostawimy przyszłym pokoleniom), technologie oparte na budownictwie drewnianym postrzegane są jako jedno z lepszych rozwiązań. Potwierdzeniem tego jest renesans budownictwa drewnianego w wielu rozwiniętych gospodarczo krajach świata i ciągle prowadzone prace badawcze, które pozwolą na wykorzystanie drewna do wznoszenia znacznie wyższych budynków, np. w standardzie do 12 kondygnacji nadziemnych, do czego dążą również zmiany w przepisach w innych krajach.



Budynek wielorodzinny o konstrukcji drewnianej w Quebec City, Fot. P Sulik

Autorzy

E.I. Kotwica (ewainga@members.pl)

P. Sulik (p.sulik@itb.pl),

U. Kotwica (ulakotwica@gmail.com),

M. Beśka (m.beska@sedg.pl)

M. A. Hikiert (maria.hikiert@wp.pl)

Słowniczek

badanie typu (lub wstępne badanie typu)	Jest to część procedury oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych, polegająca na przeprowadzeniu badań i innych procedur (bp. obliczeń), opisanych w specyfikacji technicznej (normie zharmonizowanej, ETA), celem określenia właściwości użytkowych badanych próbek, reprezentatywnych dla danego wyrobu.
biały montaż	Prace hydrauliczne i wykończeniowe z zakresu podłączenia i montażu urządzeń sanitarnych (np. umywalka, wanna, zlew, bidet, ubikacja). Niektórzy do tego zakresu zaliczają też montaż szafek łazienkowych i kuchennych oraz innych elementów wyposażenia łazienek czy kuchni (bez AGD).
blower door test	Badanie szczelności budynku z zastosowaniem metody ciśnieniowej. Polega na montażu w wybranych drzwiach specjalnych kurtyn z wentylatorami, wytworzeniu podciśnienia lub nadciśnienia i odczytu za pomocą urządzeń i oprogramowania różnic ciśnień, co pozwala na m.in. określenie przepływu powietrza.
budowa „systemem gospodarczym”	Proces budowlany prowadzony w znacznej mierze lub w całości, siłami własnymi inwestora, jego rodziny i znajomych – czyli bez udziału siły fachowej lub z niewielkim jej wykorzystaniem.
budownictwo drewniane prefabrykowane	Obiekty o konstrukcji drewnianej, których elementy powstają w warunkach fabrycznych.
budynek jednorodzinny	Zgodnie z Ustawą Prawo budowlane [9]: budynek wolno stojący albo budynek w zabudowie bliźniaczej, szeregowej lub grupowej, służący zaspokajaniu potrzeb mieszkaniowych, stanowiący konstrukcyjnie samodzielną całość, w którym dopuszcza się wydzielenie nie więcej niż dwóch lokali mieszkalnych albo jednego lokalu mieszkalnego i lokalu użytkowego o powierzchni całkowitej nieprzekraczającej 30% powierzchni całkowitej budynku.
budynek wielorodzinny	Budynek mieszkalny, posiadający więcej niż 2 lokale mieszkalne.
check-lista	Zestawienie punktów, które należy sprawdzić kontrolując zakres prac określony daną check-listą.
deklaracja właściwości użytkowych	Deklaracja wystawiana przez producenta, który deklaruje w niej, jakie właściwości użytkowe posiada objęty nią wyrób. Deklaracja ta referuje do zharmonizowanych specyfikacji technicznych – norm zharmonizowanych lub Europejskich Ocen Technicznych (ETA) i musi zawierać minimum: określenie typu wyrobu; system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych.
drewno klejone krzyżowo	Elementy płytowe wykonane poprzez krzyżowe sklejenie desek z możliwością zastosowania w środkowych warstwach płyt drewnopochodnych lub LVL.
drewno klejone warstwowo	Konstrukcyjne drewno wykonywane z drewna sortowanego wytrzymałościowo, często z drewna na złącza klinowe – o grubości 6-45 mm (włącznie) poprzez sklejenie w jeden element przynajmniej dwóch desek zwanych lamelami. Drewno klejone

	warstwowo musi być zgodne z normą zharmonizowaną EN 14080:2013 [N19] i dostarczane z deklaracją właściwości użytkowych i oznakowaniem CE.
drewno na złącza klinowe	Konstrukcyjne drewno iglaste (gatunki wymienione w EN 15497 [N27]) lub topola, w którym maszynowo wykonano na końcach elementów ukształtowane w kliny wycięcia, a następnie połączono je za pomocą określonego normowo kleju. Drewno na złącza klinowe wykonywane jest z drewna sortowanego wytrzymałościowo. Musi być zgodne z normą zharmonizowaną EN 15497 [N27] i dostarczane z deklaracją właściwości użytkowych i oznakowaniem CE – dołączonym do dokumentacji handlowej i znajdującym się na każdej sztuce.
drewno sortowane na sucho	Drewno sortowane przy średniej wilgotności nie większej niż 20%, przy czym (zgodnie z normą EN 14081-1+A1:2011 [N20]) żaden pomiar wilgotności nie może przekroczyć 24%.
Dziennik Oficjalny Unii Europejskiej	Dokument unijny, wydawany w językach państw członkowskich Unii Europejskiej, w którym między innymi publikowane są akty prawne i ich projekty, a w interesującym nas zakresie – zestawienia norm zharmonizowanych.
Europejska Ocena Techniczna (European technical assessment, ETA)	Wydawana dla wyrobów, dla których nie ustanowiono normy zharmonizowanej. Jest dokumentem, na podstawie którego producent (po zapewnieniu spełnienia przez wyrób wskazanych w ocenie wymagań) wydaje deklaracje właściwości użytkowych i może oznakować wyrób CE. Zgodnie z Rozporządzeniem 305/2011 Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) [1]: „oznacza udokumentowaną ocenę właściwości użytkowych wyrobu budowlanego w odniesieniu do jego zasadniczych charakterystyk zgodnie z odnośnym europejskim dokumentem oceny;”
fornir klejony warstwowo (LVL)	Wykonywany poprzez sklejenie arkuszy drewna (najczęściej iglastego) o grubości do 6 mm. Przypomina wyglądem sklejkę, ale wykonaną z grubszych fornirów.
impregnacja	Zabezpieczenie powierzchni celem ochrony elementu przed korozją biologiczną lub podniesienia klasy reakcji na ogień.
izolacyjność ogniowa I	Zdolność danego elementu próbnego, będącego oddzielającym elementem konstrukcji budowlanej, poddanego działaniu ognia z jednej strony, do ograniczenia przyrostu temperatury na powierzchni nienagrzewanej powyżej danego poziomu. Oceniana jest na podstawie przyrostów temperatury w określonych przez daną normę badawczą miejscach (termoelementy powierzchniowe) oraz w miejscach, w których w trakcie badania wystąpi podejrzenie przekroczenia granicznej wartości przyrostu temperatury (termoelement ruchomy). Wartość przyrostu temperatury maksymalnej w dowolnym punkcie danego elementu wynosi z reguły 180°C (wyjątek stanowią drzwi), a temperatury średniej nie może przekroczyć 140°C.

klasa reakcji na ogień	Określa zachowanie się wyrobu budowlanego podczas pożaru.
klasa użytkowania	Klasa określająca warunki wilgotnościowe występujące w otoczeniu konstrukcji drewnianej przy określonej normowo temperaturze (20°C), które powiązane są z wilgotnością drewna. Norma Eurokod 5 wskazuje 3 klasy użytkowania.
klasa wytrzymałościowa drewna	Klasa określająca parametry wytrzymałościowe <ul style="list-style-type: none"> • klasy drewna litego, litego łączonego na złącza klinowe oraz sklejonego drewna litego określane są literą C, a wartość liczbowa określa wytrzymałość charakterystyczną na zginanie; • klasy drewna litego wykorzystywanego przy produkcji drewna klejonego warstwowo oznaczane są literą T, a wartość liczbowa określa wytrzymałość charakterystyczną na rozciąganie; • klasy drewna klejonego warstwowo oznaczane są GL, wartość liczbowa określa wytrzymałość charakterystyczną na zginanie; wyróżnia się klasy drewna jednorodnego, oznaczane dodatkowo literą „h” oraz kombinowanego, oznaczane dodatkowo literą „c”.
koncepcja	Pierwsza faza projektu, określająca kwestie funkcjonalne, wygląd, zagospodarowanie itp., w zgodności z oczekiwaniami inwestora (w tym jego możliwościami finansowymi) oraz z wymaganiami przepisów i planu zagospodarowania lub warunków zabudowy.
konstrukcje tymczasowe wsporcze	Konstrukcje stosowane podczas montażu np. łuków lub ram trójprzegubowych, ustawiane i stężane najczęściej po minimum 3 linie. Ustawiane w osiach elementów konstrukcyjnych i zwalniane po zakończeniu montażu i stężeniu danej sekcji.
konstrukcyjne drewno lite	Drewno iglaste (najczęściej świerk i sosna), sortowane wytrzymałościowo i zgodne z normą EN 14081-1 (obecnie norma zharmonizowana EN 14081-1+A1:2011 [N20]), dostarczane z deklaracją właściwości użytkowych i oznakowaniem CE – dołączonym do dokumentacji handlowej i znajdującym się na każdej sztuce (wyjątki opisane w Rozdziale 2).
Krajowa deklaracja właściwości użytkowych	Deklaracja wystawiana przez producenta, który deklaruje w niej, jakie właściwości użytkowe posiada objęty nią wyrób w przypadku wyrobów objętych polską normą wyrobu lub Krajową Oceną Techniczną (KOT).
Krajowa Ocena Techniczna (KOT)	Krajowy dokument oceny, wydawany dla wyrobów nie objętych normą zharmonizowaną (dawniej Aprobata Techniczna). Jest dokumentem, na podstawie którego producent (po zapewnieniu spełnienia przez wyrób wskazanych w ocenie wymagań) wydaje krajową deklarację właściwości użytkowych i może oznakować wyrób znakiem budowlanym. Ustawa o wyrobach budowlanych [7] definiuje Krajową Ocenę Techniczną jako „udokumentowaną, pozytywną ocenę właściwości użytkowych tych zasadniczych charakterystyk wyrobu budowlanego, które zgodnie z zamierzonym zastosowaniem mają wpływ na spełnienie podstawowych wymagań, o których mowa w art. 5 ust. 1 pkt 1 ustawy Prawo budowlane [9] przez obiekty budowlane, w których wyrób będzie zastosowany;”.

lambda (λ)	Współczynnik przewodzenia ciepła λ jest to współczynnik, który określa przenikanie ciepła przez przegrody. Jest odwrotnością współczynnika przenikania ciepła U.
lamela	Komponent stosowany w produkcji drewna klejonego warstwowo, wykonany z konstrukcyjnego drewna litego, a przy większych długościach (zwykle powyżej 6 m) – z drewna na złącza klinowe.
mostek termiczny	Rejon przegrody budowlanej lub połączenia, przez które następuje utrata ciepła z budynku wskutek niewłaściwej izolacji i/lub niepoprawnego wykonania robót budowlanych
norma zharmonizowana	Norma zawierająca wymagania stawiane wyrobowi, którego dotyczy. Spełnienie wskazanych w niej wymagań zapewnia przydatność tego wyrobu do zamierzonego zastosowania – czyli np. posiadanie deklarowanej wytrzymałości. Stanowi podstawę wydawania deklaracji właściwości użytkowych. Zgodnie z Rozporządzeniem 305/2011 Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) [1]: „oznacza normę przyjętą przez jeden z europejskich organów normalizacyjnych wymienionych w załączniku I do dyrektywy 98/34/WE, na podstawie wniosku wydanego przez Komisję, zgodnie z art. 6 tej dyrektywy;”
nośność ogniowa R	Zdolność konstrukcji lub elementu do przeniesienia obciążenia przez określony czas w warunkach pożarowych bez utraty właściwości nośnych. Na podstawie badań, kryteria, które pozwalają ocenić zniszczenie, będą różne w zależności od typu elementu: w przypadku elementów zginanych, np. stropów, dachów – prędkość deformacji (prędkość ugięcia) i stan graniczny rzeczywistej deformacji (ugięcia); w przypadku osiowo obciążanych elementów, np. słupów, ścian – prędkość deformacji (prędkość skrócenia) i stan graniczny rzeczywistej deformacji (skrócenia).
NRO	Cecha związana z rozprzestrzenianiem ognia, stanowiąca o nierozprzestrzenianiu ognia przez element (NX).
obiekt użyteczności publicznej	Za Rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych [2]: budynek przeznaczony na potrzeby administracji publicznej, wymiaru sprawiedliwości, kultury, kultu religijnego, oświaty, szkolnictwa wyższego, nauki, wychowania, opieki zdrowotnej, społecznej lub socjalnej, obsługi bankowej, handlu, gastronomii, usług, w tym usług pocztowych lub telekomunikacyjnych, turystyki, sportu, obsługi pasażerów w transporcie kolejowym, drogowym, lotniczym, morskim lub wodnym śródlądowym, oraz inny budynek przeznaczony do wykonywania podobnych funkcji; za budynek użyteczności publicznej uznaje się także budynek biurowy lub socjalny.
odporność ogniowa	Zgodnie z normą [N30] jest to zdolność próbki do wytrzymania ognia lub do ochrony przed ogniem przez pewien czas. Typowe kryteria stosowane do oceny odporności ogniowej w standardowym teście ogniowym to: R – nośność ogniowa, E – szczelność ogniowa, I – izolacyjność ogniowa, które są powiązane z czasem działania pożaru standardowego (w pełni rozwinięty pożar

	wewnętrzny). W przypadku odporności ogniowej elementy budowlane zachowują swoje właściwości użytkowe, w zakresie nośności i/lub izolacyjności i szczelności dla elementów oddzielających. Cecha ta pozwala m.in. na ograniczanie rozprzestrzeniania się pożaru rozwiniętego poza obszar wydzielony przegrodami budowlanymi o odporności ogniowej, do sąsiedniej strefy pożarowej. Klasa odporności ogniowej związana jest z fazą 2a rozwoju pożaru.
okres przejściowy	Czas, w którym można stosować równoległe wycofywane przepisy, zastępowane daną normą zharmonizowaną. Data zakończenia okresu przejściowego wskazana jest w Oficjalnym Dzienniku Unii Europejskiej przy każdej opublikowanej tam normie.
opór dyfuzyjny Sd	Określa równoważną dyfuzyjnie grubość warstwy powietrza, która zapewniłaby taki sam opór pary wodnej. Parametr wyrażony jest w metrach i służy do określania paroprzepuszczalności membran.
oznakowanie CE	Za Rozporządzeniem 305/2011 Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) [1] „ <i>Oznakowanie CE powinno się umieszczać na wszystkich wyrobach budowlanych, dla których producent sporządził deklarację właściwości użytkowych zgodnie z niniejszym rozporządzeniem.</i> ” Oznakowanie umieszczane na każdym elemencie konstrukcyjnym lub (w określonych przypadkach na opakowaniu zbiorczym) oraz dołączone do dokumentacji handlowej.
PKN (Polski Komitet Normalizacyjny)	Polska jednostka odpowiadająca za prace normalizacyjne, opracowywanie norm, wprowadzanie norm europejskich, jak i tłumaczenie norm obcojęzycznych.
plan zagospodarowania (miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego MPZP)	Akt prawa lokalnego, w którym ustalane jest przeznaczenie terenów nim objętych ze wskazaniem m.in. rodzaju, wysokości, zagęszczenia zabudowy, zasady wydzielania działek, kwestie infrastruktury i komunikacji.
plyta PUR	Płyta warstwowa o wysokich właściwościach izolacyjnych, składająca się z okładzin (blachy) i wnętrza z poliuretanu.
plyta PIR	Płyta warstwowa o wysokich właściwościach izolacyjnych, składająca się z okładzin (blachy) i wnętrza z poliizocyanouranu. W porównaniu z płytami PUR, płyty PIR charakteryzują się lepszym zachowaniem podczas pożaru.
podciąganie kapilarne	Zjawisko polegające na podciąganiu wody ku górze przez drobne rurki w strukturze porowatego materiału, zwane kapilarami.
podwyższenie klasy reakcji na ogień	Impregnacja preparatem, który zastosowany w sposób i ilości potwierdzonych badaniami zapewni podwyższenie klasy reakcji na ogień w stosunku do podanej we właściwej dla wyrobu normie zharmonizowanej.
pozwolenie na budowę	Zgodnie z Ustawą Prawo budowlane [9]: należy przez to rozumieć decyzję administracyjną zezwalającą na rozpoczęcie i prowadzenie budowy lub wykonywanie robót budowlanych innych niż budowa obiektu budowlanego;

prace w technologiach „mokrych”	Prace budowlane czy wykończeniowe z zastosowaniem wyrobów, których technologia montażu wymaga użycia dużej ilości wody na etapie ich wbudowywania – np. murowanie, wylewanie elementów betonowych i żelbetowych, wylewki czy prace tynkarskie.
program funkcjonalno-użytkowy	Zgodnie z Rozporządzeniem w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego [5]: służy do opisu przedmiotu zamówienia, ustalenia planowanych kosztów prac projektowych i robót budowlanych, przygotowania oferty – szczególnie w zakresie obliczenia ceny oferty oraz wykonania prac projektowych.
projekt architektoniczno-budowlany	Określa m.in. rodzaj i kategorię, kubaturę, powierzchnię, układ przestrzenny i formę obiektu, liczbę kondygnacji; wskazane muszą w nim zostać rozwiązania dotyczące kwestii energetycznych, akustycznych, instalacyjnych, bezpieczeństwa pożarowego oraz powiązanych z zanieczyszczeniami i zagospodarowaniem odpadów.
projekt budowlany	Projekt zagospodarowania terenu, projekt architektoniczno-budowlany, projekt techniczny oraz opinie, uzgodnienia, pozwolenia itp.
projekt techniczny	Zawiera m.in. rozwiązania konstrukcyjne obiektu budowlanego, zastosowane schematy konstrukcyjne (statyczne), założenia przyjęte do obliczeń konstrukcji, w tym dotyczące obciążeń, oraz podstawowe wyniki tych obliczeń, jak również rozwiązania dotyczące przegród. Zawiera też rozwiązania techniczno-instalacyjne, dane dotyczące warunków ochrony p.poż. oraz charakterystykę energetyczną budynku.
projekt warsztatowy	Projekt sporządzany przez producenta na podstawie projektu wykonawczego, często z uwzględnieniem własnych rozwiązań systemowych.
projekt wykonawczy	Uszczegółowienie rozwiązań przyjętych w projekcie technicznym z uwzględnieniem obliczeń i rysunków wszystkich elementów konstrukcji oraz rozwiązań detali wszystkich połączeń, stężeń itp.
punkt rosy	Temperatura, w której następuje kondensacja pary wodnej.
reakcja na ogień	Jest to reakcja materiału lub elementu na działanie ognia w znormalizowanej próbie ogniowej. Pozwala na ocenę palności materiału/rozwiązania, ocenia czy i jak szybko następuje zapalenie, ile wydziela się przy tym ciepła, czy wytwarzają się płonące krople i jak dużo dymu towarzyszy ich spalaniu.
Rozporządzenie 305/2011 (CPR) [1]	Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE, ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych. Jego celem było usunięcie przeszkód technicznych w dziedzinie budownictwa, co zrealizowano poprzez ustanowienie zharmonizowanych specyfikacji technicznych (normy zharmonizowane, Europejskie oceny techniczne), które służą ocenie właściwości użytkowych.

<p>rozprzestrzenianie ognia</p>	<p>Zgodnie z normą [PN-EN ISO, 2017] jest to propagacja frontu płomienia, która jest powiązana z szybkością propagacji. Oznacza to zdolność związaną z przenoszeniem się ognia i szybkością jego przenoszenia od miejsca zapłonu do miejsc pierwotnie nie objętych oddziaływaniem ognia. Rozprzestrzenianie ognia najszybciej rozwija się do góry, co jest związane z unoszeniem gorących gazów pożarowych. W kierunkach poziomych następuje ono znacznie wolniej i związane jest np. z przewodzeniem ciepła w przypadku dobrych przewodników. Rozprzestrzenianie ognia związane jest z 1 fazą rozwoju pożaru.</p>
<p>rozwiązania systemowe</p>	<p>Rozwiązania opracowane przez producentów, stanowiące pakiet wyrobów, które wzajemnie się uzupełniają, tworząc kompletny element obiektu, konstrukcji itp. Przykładem rozwiązania systemowego dla konstrukcji drewnianej mogą być stężenia wiatrowe, składające się z taśmy perforowanej, blach węzłowych oraz elementów napinających. Innym przykładem są systemy elewacyjne. Jedną z zasad stosowania rozwiązań systemowych jest dbałość o zachowanie kompletności – czyli wykorzystanie wszystkich, a nie tylko wybranych elementów danego systemu.</p>
<p>sklejone drewno lite</p>	<p>Elementy konstrukcyjne powstałe w wyniku sklejenia 2 do 5 sortowanych wytrzymałościowo elementów drewnianych o grubości większej niż 45 mm i mniejszej/równej 85 mm. Maksymalna szerokość lub wysokość gotowego elementu nie może przekraczać 280 mm.</p>
<p>system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych</p>	<p>Sposób deklarowania właściwości użytkowych, powiązany z różnymi zadaniami producenta i jednostki zewnętrznej (notyfikowanej), zależnymi od systemu określonego w normach zharmonizowanych, zdefiniowanego w Rozporządzeniu CPR [1] lub w Rozporządzeniu w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym [3].</p>
<p>szczelność ogniowa E</p>	<p>Zdolność do zapobiegania przechodzenia płomienia i gorących gazów, i jest ona wymagana od elementów pełniących funkcję oddzielającą w czasie pożaru. Przegrody, które nie posiadają szczelności ogniowej, mogą powodować zapalenie materiału będącego w sąsiedztwie przegrody oraz po stronie przeciwnej do działania ognia. W czasie badań ocenia się ją na podstawie następujących wskazań (aspektów): pęknięć lub otworów przekraczających podane wymiary; zapalenia tamponu bawełnianego: tampon bawełniany przykładu do czasu zapalenia i maksymalnie na 30 s, wymagania co do tamponu określono w EN 1363-1; utrzymywania się płomienia na stronie nienagrzewanej przez co najmniej 10 s.</p>
<p>tolerancja</p>	<p>Różnica między dopuszczalną granicą dolnej i górnej odchyłki od założonej wartości.</p>
<p>Ustawa o wyrobach budowlanych [7]</p>	<p>Ustawa określająca wymagania stawiane wyrobom budowlanym, wskazująca konieczność stosowania norm zharmonizowanych</p>

	i Europejskich Ocen Technicznych dla wyrobów, dla których zostały ustanowione, określająca zasady stosowania „jednostkowego zastosowania” i Krajowych Ocen Technicznych.
warunki zabudowy (decyzja o warunkach zabudowy i zagospodarowania przestrzennego)	Wydawane w przypadku zamierzenia realizacji budowy w obszarze, dla którego nie został opracowany plan zagospodarowania przestrzennego, zawierają podobny zakres, jak MPZP dla wskazanego we wniosku obszaru.
współczynnik μ	Współczynnik oporu dyfuzyjnego określa, ile razy opór dyfuzyjny warstwy materiału/przegrody jest większy od warstwy powietrza tej samej grubości, w tych samych warunkach.
współczynnik przenikania ciepła U	Współczynnik przenikania ciepła to ilość ciepła przepływająca w czasie 1 s przez powierzchnię 1 m ² , gdy różnica temperatur po obu stronach wynosi 1 K.
zabezpieczenie przeciw korozji biologicznej	Sposób ochrony konstrukcji drewnianej przed skutkami działań niekorzystnych czynników, jak np. grzyby, bakterie czy owady, które (często w powiązaniu z wilgotnością) powodują destrukcję konstrukcji.
ZKP (Zakładowa Kontrola Produkcji)	Gwarantuje dochowanie przez producenta reżimów produkcyjnych i wymagań. Zgodnie z Rozporządzeniem 305/2011 Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) [1]: „oznacza udokumentowaną stałą i wewnętrzną kontrolę produkcji w zakładzie produkcyjnym zgodnie ze stosownymi zharmonizowanymi specyfikacjami technicznymi”.

Literatura

- [L1] Bygg i trä med Fixa och Trixa, praca zbiorowa, Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2011.
- [L2] Dimensionering av träkonstruktionen, del 1-3, parca zbiorowa, Svenskt trä 2015.
- [L3] Fire safety in timber buildings - Technical guideline for Europe, SP Report 2010:19.
- [L4] Fire safety on timber frame construction sites, TRADA Construction briefings, March 2013 (Version 2).
- [L5] Frühwald E., Serrano E., Toratti T., Emilsson A., Thelandersson S., Design of safe timber structures – How can we learn from structural failures in concrete, steel and timber? Technical report, Lund University 2007.
- [L6] Gustaffson A., Eriksson P.-E., Engström S., Wik T., Serrano E., Handbok för beställare och projektörer av flervåningshus i trä, SP rapport 2012:70, Växjö, 2013.
- [L7] Hakaste H., Jalkanen R., Korpivaara A., Rinne H., Siiskonen M., , Eco-Vikki Aims, Implementation and Results, City of Helsinki, Ministry of the Environment 2005.
- [L8] Hantera limträ rätt, praca zbiorowa Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2014.
- [L9] Hantera virket rätt, praca zbiorowa, Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2013.
- [L10] Iwanicki K. Budownictwo wiejskie, Poradnik przy wznoszeniu zabudowań na wsi, Księgarnia Leona Idzikowskiego, Kijów – Warszawa, 1917.
- [L11] Jacob-Freitag Susanne, SternstundEN des Ingenieurholzbaus, Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V, Wupperta, 2017.
- [L12] Kotwica E. I.: Projekt budowlany – zatwierdzony, ale czy poprawny?, Dekarz&Cieśla, 2/2018, str. 74.
- [L13] Kotwica E.I., Hikiert M.A., Krzosek S., Noskowiak A., Nowak T., Policińska-Serwa A., Smardz P., Budownictwo drewniane w Polsce, Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju, Warszawa 2017-2018.
- [L14] Kotwica E., Krzosek S., Comparison of sawn timber strength classes determined according old and new standards. Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW, For. and Wood Technol. 2014; 87: 109-113.
- [L15] Kotwica E., Krzosek S., Technical requirements and practical guide for sawn timber and glulam applications in woodEN constructions. Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW, For. and Wood Technol. 2013; 83: 57-62.
- [L16] Kotwica E.I.; Noskowiak A.; Kotwica U.; Komentarze do normy PN-EN 14081-1+A1:2011; Ministerstwo Środowiska, Stowarzyszenie EDG, Stowarzyszenie Czarna Woda; 2019.
- [L17] Kotwica E.I., Nożyński W., Konstrukcje drewniane – przykłady obliczeń, Stowarzyszenie Producentów Płyt Drewnopochodnych w Polsce, Szczecin 2015.
- [L18] Kotwica E.I., Sulik P., Obiekt zgodny z przepisami – ale czy bezpieczny? Inżynier Budownictwa 03/2021, 76-79.
- [L19] Kotwica E.I., Sulik P., Nowak T.: Obiekt o konstrukcji drewnianej – od pomysłu przez przepisy do realizacji. Inżynier budownictwa, 09/2020, 24÷25.
- [L20] Kotwica E.I., Tumielewicz E. Wytyczne do sporządzania: Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówienia w odniesieniu do konstrukcji drewnianych – Część I oraz Specyfikacji Technicznej Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych w zakresie konstrukcji drewnianych – Część II.
- [L21] Krzosek S. Wytrzymałościowe sortowanie polskiej sosnowej tarcicy konstrukcyjnej różnymi metodami. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2009.
- [L22] Orton A. The way we build now: Form, scale and technique, reprinted by Spon Press 2011.
- [L23] Raporty badawcze SP, Szwecja. www.ri.se

- [L24] Schickofer G., Brandner r., Baer H., Introduction to CLT, Product Properties, Strength Classes, Joint Conference of FP 1402 and FP 1404, Stockholm, 10.03.2016.
- [L25] Serrano E. LimnologEN – Experiences from an 8- storey timber building, 15. Internationales Holzbau-Forum 09.
- [L26] Sulik P. (2018). Bariery prawne wykorzystania drewna konstrukcyjnego w budownictwie, *Materiały Budowlane*, nr 12, s. 90-92 DOI: 10.15199/33.2018.12.29.
- [L27] Sulik P. (2021). Bezpieczeństwo pożarowe budynków o konstrukcji drewnianej. *Izolacje*, 2021, R.26, nr 7-8, s. 86-88, 90, 92-95.
- [L28] Sulik P. (2019): Budynki o konstrukcji drewnianej we współczesnym budownictwie mieszkaniowym. *Materiały Budowlane*.
- [L29] Sulik P. (2021). Jak legalnie budować więcej budynków wielorodzinnych w szkielecie drewnianym? *Izolacje*, 2021, R.26, nr 9, s. 76,78,80,82.
- [L30] Sulik P., Kotwica E.I.: Od pomysłu przez przepisy do realizacji - bezpieczeństwo pożarowe budynków o konstrukcji drewnianej. *Inżynier budownictwa*, 10/2020, 74÷75.
- [L31] Sulik P., Sędłak B. (2019): The use of wood in multi-family housing in the aspect of fire safety, *Proceedings of Applications of Structural Fire Engineering*, ASFE 13-14 June.
- [L32] Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych Konstrukcje drewniane,. ITB Warszawa, 2018.
- [L33] Bartlett A.I., Hadden R. M. and Bisby L. A. (2019). A Review of Factors Affecting the Burning Behaviour of Wood for Application to Tall Timber Construction. *Fire Technology*, 55, 1–49, 2019, DOI: 10.1007/s10694-018-0787-y.
- [L34] Hugi E., Wuersch M., Risi W., Wakili K. G. (2007). Correlation between charring rate and oxygen permeability for 12 different wood species. *J Wood Sci* (2007) 53:71–75, DOI: 10.1007/s10086-006-0816-1.
- [L35] Njankouo J.M., Dotreppe J.C., Franssen J.M. (2004). Experimental study of the charring rate of tropical hardwoods. *Fire Mater* 28(1):15–24. DOI: 10.1002/fam.831.
- [L36] Frangi A. Fontana M., Knobloch M., Boichichio G. (2008). Fire behaviour of crosslaminated solid timber panels. *Fire Saf Sci* 9:1279–1290. DOI:10.3801/IAFSS.FSS.9-1279.
- [L37] Friquin K.L., Grimsbu M., Hovde P.J. (2010). Charring rates for cross-laminated timber panels exposed to standard and parametric fires. In: *World conference on timber engineering*, pp. 20–24.
- [L38] White R. H. (2000). Charring rate of composite timber products. *Proceedings of Wood and Fire Safety 4th International Conference*, the High Tatras, Slovakia.
- [L39] Zajączkowski G., Jabłoński M., Jabłoński T., Szmidła H., Kowalska A., Małachowska J., Piwnicki J., Kubica J. (2021). Raport o stanie lasów w Polsce 2020, Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe, ISSN 1641-3229.
- [L40] Heurich J., Przewodnik dla stolarzy, obejmujący cały zakres stolarstwa, Gebethner i Wolf, Warszawa 1876
- [L41] Instrukcja ITB nr 401/2004 Przyporządkowanie określeniom występującym w przepisach techniczno-budowlanych klas reakcji na ogień według PN-EN
- [L42] Kotwica E. I., Krzosek S., Historical timber bridges in Poland, COST Timber Bridge Conference CTBC 2014, 24-25 September 2014, Bern University of Applied Sciences Biel, Switzerland
- [L43] Kotwica E.I., przy współpracy Kotwica U., Szczesiak T., Zapotoczny P., Komentarze do normy PN-EN 1995-1-1:2010 i PN-EN 1995-1-1:2010/A2:2014-07 Eurokod 5, w przygotowaniu do druku
- [L44] Kotwica U., Praca dyplomowa inżynierska. Projekt dźwigara dwutrapezowego i słupów z drewna klejonego warstwowo w różnych klasach użytkowania, Politechnika Wroclawska, 2015

- [L45] Sekcja saperów i inżynierów, Mosty wojenne, cz. I Mosty Polowe, Zakłady graficzno-wydawnicze, Książka”, Warszawa, 1920
- [L46] Trähusbarometern, 01.2020
- [L47] Trähusbarometern, 02.2022
- [L48] Woźniak G., Roszkowski P. (2014). Projektowanie konstrukcji drewnianych z uwagi na warunki pożarowe według Eurokodu 5. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2014 r.

Normy

- [N1] PN-B 03007:2013 Konstrukcje budowlane. Dokumentacja techniczna.
- [N2] PN-B-02867:2013-06 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania stopnia rozprzestrzeniania ognia przez ściany.
- [N3] PN-D 94021:2013-10 Tarcica konstrukcyjna iglasta sortowana metodami wytrzymałościowymi.
- [N4] PN-EN 310:1994 Płyty drewnopochodne – Oznaczanie modułu sprężystości przy zginaniu i wytrzymałości na zginanie.
- [N5] PN-EN 338:2016. Drewno konstrukcyjne. Klasy wytrzymałości.
- [N6] PN-EN 789:2005 Konstrukcje drewniane – Metody badań – Oznaczanie właściwości mechanicznych płyt drewnopochodnych.
- [N7] PN-EN 1912:2012 Drewno konstrukcyjne – Klasy wytrzymałości – Wizualny podział na klasy i gatunki.
- [N8] PN-EN 1990:2004 (wraz z wszystkimi zmianami i poprawkami) Eurokod – Podstawy projektowania konstrukcji.
- [N9] PN-EN 1991-1-1:2004 (wraz z wszystkimi zmianami i poprawkami) Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-1: Oddziaływania ogólne – Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
- [N10] PN-EN 1991-1-2:2006 (wraz z wszystkimi zmianami i poprawkami), Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-2: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru.
- [N11] PN-EN 1991-1-3:2005 ((wraz z wszystkimi zmianami i poprawkami) Eurokod 1 – Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-3: Oddziaływania ogólne – Obciążenie śniegiem.
- [N12] PN-EN 1991-1-4:2008 ((wraz z wszystkimi zmianami i poprawkami) Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.
- [N13] PN-EN 1995-1-1:2010 + A2:2014. Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych. Część 1-1: Postanowienia ogólne. Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków.
- [N14] PN-EN 1995-1-2:2008+NA:2010 Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych – Część 1-2: Postanowienia ogólne – Projektowanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe.
- [N15] PN-EN 13501-1:2019 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień).
- [N16] PN-EN 13501-2:2016 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 2: Klasyfikacja na podstawie wyników badań odporności ogniowej, z wyłączeniem instalacji wentylacyjnej.
- [N17] PN-EN 13823+A1:2020-11 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych -- Wyroby budowlane, z wyłączeniem posadzek, poddane oddziaływaniu termicznemu pojedynczego płonącego przedmiotu.

- [N18] PN-EN 13986+A1:2015-06 Płyty drewnopochodne do stosowania w budownictwie – Właściwości, ocena zgodności i oznakowanie.
- [N19] PN-EN 14080-06:2013. Konstrukcje drewniane. Drewno klejone warstwowo i konstrukcyjne sklezione drewno lite. Wymagania. **Uwaga, zmiana tytułu normy.**
- [N20] PN-EN 14081-1+A1:2011. Konstrukcje drewniane. Drewno konstrukcyjne o przekroju prostokątnym sortowane wytrzymałościowo. Część 1: Wymagania ogólne. **(uwaga, norma nieaktualna, ale wciąż obowiązująca jako zharmonizowana).**
- [N21] PN-EN 14081-1:2016 Konstrukcje drewniane. Drewno konstrukcyjne o przekroju prostokątnym sortowane wytrzymałościowo. Część 1: Wymagania ogólne. **(uwaga, norma aktualna ale jeszcze nie zharmonizowana).**
- [N22] PN-EN 14250:2011 Konstrukcje drewniane – Wymagania produkcyjne dotyczące prefabrykowanych elementów konstrukcyjnych łączonych płytkami kolczastymi.
- [N23] PN-EN 14374:2005 Konstrukcje drewniane – Fornir klejony warstwowo (LVL) – Wymagania.
- [N24] PN-EN 14545:2011 Konstrukcje drewniane – Łączniki typu wkładek i pierścieni – Wymagania.
- [N25] PN-EN 14592+A1:2012 Konstrukcje drewniane – Łączniki trzpieniowe – Wymagania.
- [N26] PN-EN 15228:2009 Drewno konstrukcyjne – Drewno konstrukcyjne zabezpieczone przed korozją biologiczną.
- [N27] PN-EN 15497:2014 Konstrukcyjne drewno lite łączone na złącza klinowe – Wymagania jakościowe i minimalne wymagania produkcyjne.
- [N28] PN-EN 16351:2021 Konstrukcje drewniane – Drewno klejone krzyżowo – Wymagania.
- [N29] PN-EN-ISO 11925-2:2020-09 Badania reakcji na ogień – Zapalność wyrobów poddawanych bezpośredniemu działaniu płomienia – Część 2: Badania przy działaniu pojedynczego płomienia.
- [N30] PN-EN ISO 13943:2017-10 Bezpieczeństwo pożarowe – terminologia.

Ustawy i Rozporządzenia

- [1] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (EU) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690 z późniejszymi zmianami.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z 17 listopada 2016 r w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym; Dz. U. 2016 poz. 1966.
- [4] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego, Dz. U. 2020, poz. 1609.
- [5] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego, Dz. U. 2021, poz. 2454.
- [6] Ustawa o ochronie przeciwpożarowej z dnia 24 sierpnia 1991 Dz. U. 1991 nr 81, poz. 351 z późniejszymi zmianami.
- [7] Ustawa o wyrobach budowlanych z dnia 16 kwietnia 2004 Dz. U. 2004, nr 82, poz. 881 z późniejszymi zmianami.
- [8] Ustawa Prawo zamówień publicznych z dnia 11 września 2019, Dz. U. 2019 poz. 2019 z późniejszymi zmianami.
- [9] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane, Dz.U. 1994 poz. 414 z późniejszymi zmianami.

Check-lista

Nazwa	Opis	Uwagi
Projekt techniczny		
Projekt techniczny	Projekt techniczny dostarczony wykonawcy przed rozpoczęciem prac.	Projekt techniczny stanowi część projektu budowlanego i jest wymogiem formalnym koniecznym do rozpoczęcia budowy. Do zgłoszenia rozpoczęcia prac w powiatowym inspektoracie nadzoru budowlanego konieczne jest oświadczenie projektantów o sporządzeniu projektu technicznego.
Spójność	Projekt techniczny jest spójny z projektem architektoniczno-budowlanym oraz z projektem zagospodarowania terenu.	Dokumentacja musi stanowić całość. Zalecane jest, by całość dokumentacji (zarówno projekt budowlany, jak i wykonawczy) wykonywał ten sam zespół projektowy, gdyż jest to gwarancją spójności oraz dobrej koordynacji prac projektowych. Jeżeli poszczególne części projektu wykonywane są przez różne zespoły projektowe, warto poświęcić czas na weryfikację spójności przed oddaniem gotowego projektu inwestorowi.
Podstawa opracowania projektu	Projekt jest oparty o Europejskie Normy PN-EN.	Projekt obiektu drewnianego musi być wykonany w oparciu o Europejskie normy PN-EN. Dotyczy to całego obiektu, nie tylko zakresu konstrukcji drewnianej. Norm Europejskich i Polskich nie można mieszać.
Klasa drewna	W projekcie – w opisie technicznym i na rysunkach – wskazano założoną do obliczeń klasę drewna. Założenia są spójne.	Zaprojektowane elementy konstrukcji muszą mieć określoną klasę wytrzymałości. Dotyczy to zarówno drewna litego, drewna klejonego oraz wyrobów z materiałów drewnopochodnych. Przyjęta w obliczeniach klasa drewna musi być dostępna realnie na rynku. Przyjmowanie zbyt wysokiej klasy, wskazanej w normach lecz niedostępnej do kupienia, może skutkować koniecznością przeprojektowania obiektu na etapie realizacji. Może też prowadzić do samowolnych zmian wprowadzanych przez wykonawcę bez konsultacji z projektantem, z powodu

Nazwa	Opis	Uwagi
Klasa użytkowania	W projekcie – w opisie technicznym i na rysunkach – określono klasę użytkowania obiektu (lub klasy użytkowania dla poszczególnych części obiektu)	<p>niemożliwości zakupu materiałów założonych w projekcie materiałów.</p> <p>Projekt musi określać założoną klasę użytkowania obiektu w zależności od tego, na jakie działanie wilgoci narażona będzie konstrukcja.</p> <p>Błędnie założona klasa użytkowania (przyjęcie klasy 1 lub 2 w przypadku występowania 3 klasy użytkowania) może skutkować przekroczeniem stanów granicznych nośności i/lub użytkowania. Nanoszenie poprawek i zmiana z 1 lub 2 na 3 klasę użytkowania może wiązać się z koniecznością zwiększenia przekrojów konstrukcji.</p>
Odporność ogniowa	W projekcie wskazano wymagania dotyczące odporności ogniowej stawiane poszczególnym elementom konstrukcji.	<p>Jeżeli dla budowanego obiektu wymagana jest odporność ogniowa, projekt musi zawierać obliczenia udowadniające spełnienie wymagań oraz wskazywać sposób zabezpieczenia elementów konstrukcji do odpowiedniej klasy reakcji (np. poprzez wykonanie obudowy lub zabezpieczenie farbami/lakierami pęczniającymi). Projekt musi zawierać rozwiązania dla połączeń, zapewniające osiągnięcie wymaganej odporności ogniowej.</p> <p>Szczegółowe informacje o bezpieczeństwie pożarowym oraz odporności ogniowej zawarto w Rozdziale 6.</p>
Nierozprzestrzenianie ognia (NRO)	Jeżeli w projekcie wskazano konieczność zapewnienia klasyfikacji NRO, projekt musi zawierać informacje dotyczące sposobu spełnienia tego wymogu.	<p>W projekcie należy wskazać sposób zapewnienia zabezpieczenia zabezpieczenia konstrukcji drewnianej – zarówno impregnat, jak i wymagania dotyczące jego stosowania. Warto pamiętać, że według zapisów Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [2] klasyfikacja NRO jest powiązana z klasą reakcji na ogień minimum „B” – i zaprojektowany (a potem zastosowany) impregnat musi tę klasę zapewnić. Należy upewnić się, czy impregnat może być stosowany w danym środowisku (np. na zewnątrz, w miejscu narażonym na działanie czynników</p>

Budownictwo drewniane. Poradnik dla projektanta

Nazwa	Opis	Uwagi
Obliczenia	Projekt zawiera obliczenia dla wszystkich elementów obiektu.	atmosferycznych), oraz czy jest przeznaczony do stosowania również dla danego typu materiału (drewno, materiały drewnopochodne). Projekt, w którym obliczenia dotyczą jednego czy kilku drewnianych elementów konstrukcyjnych z pominięciem pozostałych – nie jest kompletny. Dotyczy to zarówno wymiarowania przekrojów elementów konstrukcji, jak i połączeń.
Projekt wykonawczy		
Spójność	Projekt wykonawczy jest spójny z projektem architektoniczno-budowlanym oraz z projektem technicznym.	Parametry przekroju elementów konstrukcyjnych i rozwiązania nie mogą być odmienne w poszczególnych etapach projektu. Jeżeli wprowadzone zostały zmiany, muszą być one poparte kompletnymi obliczeniami. Dotyczy to również założonych do obliczeń obciążeń. Jeżeli na etapie projektu wykonawczego nastąpiły zmiany dotyczące wartości obciążeń, należy zamieścić stosowną adnotację.
Podstawa opracowania projektu	Projekt jest oparty o Europejskie Normy PN-EN.	Projekt obiektu drewnianego musi być wykonany w oparciu o Europejskie normy PN-EN. Dotyczy to całego obiektu, nie tylko zakresu konstrukcji drewnianej. Norm Europejskich i Polskich nie można mieszać.
Klasa drewna	W projekcie – w opisie technicznym oraz na rysunkach – wskazano klasę drewna/materiału założoną do obliczeń. Klasa drewna jest spójna z klasą przyjętą w projekcie technicznym.	Zaprojektowane elementy konstrukcji muszą mieć określoną klasę wytrzymałości. Dotyczy to zarówno drewna litego, drewna klejonego oraz wyrobów z materiałów drewnopochodnych. Projekt musi jednoznacznie określać założenia przyjęte do obliczeń, żeby potem nie było niejasności. Przyjęta w obliczeniach klasa drewna musi być dostępna realnie na rynku. Przyjmowanie zbyt wysokiej klasy, wskazanej w normach lecz niedostępnej do kupienia, może skutkować koniecznością przeprojektowania obiektu na etapie realizacji.

Budownictwo drewniane. Poradnik dla projektanta

Nazwa	Opis	Uwagi
Klasa użytkowania	<p>W projekcie – w opisie technicznym i na rysunkach – określono klasę użytkowania obiektu (lub klasy użytkowania dla poszczególnych części obiektu).</p> <p>Założona klasa użytkowania jest spójna z klasą przyjętą w projekcie architektoniczno-budowlanym i technicznym.</p>	<p>Może też prowadzić do samowolnych zmian wprowadzanych przez wykonawcę bez konsultacji z projektantem, z powodu niemożliwości zakupu materiałów w projekcie materiałów.</p> <p>Projekt musi określać założoną klasę użytkowania obiektu w zależności od tego, na jakie działania wilgoci narażona będzie konstrukcja.</p> <p>Błędnie założona klasa użytkowania (przyjęcie klasy 1 lub 2 w przypadku występowania 3 klasy użytkowania) może skutkować przekroczeniem stanów granicznych nośności i/lub użytkowania. Nanoszenie poprawek i zmiana z 1 lub 2 na 3 klasę użytkowania może wiązać się z koniecznością zwiększenia przekrojów konstrukcji.</p> <p>Należy zwrócić szczególną uwagę, jeżeli wykonywany obiekt jest projektowany w trzeciej klasie użytkowania. Nie wszystkie rozwiązania konstrukcyjne i materiałowe, mające zastosowanie w pierwszej i drugiej klasie użytkowania, można zastosować w przypadku trzeciej klasy. Trzecia klasa użytkowania może oznaczać konieczność spełnienia dodatkowych wymogów.</p>
Rozwiązania materiałowe	<p>Przyjęte rozwiązania materiałowe są spójne z projektem technicznym.</p> <p>Ewentualne zmiany są poparte obliczeniami.</p>	<p>Projekt wykonawczy powinien stanowić uzupełnienie i uszczegółowienie projektu technicznego.</p> <p>Zmiany na etapie uszczegóławiania projektu technicznego nie są niedopuszczalne, natomiast zawsze powinny zostać zweryfikowane nie tylko pod względem wytrzymałości, ale również tego, czy zmieniany element nie stanowi części rozwiązania systemowego i jego zmiana nie wpłynie na finalne parametry obiektu – zarówno jego nośności, jak i szczelności czy izolacyjności.</p>

Nazwa	Opis	Uwagi
Obliczenia	Projekt zawiera obliczenia dla wszystkich elementów obiektu.	Rzetelny projekt musi zawierać wyciąg z obliczeń statycznych zawierający wymiarowanie wszystkich elementów konstrukcyjnych, w tym wymiarowanie połączeń. Połączenia są w przypadku konstrukcji drewnianych ważne, ponieważ z uwagi na konieczność zachowania odpowiednich odległości między łącznikami, takie połączenie może determinować przekroje elementów.
Detale	Projekt zawiera detale połączeń – obliczenia oraz rysunki.	W projekcie powinny być zawarte detale rozwiązań newralicznych elementów, takich jak mocowania do fundamentów, otwory w ścianach i stropach oraz połączenia – w tym liczba i sposób rozmieszczenia łączników. Prawidłowo wykonany projekt zawiera detale wszystkich typów połączeń, nie tylko pojedyncze, przykładowe rozwiązania, najczęściej najprostsze i najbardziej powtarzalne.
Projekt instalacji	Projekt zawiera informacje o przebiegu instalacji (sanitarnej, wentylacji itp.)	Projekt musi zawierać położenie przewodów i instalacji, w szczególności przejścia przez przegrody ścienne i stropy. Ustalanie przebiegu instalacji dopiero na etapie wykonawstwa może doprowadzić do uszkodzenia konstrukcji. Ponadto nieumiejętne wprowadzenie instalacji na zewnątrz może skutkować zaburzeniem szczelności pokrycia i w rezultacie doprowadzić do przedwczesnej degradacji drewna.
Bezpieczeństwo pożarowe	Projekt zawiera informacje o wymaganej odporności ogniowej poszczególnych elementów/przegród oraz wskazuje sposób jej osiągnięcia.	Jeżeli elementy konstrukcji muszą spełnić określone wymagania dotyczące odporności, czelności i izolacyjności, projekt musi wskazywać sposób ich osiągnięcia – zawierać np. informacje o proponowanym systemie, wraz z wytycznymi producenta dotyczącymi sposobu mocowania. Projekt powinien zawierać informacje na temat zabezpieczenia otworów i przejść instalacji przez ściany oddzielenia pożarowego.

Budownictwo drewniane. Poradnik dla projektanta

Nazwa	Opis	Uwagi
Projekt a wykonawstwo		
Projekt montażowy		Projekt musi zawierać kompletną instrukcję montażu poszczególnych elementów, kolejność montażu oraz sposób tymczasowego i docelowego usztywnienia konstrukcji.
Koordynacja	Projekt konstrukcji oraz projekty branżowe muszą być ze sobą skoordynowane.	Projekt konstrukcji obiektu musi być skoordynowany z projektami branżowymi. Szczególnie ważne jest ustalenie przebiegu instalacji i zaprojektowanie przejść instalacji przez przegrody. Kompletny i dopracowany projekt pozwoli na uniknięcie samowoli podczas wykonawstwa obiektu.
Stężenia	Należy zaprojektować stężenia.	System stężeń i usztywnienie przestrzenne konstrukcji stanowią integralną część całości. Do projektanta należy określenie przebiegu, sposobu mocowania oraz materiałów, z których należy te stężenia wykonać. Jeżeli w projekcie występują stężenia tymczasowe oraz stężenia docelowe (konstrukcyjne), projekt musi je jednoznacznie rozgraniczać.
Połączenia montażowe	Należy wskazać w projekcie miejsca podziału konstrukcji na elementy transportowe.	Do projektanta należy zaprojektowanie konstrukcji w taki sposób, by elementy dało się dostarczyć do miejsca wbudowania. W przypadku konstrukcji o dużej rozpiętości bądź o znacznej wysokości elementu konstrukcyjnego (uniemożliwiających transport w całości), należy przewidzieć styki montażowe oraz zaprojektować i w jednoznaczny sposób wskazać sposób łączenia poszczególnych elementów konstrukcji na placu budowy.
Składowanie materiałów	Składowanie nie może pogarszać właściwości użytkowych wyrobów	Warto zawrzeć w projekcie montażowym wytyczne dotyczące sposobu składowania i zabezpieczenia materiałów.
Transport/podnoszenie		W przypadku elementów o znacznych gabarytach, w szczególności elementów wiotkich, projektant powinien uwzględnić w obliczeniach przypadek podnoszenia. W układzie kratowym może dojść w takim przypadku do odwrócenia znaków sił osiowych w

Budownictwo drewniane. Poradnik dla projektanta

Nazwa	Opis	Uwagi
		prętach. W projekcie należy też wskazać dopuszczalne miejsca zaczeplenia haka lub trawersu, żeby uniknąć uszkodzenia elementu podczas podnoszenia i montażu.