

DOI: 10.37105/enex.2023.1.05

ENGINEERING EXPERT RZECZOZNAWCA



Dom drewniany w technologii Holz100 jako przykład budynku zrównoważonego

Aleksandra STACHERA ¹ (ORCID ID: 0000-0002-7424-8223)

Dariusz ZYSK ²

Mariusz OWCZAREK ¹ (ORCID ID: 0000-0003-3510-1664)

¹ Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, Polska

² Jednoosobowa działalność gospodarcza - Dariusz Zysk

Autor do korespondencji: aleksandra.stachera@wat.edu.pl

Streszczenie: Rozwój cywilizacji człowieka uzależniony był i jest obecnie od drewna. Drewno używano nie tylko do budowy domów, ogrodzeń czy mebli, ale również do ogrzewania już w czasach starożytnych. Obecnie drewno uznawane jest za jedno z podstawowych źródeł ogrzewania domów, ma także zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. W ramach ciągłych przemian i rozwoju budownictwa powstała technologia budowy domów jedynie z drewna. Drewno jest materiałem naturalnym, zdrowym i w pełni odnawialnym. Domy te charakteryzują się bardzo dobrymi właściwościami. W artykule opisano dom z drewna stanowiący przykład budynku wykonywanego w technologii Holz100. . Budynek taki może być zbudowany stosunkowo niewielkim nakładem pracy, kosztów i wykonania. Zaprezentowano charakterystyczne rozwiązania konstrukcyjne oraz w zakresie fizyki budowli zastosowane w budynku. Obiekt może być przykładem budownictwa zrównoważonego, ponieważ drewno jest szeroko dostępnym surowcem i całkowicie odtwarzalnym przez przyrodę, a jego utylizacja nie zaburza równowagi ekosystemu. Wykorzystane do budowy domów stwarza niepowtarzalny mikroklimat wewnątrz budynku, trudny do uzyskania w innych technologiach.

Słowa kluczowe: budownictwo zrównoważone, dom z drewna, technologia Thoma.

Oficjalną wersją publikacji jest wersja anglojęzyczna – posiada DOI. Niniejszy plik jest polskojęzyczną wersją.

Zacytuj ten artykuł w następujący sposób:

Stachera, A.; Zysk, D.; Owczarek, M. A wooden house in the Holz100 technology as an example of a residential building, Engineering Expert, p. 31-45, No. 1, 2023, DOI: 10.37105/enex.2023.1.05

1. Wprowadzenie

W dobie ciągłego rozwoju technologicznego dla wielu osób marzeniem jest posiadanie własnego domu na wsi. Wynika to z pragnienia by zachować zdrowie i ogólny dobrostan. W związku z tym wybór materiału budowlanego, który nie szkodzi zdrowiu jest tak istotny, [1].

Początek szybkiego rozwoju technologii materiałów budowlanych można datować na lata 70. ubiegłego wieku. Jednakże, od tego czasu zauważyć można także nieprzerwanie rosnącą ilość problemów zdrowotnych, których przyczyn doszukać się można w bezpośrednim środowisku mieszkalnym człowieka. Materiały budowlane oraz meble mogą uwalniać substancje toksyczne przez długie lata. Uważa się je za potencjalną przyczynę alergii i innych chorób. Wpływ interakcji tworzyw sztucznych uwalniających opary, metali różnego rodzaju, rozpuszczalników, klejów i innych środków chemicznych na

nasze zdrowie ciągle stanowi wyzwanie dla lekarzy i naukowców, [1]. Drewno jest darem natury. Jest to materiał znany każdemu człowiekowi, jako element przyrody, paliwo lub jako materiał do wyrobu różnych rzeczy. Umiejętności wykorzystania drewna zawdzięczamy wiedzy przekazywanej z pokolenia na pokolenie. Możliwości wykorzystania drewna tak naprawdę nie mają ograniczeń, jest to tylko kwestia wyobraźni każdego człowieka, reguła i standard nie znajdują tutaj miejsca.

Istnieje wiele technologii budowy domów z drewna, [2], z grubsza można je podzielić na technologie z bali, z desek lub mieszane.

1.1 Domy z bali pełnych

Konstrukcja ścian z bali pełnych, zwana również konstrukcją wieńcową, węglową lub zrębową składa się z ułożonych poziomo bali drewnianych, które połączone są w narożach tzw. węglach. Węgły mogą być z odsadką, czyli wystającym połączeniem poza obrys budynku lub bez odsadki, [2].



Rys. 1. Przykładowe węgły bez ostatków, [2].



Rys. 2. Przykłady węglów z ostatkami, [2].

1.2 Bale izolowane

Ściana wykonana w technologii bali izolowanych posiada zazwyczaj od zewnętrznej strony bale drewniane, których grubość waha się od 5 do 20 centymetrów. Zasada ich łączenia jest taka sama jak w przypadku ściany z bali pełnych, jednak wymaga ona dodatkowej izolacji cieplnej, aby spełniać wymogi izolacyjności przegrody. Dodatkową warstwę izolacyjną, która wykonana jest z wełny szklanej, mineralnej bądź włókien celulozowych stosuje się po wewnętrznej stronie ściany, a grubość izolacji uzależniona jest o grubości bali, [2].



Rys. 3. Ściana z bali izolowanych, [2].

1.3 Bale prefabrykowane

Bale te zbudowane są z okładzin drewnianych nadających wygląd bala pełnego, natomiast w środku znajduje się wypełnienie materiałem izolacyjnym, na przykład pianką poliuretanową, która tworzy warstwę izolacji cieplnej na całej wysokości ściany, [2].

1.4 Budynki z desek

Do tej grupy można zaliczyć budynki składające się z różnych konfiguracji desek i słupków. Stwarza to szerokie możliwości kształtowania struktury przegród w takim budynku, aby uzyskać wymaganą izolacyjność termiczną i przepuszczalność pary wodnej, nawet bez stosowania warstw typowo izolacyjnych, [2].

W 1990 roku austriacki leśnik Erwin Thoma założył firmę Thoma zajmującą się budową domów z drewna, [1].

Za cel firma postawiła sobie budowę najzdrowszych domów. Podczas budowy nie używane są żadne szkodliwe dla zdrowia środki chemiczne i kleje. Domy te budowane są z mechanicznie łączonego drewna księżycowego – a więc drewna w najlepszym wydaniu, [1].

Podstawą właściwego pozyskania drewna jest wiedza, mówiąca o tym o jakiej porze roku możemy i powinniśmy je pozyskiwać. Kolejną istotną wytyczną jest również odpowiedni wiek drewna ścinanego. Zalecenia te są bardzo istotne i nie powinny być zmieniane. Obecnie niestety wycinka drzew jest wykonywana przez cały rok, bez ograniczeń, z pominięciem przedstawionych wcześniej zasad, [1].

Badania właściwości drewna księżycowego w swojej publikacji opisali Kownacki D. i Błaszczczyński T., [3]. Drewno przeznaczone na konstrukcje powinno być pozyskane w okresie zimowym oraz w fazie ubywającego Księżyca. Wówczas materiał ten charakteryzuje się wyższą wytrzymałością, mniejszymi skłonnościami do pęknięcia podczas suszenia oraz wyższą odpornością na insekty i grzyby, [3].

Zasadniczo, ściany domu Holz100 wznoszone są w taki sam sposób, co wszelkie klejone elementy drewniane. Układ warstw desek ułożonych w sposób krzyżowy i diagonalny tworzy jeden zwarty układ konstrukcyjny. Przełomowe rozwiązanie zastosowane w technologii Thoma to materiał mocujący: używane są wyłącznie kołki drewniane, [1].

Pionowe i poziome deski oraz krawędziaki układane są tak, aby utworzyć zwarte elementy budowlane bez żadnych szczelin. Starannie zaprojektowana siatka kołków drewnianych przechodzi przez kolejne warstwy na całej grubości ściany. Kołki w nowym miejscu absorbują szczątkową wilgoć drewna i pęcznią łącznie poszczególne części w jedną masywną, trwałą całość, [1].

System Holz100 dobrze wpisuje się w wymogi ekologii budownictwa. Domy w tym systemie zbudowane są w 100% z odnawialnych surowców i wykorzystują współczesne osiągnięcia technologiczne, [1].

2. Budownictwo zrównoważone

Rynek budowlany zużywa około 40% energii na terenie Unii Europejskiej, [4]. W związku z tym sporządzono wieloparametrowe podejście opisu właściwości budynku opisane w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków zwanej w skrócie EPBD (Energy Performance Buildings Directive), [5,6].

Spowodowało to powstanie i rozwój budownictwa zrównoważonego, które łączy trzy filary zrównoważonego rozwoju, w efektywny kosztowo i przyjazny dla środowiska sposób zapewnia zdrowy mikroklimat wewnątrz budynku i pozytywnie wpływa na produktywność użytkowników, [7].

Zrównoważone budownictwo obejmuje dbałość o środowisko naturalne oraz oszczędną gospodarkę surowcami w całym cyklu budowlanym, [7].

Do najważniejszych cech budownictwa zrównoważonego można zaliczyć, [8]:

- efektywne wykorzystanie zasobów, zwłaszcza nieodnawialnej energii i wody;
- zapewnienie zdrowego i komfortowego środowiska dla użytkowników budynku;
- odpowiedzialność względem otoczenia i lokalizacji budynku;
- elastyczność i możliwość readaptacji budynku oraz instalacji i urządzeń w budynku jako sposobu na ochronę zasobów i oszczędność;
- zastosowanie systemów zarządzania budynkiem monitorujących i sterujących urządzeniami i instalacjami w celu minimalizacji zużycia energii i innych zasobów;
- minimalizację ilości produkowanych odpadów i recykling;
- wykorzystanie do budowy materiałów przyjaznych dla środowiska, czyli spełniających min. jedno z kryteriów:
 - a. wykonane z materiałów recyklingowych, odpadów rolniczych,
 - b. przy ich produkcji nie są eksploatowane surowce naturalne,
 - c. minimalizowane jest negatywne oddziaływanie na środowisko przy ich wytwarzaniu, niszczeniu czy naprawie,
 - d. w ich wytwarzaniu oszczędzana jest energia i woda,
 - e. przyczyniają się do zdrowego i bezpiecznego środowiska wewnętrznego,
 - f. wyprodukowano je lokalnie;
- unikanie toksycznych i innych szkodliwych emisji.

Międzynarodowe organizacje do oceny budynków zrównoważonych wprowadziły specjalne, wielokryterialne systemy certyfikacji ekologicznej. Najbardziej popularne to: amerykański LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), brytyjski BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) oraz niemiecki DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen), [9].

3. Studium przypadku

W Polsce, w miejscowości Otwock, jeden ze współautorów, z zawodu stolarz, zainspirowany dorobkiem pokoleń na temat drewna oraz technologią zapoczątkowaną przez p. Erwina Thoma, po zgłębieniu wiedzy teoretycznej na temat tej technologii postanowił wybudować własnoręcznie drewniany dom w ciągu 2 lat. Na początku wykonawca zdobył dużą ilość informacji na temat wszystkich szczegółów związanych z budową domu w tej technologii.

W życiu wykonawcy budowa tego domu, to już czternaste powtórzenie budowania domu drewnianego, jednakże w tej technologii pierwsze. Dzięki swojemu doświadczeniu oraz wiedzy praktycznej wykonawca buduje dom w pojedynkę, co za tym idzie wszystkie elementy do budowy domu przygotowuje własnoręcznie. Budowanie w ten sposób wydłuża czas realizacji, ale ma się satysfakcję, że dom jest wynikiem własnej pracy bez udziału innych osób. Bardzo dużo czasu trzeba poświęcić na obróbkę materiału np. trzeba zrobić dwustronnie ryflowane deski, które będą służyć do budowy ścian zewnętrznych i ścian wewnętrznych.

3.1. Opis ogólny budynku

Budynek został zaprojektowany jako parterowy wolnostojący dom jednorodzinny wznoszony w technologii drewnianej o wymiarach zewnętrznych długość 13,50 m oraz szerokość 9,30 m. Wysokość kalenicy będzie wynosić 6,58 m. Powierzchnia zabudowy wynosi 125,55 m², a powierzchnia użytkowa będzie wynosić około 100 m².

W dalszej części artykułu opisano kolejne kroki wykonywania tego budynku, a tym samym szczegóły technologiczne.

3.2. Składowanie materiału do budowy

Drewno wykorzystywane do budowy niniejszego domu nie jest suszone w suszarni tylko na dworze (rys. 4, 5, 6, 7, 8). Drewno w trakcie suszenia ułożone jest w kierunkach wschód zachód.





Rys. 4, 5, 6, 7, 8. Drewno w trakcie suszenia (zdjęcia własne).

3.3. Posadowienie budynku

W pierwszej kolejności wykonano fundament w postaci betonowych pali o wysokości 90 cm.. Kolejnym krokiem było wykonanie namiotu ochroniającego budowany dom od warunków atmosferycznych. Kolejnym etapem było wykonanie betonowego wieńca okalającego o wymiarach 9,30 m na 13,50 m i grubości 30 cm na wcześniej wykonanych betonowych palach. W wieńcu okalającym wykonano otwory wentylacyjne po 160 mm na każdą ścianę pokazane na poniższej fotografii (rys. 9)



Rys. 9. Otwór wentylacyjny (zdjęcia własne).

Pierwszą warstwę płyty z desek wykonano z żebrowaniem co 60 cm łączonych na tzw. jaskółczy ogon (rys. 10, 11).



Rys. 10, 11. Połączenie na jaskółczy ogon w płycie (zdjęcia własne).

Środek pomiędzy żebrowaniami wyłożono papierem oraz zasypano trocinami wymieszanych z wapnem, celem odstraszenia możliwych owadów, termitów. Następnie ponownie zamknięto papierem. Drugi etap płyty stanowią ułożone lite belki drewniane wysokości 10 cm i szerokości 15 cm (rys. 12, 13, 14, 15).



Rys. 12, 13, 14, 15. Wypełnienie płyty trocinami, przykrycie papierem oraz ułożenie litych desek (zdjęcia własne).

Kolejną warstwę stanowią 2 deski drewniane grubości 28 mm ułożone w sposób diagonalny. Ostatnią warstwę płyty drewnianej stanowią ułożone lite belki drewniane wysokości 10 cm i szerokości 15 cm (rys. 16, 17).



Rys. 16, 17. Ułożenie warstw płyty drewnianej (zdjęcia własne).

Jak można zauważyć drugą i ostatnią warstwę płyty stanowią takie same belki drewniane jednak ułożone w sposób naprzemienny.

Grubość płyty drewnianej nośnej wynosi 40 cm. Warstwy płyty łączone są za pomocą kołków drewnianych, buczynowych, wbijanych naprzemiennie raz pod kątem w lewą stronę, raz po kątem w prawą stronę (rys. 18, 19).

W celu ułatwienia wbijania kołków w technologii Holz100 stosuje się mieszankę twarogu z wapnem natomiast w analizowanym domu w Otwocku smaruje się je pszczelim woskiem.



Rys. 18, 19. Płyta fundamentowa i drewniana płyta nośna (zdjęcia własne).

Wykonawca wprowadził pewną modyfikację, wykonał w ostatniej warstwie belek płyty nośnej frezowanie o grubości 1 cm i szerokości części nośnej ściany (rys. 20).



Rys. 20. Oparcie ściany zewnętrznej na płycie nośnej (zdjęcia własne).

3.4. Ściany nośne

Docelowo ściana zewnętrzna będzie posiadać następujące z warstwy zgodnie ze zdjęciem nr 21. Grubość ściany zewnętrznej wraz z deskami elewacyjnymi będzie wynosić 46 cm. Ściana bez części elewacyjnej będzie miała grubość 38 cm i będzie składała się z 11 elementów.



Rys. 21. Przekrój ściany zewnętrznej (zdjęcia własne).

Do słupków z litego drewna zamocowanych będzie po 5 warstw desek z drewna ryflowanego od zewnętrznej, a także wewnętrznej strony. Na ten moment Wykonawca wykonał następujące warstwy ścian zewnętrznych (rys. 22).



Rys. 22. Bieżące zaawansowanie warstw ściany zewnętrznej (zdjęcia własne).

Warstwy powyższej ściany ułożone są w sposób pokazany na zdjęciach poniżej (rys. 23, 24).



Rys. 23, 24. Sposób ułożenia warstw ściany zewnętrznej (zdjęcia własne).

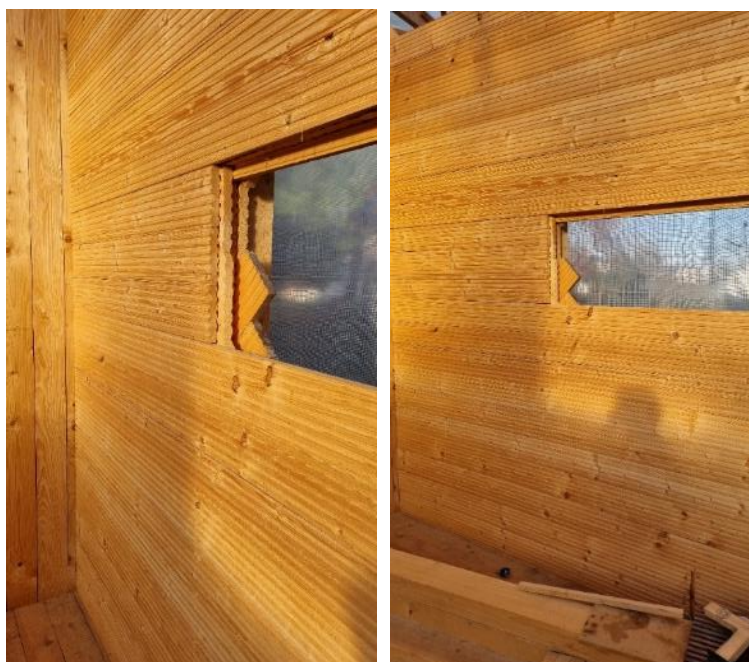
Warstwy ścian zespolono ze sobą za pomocą kołków. Kolejne ryflowane warstwy w stosunku do siebie układane są naprzemiennie ze sobą. Pierwsza warstwa ułożona jest diagonalnie, kolejne – warstwy wewnętrzne obracane są o 45° w prawo, a zewnętrzne w lewo.

W tej technologii nie wykonuje się izolacji termicznej oraz nie ogrzewa się budynku od wewnątrz. Ściana drewniana sama w sobie ma bardzo dobre właściwości izolacyjne, zgodnie z badaniami wykonanymi przez p. Thomę, w przypadku, gdy na zewnątrz jest temperatura -10°C to wewnątrz budynku utrzymuje się temperatura $+21^\circ\text{C}$. Dzięki temu można zaprzestać używania źródła ogrzewania. Badania pokazują również, że działanie z zewnątrz minusową temperaturą może wychłodzić ścianę wykonaną w tej technologii do temperatury 0°C dopiero po czasie powyżej jednego miesiąca. Co istotne przypadku ściany murowanej z warstwą izolacyjną potrzeba na to około 10 dni, [10].

Ściany wykonane w tej technologii mają współczynnik przenikania ciepła taki jak ściana z klejonego drewna grubości 75 cm, co potwierdzają wyniki badań przeprowadzonych przez Instytut Fraunhoffera w Stuttgarcie i Uniwersytet Technologiczny w Graz, [11]. Ściana z drewna klejonego o grubości wspomnianych 75 cm ma współczynnik przenikania ciepła $U < 0,23 \text{ W/m}^2/\text{K}$.

3.5. Otwory okienne

Od strony południowej na ścianie domu zaprojektowano duże 5-szybowe okna o wymiarach 240 cm na 310 cm. Okna na pozostałych ścianach budynku zaprojektowano jako minimalne o wymiarach 60 cm na 120 cm. Wszystkie okna w domu są nieotwieralne.



Rys. 25, 26. Najmniejsze okna w budynku (zdjęcia własne).

Uszczelnienia ościeżnicy okiennej ze ścianą Wykonawca planuje wykonać własną metodą za pomocą wyciętych odpowiednich kanałów, które mają zapewnić szczelność okna.

3.6. Połączenie ścian ze stropem i dach

Górną warstwę ścian należy dociąć tak, aby tworzyły równą powierzchnię. Ciężar płyty sufitowej ma za zadanie spowodować uszczelnienie styku ściany ze stropem, dlatego tak istotnym jest bardzo precyzyjne obcinanie ścian. Warto wspomnieć, że drewno stycznie nigdy nie zmienia swojego wymiaru i właśnie ta właściwość zapewnia ową szczelność styku ściany ze stropem. Planowanym pokryciem dachu będzie ceramiczna wentylowana dachówka.

3.7. Instalacje w budynku

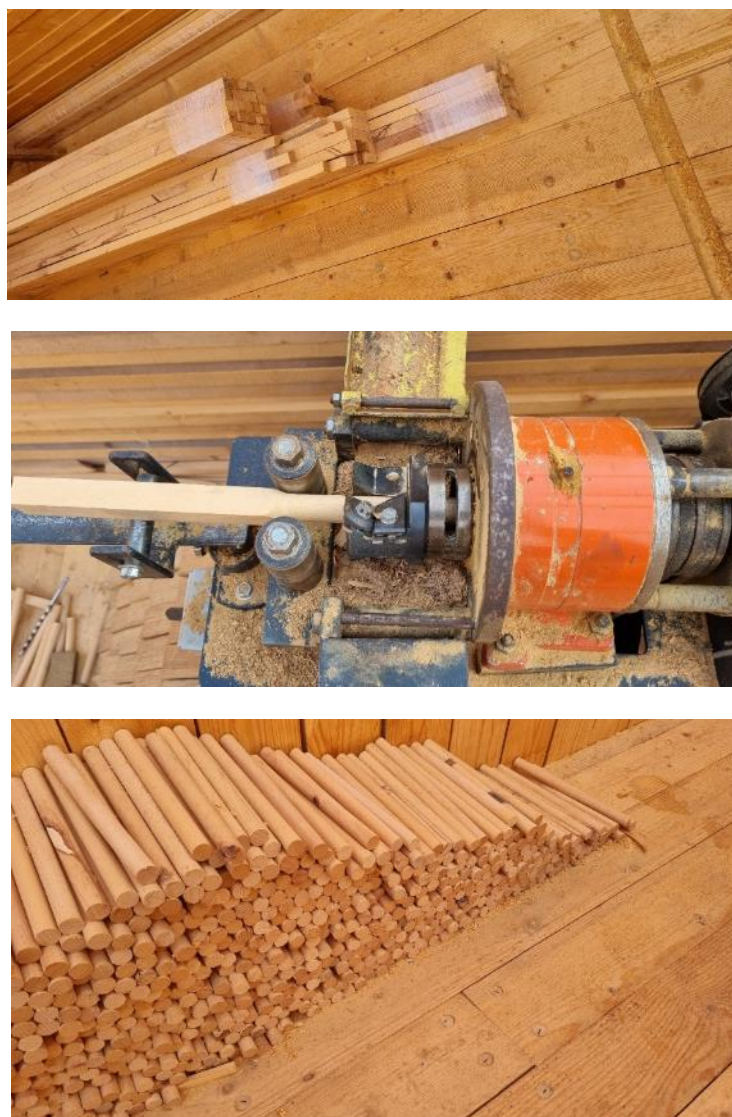
Na etapie projektu muszą zostać zaprojektowane bardzo precyzyjnie instalacje. Instalacje elektryczne układane są w peszlach, co pozwala na nieinwazyjny montaż przewodów czy ich zmianę w przypadku takiej potrzeby.

Instalacje sanitarne muszą być prowadzone w otulinie, gdyż możliwe jest powstanie przecieku, a to może skutkować degradacją drewna. Wentylacja w budynku jest wskazana tylko w łazience oraz w kuchni, tam, gdzie jest duża wilgotność, w pozostałych pomieszczeniach taka instalacja nie jest potrzebna. Dzięki temu, że nie lakieruje się drewna, pozostaje ono naturalne i dzięki strukturze swojej budowy pozwala na swobodną wymianę powietrza.

3.8. Parametry materiału

Elementy drewniane na ściany oraz płytę nośną powinny mieć wilgotność 12%. Natomiast kołki używane do łączenia elementów powinny być wykonane z drewna o wilgotności 6%. Dzięki temu kołek o takiej wilgotności wbijany w drewno, które ma wilgotność 12 - 14% chłonie wilgoć i zwiększa swoją objętość. Pozwala to zapewnić właściwe połączenie warstw ze sobą.

Kołki wykonywane są z następujących elementów i za pomocą maszyny przedstawionej na zdjęciach.



Rys. 27, 28, 29. Drewno przygotowane do wykonania kołków, maszyna do wykonywania kołków oraz wykonane już kołki (zdjęcia własne).

Ciekawostką jest fakt odporności ogniowej tak wykonanej konstrukcji domu. System firmy Holz100 uzyskał najwyższy certyfikat bezpieczeństwa pożarowego, [11]. Warto wspomnieć, że ściana Holz100 była testowana w Instytucie Technologii Ochrony Przeciwpożarowej i Badania Bezpieczeństwa (IBS) w Linz w Austrii. W płomieniu 1000°C po 90 minutach ciągłego pożaru po drugiej stronie ściany odnotowano wzrost temperatury tylko o 1,8°C. [14]

Badania przeprowadzone przez Politechnikę w Graz określają klasę odporności na ogień REI 120, [12]. Europejska Aprobata Techniczna ETA-13/0785 podaje, że elementy przeznaczone do stosowania jako elementy ścienne, dachowe, stropowe odpowiadają klasie odporności na ogień D-s2 oraz d0 dla normy PN-EN 13501-1. [13]

Kolejną ciekawą informacją jest fakt, że ściany wykonane w tej technologii zapewniają zatrzymanie fali różnego rodzaju, ekranują fale EM np. telefonii komórkowej technologii 5G, do głębokości około 20 cm ściany. Następnie w ścianie tworzy się tzw. bufor, który nie pozwala na to, żeby ta fala wnikała do środka budynku, [10].

3.9. Zaawansowanie prac

Obecne zaawansowanie prac, szacowane przez wykonawcę na około 50%, przedstawione jest na powyższych fotografiach i zostało osiągnięte w ciągu roku budowy. Na wykonanie takiego domu potrzebne jest 170 m³ drewna.

W tabeli 1. zestawiono różnice w wykonywaniu domu między technologią firmy Thoma a domem w Otwocku.

Tabela 1. Porównanie technologii Thomy i domu w Otwocku.

Element	Technologia Thoma	Dom w Otwocku
Ściana zewnętrzna	Grubość 36,5 cm	Grubość 38 cm
Środek do smarowania kołków	Mieszanka twarogu z wapnem	Pszczeli wosk
Osadzenie ściany zewnętrznej	Instalacja listwy obrysowej ścian, przekrój listwy 5x5 cm	Frezowanie w płycie podłogowej drewnianej na głębokości 1 cm i szerokości 10 cm jest to grubość rdzenia

4. Podsumowanie

Opisany budynek stanowi przykład budynku zrównoważonego. Koncepcja budownictwa zrównoważonego zakłada, że brane są pod uwagę wszystkie etapy życia budynku począwszy od jego zaprojektowania, przez użytkowanie do wyburzenia i utylizacji materiałów. Na uwagę zasługuje fakt, że budynek o powierzchni zabudowy 125,55 m² może być wykonany przez jedną osobę. Potrzebne jest duże doświadczenie w zakresie prac stolarskich i uprawnienia, nie jest to budynek, który może zbudować każdy inwestor, jednakże brak konieczności zatrudnienia wielu osób i sprzętu wpłynie na obniżenie kosztów. Fundament żelbetowy na palach stanowi stabilną podstawę. Po dokończeniu budowy należałoby wykonać badania w zakresie fizyki budowli w celu sprawdzenia występowania mostków termicznych, rzeczywistego współczynnika przenikania ciepła przez przegrody oraz szczelności budynku. Zastosowanie innowacyjnych ścian ze szczelinami powietrznymi daje perspektywę na podwyższoną izolacyjność cieplną, potwierdzone według Autorów technologii Holz100 badaniami. Planowane do wykonania badania pozwoliłyby na sprawdzenie jak modyfikacje wprowadzone przez Wykonawcę wpłynęły na deklarowane parametry domów budowanych w technologii Thoma.

Przedstawione powyżej informacje pozwalają mieć nadzieję, że wybudowany dom będzie stanowił w pełni bezpieczną przestrzeń do mieszkania.

Bibliografia

1. Thoma (2022) <https://www.thoma.at/pl> (01.12.2022).
2. Budując z drewna. Poradnik dla budujących z drewna. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych. Warszawa 2005
3. Kownacki D., Błaszczyński T., (2019) *Drewno książkowe jako materiał konstrukcyjny*, Przegląd budowlany, 10, 85-89.
4. Matuszko L., Parzych J., Hozer J., (2018) *Budownictwo niskoenergetyczne – nowe trendy na rynku budownictwa*, Studia i Prace WNEiZ US, 54/1.
5. *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings*; (2010) Official Journal of the European Union: L 153/14, 18.6.2010; Strasbourg, France.
6. López-Ochoa, L.M.; Las-Heras-Casas, J.; Olasolo-Alonso, P.; López-González, L.M. (2021) *Towards nearly zero-energy buildings in Mediterranean countries: Fifteen years of implementing the Energy Performance of Buildings Directive in Spain (2006–2020)*, Journal of Building Engineering, 44, doi: 10.1016/j.job.2021.102962.
7. *Co to jest zrównoważone budownictwo?* (2022) <https://jw-a.pl/2019/06/co-to-jest-zrownowazone-budownictwo/> (14.12.2022).
8. *PLGBC Definicja* (2022) <https://plgbc.org/pl/zrownowazone-budownictwo/definicja/> (04.12.2022)
9. Pluta A., (2012), *Budownictwo zrównoważone – powszechnie obowiązujący standard*, <https://inteligentnybudynek.eu/budownictwo-zrownowazone-powszechnie-obowiazujacy-standard/> (14.12.2022)

10. Thoma E., (2017) *Na długi czas*, Wydawnictwo Domdrewno100, Nowy Sącz
11. *DomDrewno100* (2022) <https://domdrewno100.pl/> (01.12.2022)
12. <https://www.justwoodit.com/pliki/2.pdf> (19.04.2023)
13. https://domdrewno100.pl/admin-inf/wp-content/uploads/2020/05/EuropTechnZulassung-ETA-13-0785_Holz100_deutsch.pdf, (19.04.2023)
14. Kownacki D., Błaszczyński T. (2019) Systemy budownictwa z drewna księżycowego, *Przegląd Budowlany*, 10, 110-114