Maciej MAJOR, Izabela MAJOR
Politechnika Częstochowska

DACHOWE WIĄZARY KRATOWE - EKONOMICZNE ROZWIĄZANIE WSPÓŁCZESNYCH WIĘŹB DACHOWYCH

W pracy przedstawiono analizę porównawczą kosztów wykonania więźby dachowej dla dachu dwu- i czterospadowego o konstrukcji kratownicowej i krokwiowej. Omówiono korzyści z zastosowania nowoczesnych belek dachowych dla realizacji budownictwa jednorodzinnego. Analiza wykazała, że w przypadku dachów dwuspadowych możemy osiągnąć znaczne oszczędności, stosując konstrukcję w postaci wiązara kratowego. Nieco mniejsze korzyści uzyskuje się dla dachów czterospadowych, ale udowodniono, że nowoczesny wiązar krokwiowy jest zdecydowanie bardziej korzystny przy realizacji dachów domów.

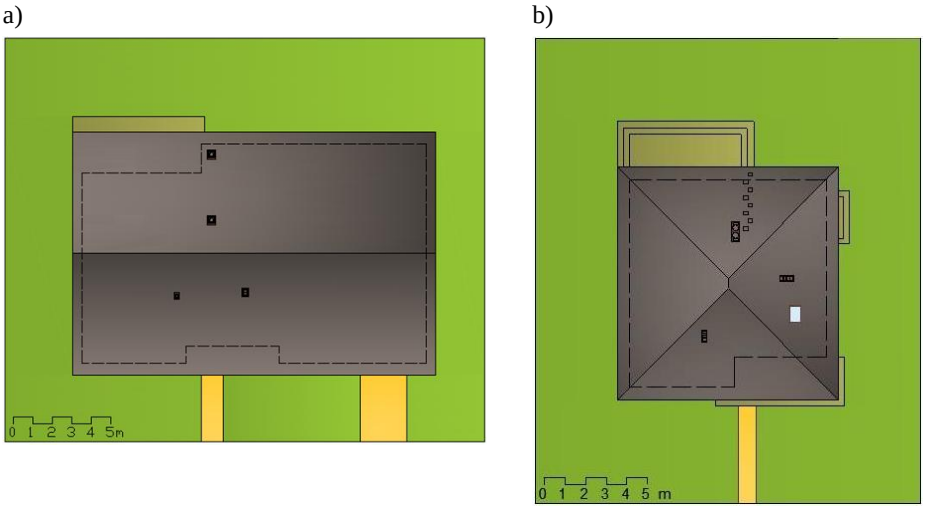
Słowa kluczowe: dachy dwu- i czterospadowe, wiązary kratownicowe, wiązary krokwiowe, analiza ekonomiczna

WPROWADZENIE

Konstrukcje dachów budownictwa jednorodzinnego, pomimo dużego postępu technologicznego i materiałowego w budownictwie, nadal są wykonywane z drewna. Drewniane wiązary dachowe należą do najstarszych konstrukcji, wykonywanych praktycznie od stuleci [1, 2]. W obecnych czasach dysponujemy zaawansowanymi łącznikami ciesielskimi oraz bardzo rozwiniętą bazą metod numerycznych do obliczania drewnianych konstrukcji dachowych. To pozwala na zoptymalizowanie prac projektowych oraz ciesielskich.

Dach przy zastosowaniu odpowiedniego pokrycia ma zapewnić wymaganą ochro-
nę przed czynnikami zewnętrznymi: wiatrem, deszczem, śniegiem oraz zmianami temperatury [3]. Te podstawowe i zarazem niezbędne funkcje można uzyskać, stosując różne rodzaje konstrukcji dachów. Najczęściej stosowanymi są dachy dwu- i czterospadowe (rys. 1), niejednokrotnie z możliwością wykonania dodatkowych lukarn, które zapewniają odpowiednie doświetlenie poddasza. Decyzja co do kształtu dachu jest określona dla inwestora w „warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu", jednak dobór rozwiązania konstrukcyjnego należy do projektanta. Niewątpliwie, gabaryty domu decydują o rodzaju więźby, jaką należy zastosować, jednak niezależnie od tradycyjnych rozwiązań można zdecydować się na współcześnie

realizowane wiązary dachowe o konstrukcji kratownicowej, które powstają w procesie prefabrykacji przez połączenie poszczególnych elementów za pomocą płytek kolczastych [4].

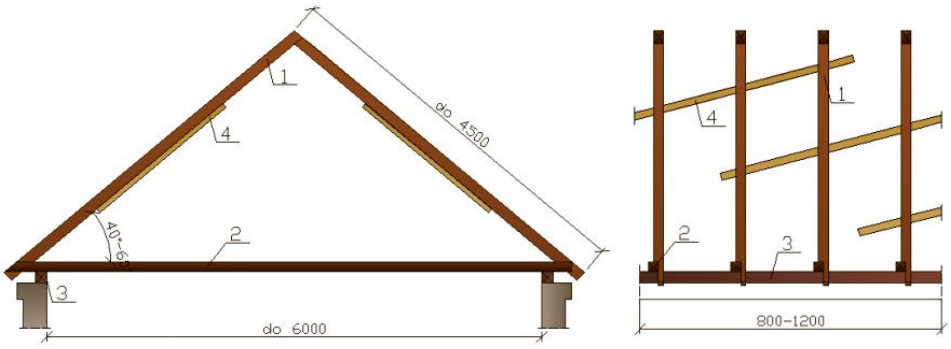


Rys. 1. Dachy domów w widoku z góry: a) dwuspadowy, b) czterospadowy [5]

1. WIĄZARY KROKWIOWE

Drewniane więźby dachowe to najpopularniejszy rodzaj konstrukcji stosowanej przy budowie domów jednorodzinnych. Najczęściej do budowy wiązarów wykorzystuje się drewno miękkie, a więc sosnowe lub świerkowe. Budowa wiązarów jest bardzo prosta. W zależności od rodzaju budynku, jego rozpiętości, konstrukcji, spadku połaci dachowej czy też planowanej adaptacji poddasza zastosować należy odpowiedni rodzaj konstrukcji więźby dachowej [6]. Najpopularniejsze z nich to wiązary krokwiowe, jętkowe i płatwiowo-kleszczowe.

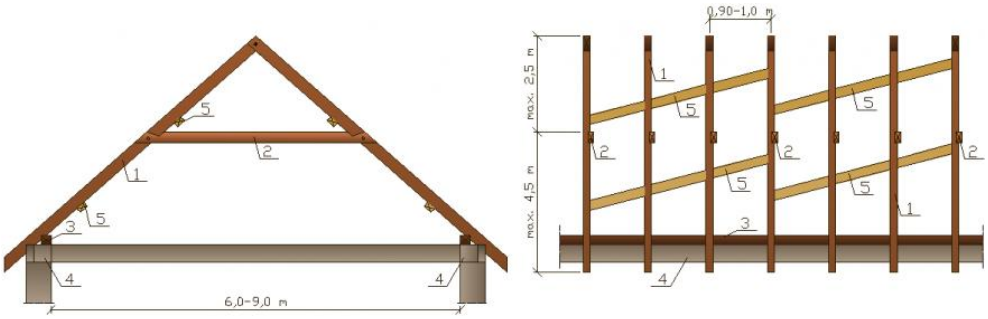
Dachy o konstrukcji krokwiowej składają się z par krokwi oraz belki poprzecznej (zwanej belką stropową), na której krokwie oparte są na wrąb czołowy.



Rys. 2. Wiązar krokwiowy: 1 - krokiew, 2 - belka, 3 - murłata, 4 - wiatrownica [5]

Obciążenie przekazywane jest na ściany budynku za pośrednictwem belek wiązarowych lub belek wiązarowych i murłat (dotyczy to murów z drobnych elementów). Wiązary krokwiowe stosuje się przy konstrukcjach, których rozpiętość nie przekracza 6 m (rys. 2). W przypadku gdy rozpiętość mieści się w granicach 6÷8 m, należy usztywnić konstrukcję w poziomie kalenicy, stosując podparcie z płatwi kalenicowej. Długość krokwi nie powinna przekraczać 4,5÷5 m, w zależności od użytego pokrycia dachowego, a kąt nachylenia połaci dachu do poziomu powinien wynosić 40÷60°. W przypadku gdy nachylenie jest niższe, nie stosuje się żadnych dodatkowych usztywnień, natomiast w wiązarach o nachyleniu powyżej 45° stosować należy tzw. wiatrownice. Są to elementy, które przybija się do dołu krokwi w celu zabezpieczenia dachu przed działaniem wiatru w osi podłużnej. Ich przekrój na ogół wynosi od 3,8x10 cm do 5x14 cm. Przybijane są do każdej krokwi dwoma gwoździami.

Dachy w konstrukcji jętkowej stosowane są przy budynkach o rozpiętości 6÷9 m lub gdy ze względu na duży spadek połaci długość krokwi jest większa niż 4,5 m (rys. 3).



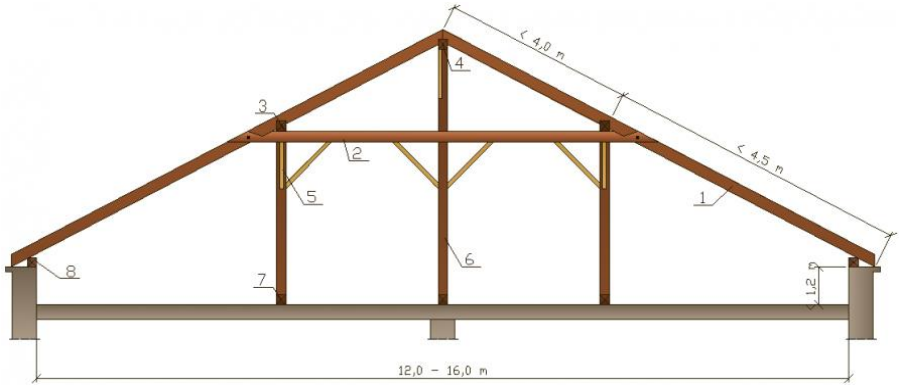
Rys. 3. Dach w konstrukcji jętkowej: 1 - krokiew, 2 - jętka, 3 - murłata, 4 - wieniec żelbetowy, 5 - wiatrownice [5]

Nachylenie połaci dachów w konstrukcji jętkowej powinno się zawierać w granicy 25÷60°, a ze względów konstrukcyjnych zalecany kąt nachylenia to więcej niż 35°. Wiązar jętkowy stanowią krokwie połączone w kalenicy, oparte na murłatach i

połączone jętkami. Odcinek górny powinien mieć długość ok. 2,5 m, a dolny do 4,5 m. Siły rozporu przekazywane przez krokwie są przenoszone poprzez belki lub konstrukcję stropu. W celu usztywnienia wiązarów w kierunku podłużnym stosuje się wiatrownice lub łaty. W przypadku gdy poddasze budynku ma być użytkowe, jętki wykorzystywane są jako belki stropu i umieszczane na wysokości nie mniejszej niż 2,4 m od poziomu posadzki.

Dachy o konstrukcji płatwiowo-kleszczowej w swojej budowie są bardziej złożone od wiązarów krokwiowych czy krokwiowo-jętkowych. Składają się z krokwi opartych na płatwiach pośrednich i płatwiach stropowych lub na murłatach, płatwi opartych na słupach i mieczach, zastrzałach lub belkach poziomych (stanowią podporę dla krokwi), kleszczy, które mają za zadanie połączenie krokwi z płatwiami oraz słupami jednej połaci z drugą, słupów tworzących z płatwiami i podwalinami ramy podpierające krokwie oraz mieczy, które służą do przejęcia sił od parcia wiatru i usztywniają dach w kierunku podłużnym.

Wiązary płatwiowo-kleszczowe stosowane są w dachach o rozpiętości od 8 do nawet 16 m. W zależności od rozpiętości wymagają jednak odpowiedniej ilości podpór. W wiązarach o rozpiętości do 8 m wystarczy jedynie płatew kalenicowa, przy rozpiętości do 12 m należy zastosować podparcie w postaci dwóch słupów, a powyżej 12 m wymagane jest podparcie w kalenicy (płatew kalenicowa) oraz podparcie pośrednie (rys. 4).



Rys. 4. Konstrukcja dachu płatwiowo - kleszczowa z płatwią kalenicową i płatwiami pośrednimi: 1- krokiew, 2 - kleszcze, 3 - płatew pośrednia, 4 - płatew kalenicowa, 5 - miecz, 6 - słup, 7 - płatew podwalinowa, 8 - murłata [5]

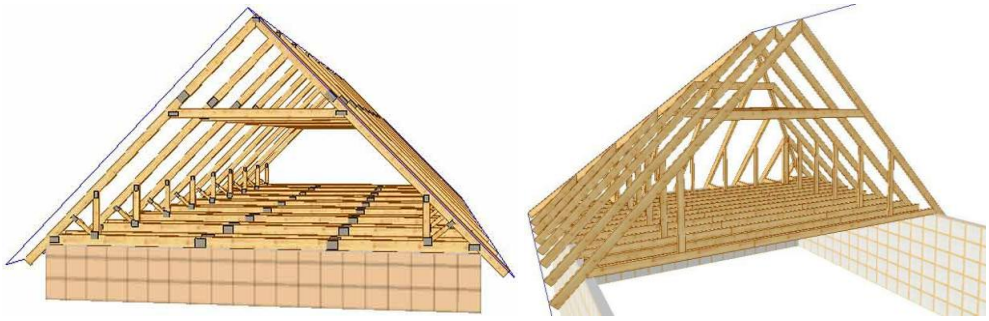
W przypadku braku możliwości obciążenia stropów na konstrukcję więźby dachowej stosuje się wiązary płatwiowo-kleszczowe z kozłami. W takim przypadku obciążenie od dachu jest przekazywane na ściany za pomocą słupków pochyłych.

2. WIĄZARY KRATOWNICOWE

Wiązary kratownicowe to płaskie ustroje prętowe, składające się z elementów zewnętrznych, które stanowią pasy (dolny i górny) oraz wewnętrznych (słupków i krzyżulców) - rysunek 5. Podobnie jak belki pełnościenne, kratownice mogą być swobodnie podparte, wieloprzęsłowe ciągłe i przegubowe, przy tym o różnych kształtach stanowiących kryterium podziału.

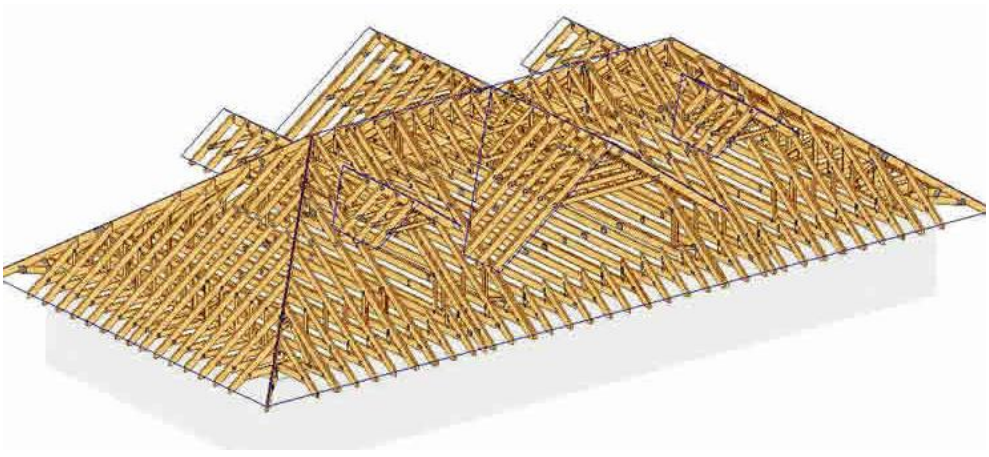
Wiązar kratownicowy produkowany jest z drewna sosnowego, poddanego procesowi suszenia i impregnacji. Impregnacja zapewnia całkowitą ochronę drewna przed korozją biologiczną i zwiększa odporność ogniową konstrukcji. Wymagane jest, aby drewno w procesie produkcji nie posiadało wilgotności powyżej 15%. Podstawową zaletą kratownic drewnianych jest ich lekkość. Dzięki temu mogą być stosowane w domach drewnianych oraz murowanych z małogabarytowych elementów ceramicznych.

a) b)



Rys. 5. Prefabrykowane wiązary attykowe: a) z pasem dolnym stanowiącym konstrukcję stropu, b) dla dachu kopertowego z widocznym brakiem słupów na poddaszu [7]

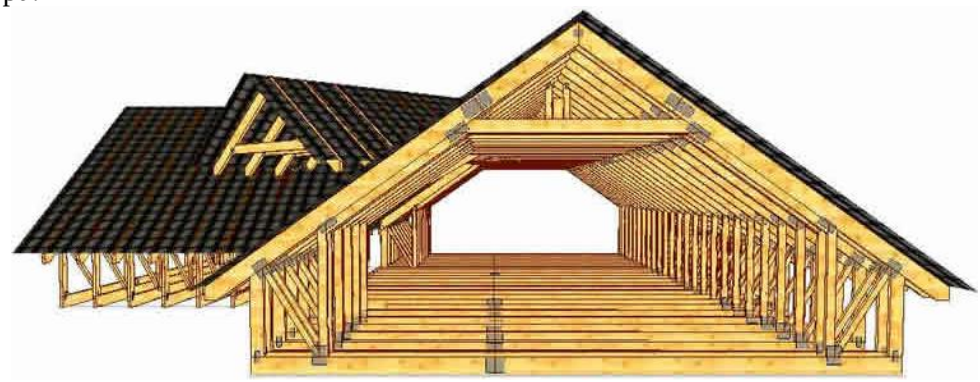
Kratownice drewniane są idealnym rozwiązaniem dla domów, w których poddasze jest nieużytkowe, a dach dwuspadowy zaprojektowano z niewielkim spadkiem połaci. W przypadku domu z poddaszem gospodarczym dźwigary kratownicowe również zyskują coraz większą popularność (rys. 6, 7).



Rys. 6. Poddasze użytkowe z sześcioma lukarnami zaprojektowane w technologii kratownicowych wiązarów drewnianych [7]

Niewątpliwie najtańsze rozwiązania obejmować będą dachy wykonane z kratownic jedno- lub dwuspadowych. Nie znaczy to, że bardziej skomplikowane dachy budowane z kratownic nie będą konkurencyjne w stosunku do tradycyjnych rozwiązań więźb dachowych.

Główne zalety dźwigarów kratownicowych to: prosta realizacja, szybki montaż, lekka konstrukcja oraz możliwość budowania wiązarów dla dużych rozpiętości dachów. Ponadto nie ma potrzeby wykonywania stropów betonowych, ponieważ w rozwiązaniach konstrukcyjnych od razu uzyskujemy drewnianą konstrukcję stropu.



Rys. 7. Attykowy dach budynku jednorodzinnego z wiązarów prefabrykowanych, dający całkowicie wolną przestrzeń na poddaszu [7]

3. ANALIZA PRZYKŁADOWYCH KOSZTÓW WYKONANIA DACHU O WIĄZARACH KROKWIOWYCH I KRATOWNICOWYCH

Drewno charakteryzuje się niskim współczynnikiem przewodzenia ciepła, odpornością na czynniki chemiczne, łatwością obróbki oraz wykonywania połączeń. Zdecydowanie na obecnym rynku materiałów budowlanych ma niekwestionowaną pozycję jako materiał do budowy więźb dachowych. Istotnym aspektem porównania obu rodzajów konstrukcji dachu jest dla inwestora cena, w której zawierają się odpowiednio dla tradycyjnej więźby i kratownicowych wiązarów prefabrykowanych następujące składowe:

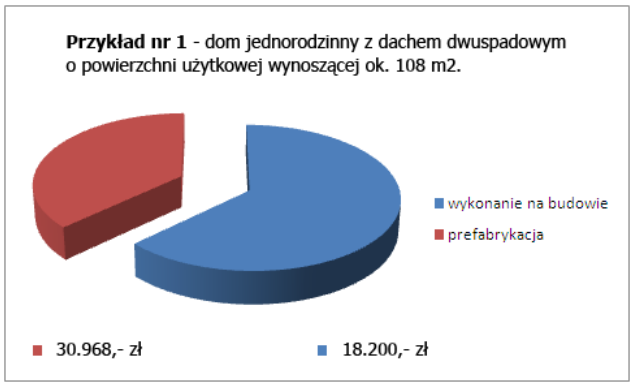
Składowe ceny tradycyjnej więźby dachowej	Składowe ceny zakładu prefabrykacji
– zakup drewna w tartaku, – transport na plac budowy, – impregnacja więźby,	– drewno, – impregnat, – okucia ciesielskie,

– zakup okuć ciesielskich i gwoździ,
– robocizna cieśli,

w przypadku, gdy wiązary zastępują strop nad kondygnacją poddasza, to ponadto:

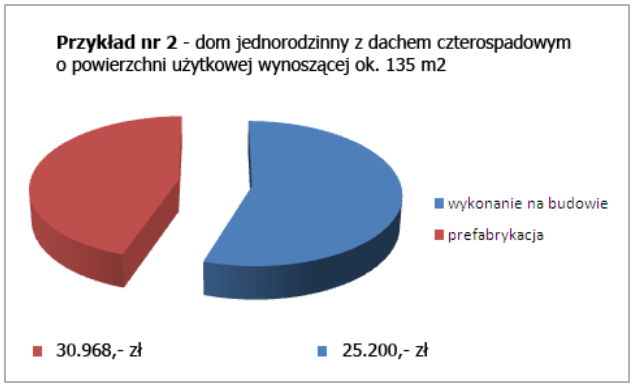
– koszt wykonania stropu żelbetowego,
– koszt ściany nośnej.
– materiały do stężenia konstrukcji,
– transport na plac budowy,
– montaż konstrukcji dachu.

Przykład nr 1 - dom jednorodzinny z dachem dwuspadowym o powierzchni użytkowej wynoszącej ok. 108 m^2. Porównanie ceny konstrukcji wykonywanej na placu budowy w stosunku do kosztów zakładu prefabrykacji prezentuje rysunek 8.



Rys. 8. Wykres porównawczy kosztów realizacji więźby dachowej domu jednorodzinnego o dachu dwuspadowym (koszty wg [8])

Przykład nr 2 - dom jednorodzinny z dachem czterospadowym o powierzchni użytkowej wynoszącej ok. 135 m^2. Porównanie ceny konstrukcji wykonywanej na placu budowy w stosunku do kosztów zakładu prefabrykacji prezentuje rysunek 9.



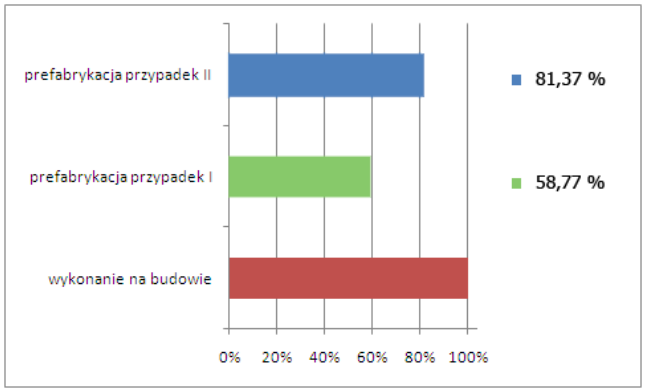
Rys. 9. Wykres porównawczy kosztów realizacji więźby dachowej domu jednorodzinnego o dachu czterospadowym (koszty wg [8])

Można zauważyć, że większe korzyści otrzymujemy, opierając realizację więźby dachowej na rozwiązaniu wykonanym przez zakład prefabrykacji. W przypadku pierwszym, tj. dla dachu dwuspadowego, koszty realizacji wiązarów kratownicowych będą mniejsze o 12 768 zł w stosunku do tradycyjnej więźby krokwiowej. Natomiast w przypadku drugim, tj. dla dachu czterospadowego, zyskujemy kwotę 5 768 zł (koszty wg [8])

Nie ulega wątpliwości, że jest to wynik wyraźnie wskazujący na korzyści wynikające z zastosowania współczesnych więźb dachowych opartych na prefabrykacji wykonania wiązarów kratowych łączonych na płytki kolczaste.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Podsumowując, można stwierdzić, że stosowanie prefabrykacji drewnianej konstrukcji dachowej obniża koszty budowy domu jednorodzinnego. Oszczędności będą uzależnione od ilości połaci dachu (rys. 10).



Rys. 10. Procentowy udział kosztów więźby dachowej kratownicowej w stosunku do więźby krokwiowej dla dachu dwuspadowego (przypadek I) oraz czterospadowego (przypadek II)

W stosunku do tradycyjnej konstrukcji więźby dachowej w przypadku dachu dwuspadowego koszty będą na poziomie 59% ceny tradycyjnej więźby, a w przypadku dachu czterospadowego na poziomie 81%. Przeprowadzona w pkt. 3 niniejszego opracowania analiza wykazała zasadność ekonomiczną preferowanych współcześnie drewnianych kratownicowych więźb dachowych. Ponadto można wskazać niewątpliwe zalety systemu prefabrykacji więźby kratownicowej:

1. dodatkowe oszczędności uzyskiwane przy projektowaniu dolnego pasa kratownicy jako konstrukcji stropu, co eliminuje kosztowny strop betonowy,
2. eliminacja stropu betonowego na etapie projektu „odciąża” konstrukcję i pozwala uzyskać oszczędności poprzez zastosowanie lżejszych ścian i fundamentów,

3. zmniejszenie zakresu robót montażowych na obiekcie, co wydatnie skraca czas realizacji budowy,
4. umożliwienie budowy dachu w okresie zimowym,
5. znajomość ostatecznego kosztu więźby już w fazie projektowania,
6. optymalizacja przy wykorzystaniu zużycia tarcicy, co powoduje oszczędności rzędu 20÷40% w stosunku do klasycznych konstrukcji,
7. możliwość dostarczenia konstrukcji dokładnie przed montażem,
8. możliwość tworzenia znacznych rozpiętości dźwigarów rzędu do 30 m przy elementach prostoliniowych i do 40 m w elementach łukowych, co może się przełożyć na realizację dachu, eliminując droższe materiały, jak stal, żelbet czy drewno klejone.

Podsumowując, trzeba wyraźnie podkreślić, że stosowanie systemu prefabrykacji gwarantuje wysoką jakość konstrukcji dachowych i zwiększa bezpieczeństwo użytkowania, bowiem konstrukcja jest oparta na bardzo precyzyjnych obliczeniach inżynieryjnych, które zakładają istotny zapas bezpieczeństwa dla tarcicy i płytek kolczastych. Warto także podkreślić, że stosowany do projektowania program komputerowy generuje dokumentację technologiczną, eliminując tym samym ryzyko błędu ludzkiego w przygotowaniu produkcji, oraz zmniejsza ryzyko pomyłki na etapie produkcyjnym więźby dachowej.

LITERATURA

[1] Mielczarek Z., Budownictwo drewniane, Arkady, Warszawa 1994.
[2] Neuhaus H., Budownictwo drewniane, PWT, 2006.
[3] Kotwica J., Konstrukcje drewniane w budownictwie tradycyjnym, Arkady, Warszawa 2004
[4] Major M., Major I., Trusses at Mitek technology - effective solution of the roof structures Politechnika Częstochowska, 2012, 316-320.
[5] www.budownictwopolskie.pl
[6] Wajdzik C., Dąbrowski J., Tradycyjne więźby dachowe, WUP, Wrocław 2009.
[7] www.mitek.pl
[8] „Co jest tańsze? Więźba wykonana przez cieśli na budowie czy wiązary przywiezione z fabryki?”, Materiały reklamowe firmy Mitek.

LATTICE ROOF TRUSSES - AN ECONOMICAL SOLUTION OF MODERN ROOF RAFTER FRAMING

The paper presents a comparative analysis of the cost of roof truss production for the gable hip roofs for the truss and rafter construction. There have been discussed the benefits of application of modern roof beams for the realization of single-family housing. The analysis showed that for gable roofs we can achieve very significant savings in the implementation of the truss roof structure. Slightly smaller benefit hes been obtained for the hip roofs, but it has been shown that modern truss rafter is definitely favourable to roofing of houses.

Keywords: gable and hip roof, truss and rafter construction, economical analysis