PAŃSTWOWA SZKOŁA WYŻSZA
im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej
Zakład Budownictwa

BUDOWNICTWO SZTUKĄ TWÓRCZEGO DZIAŁANIA – INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA WE WSPÓŁCZESNYM BUDOWNICTWIE

redakcja
Agnieszka Karwacka



Biała Podlaska 2014

PAŃSTWOWA SZKOŁA WYŻSZA
im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej

Zakład Budownictwa

Budownictwo sztuką twórczego działania – innowacyjne rozwiązania we współczesnym budownictwie

Redakcja
Agnieszka Karwacka

Biała Podlaska 2014

Wydawca:
Państwowa Wyższa Szkoła im. Papieża Jana Pawła II
w Białej Podlaskiej

Recenzja:
prof. nadzw. dr hab. inż. Stanisław Fic
prof. zw. dr hab. inż. Wiktor Tur
dr inż. Danuta Barnat-Hunek

ISBN 978-83-61044-51-2

Liczba arkuszy wyd.: 10,5
Nakład: 150 egz.

Published by
Pope John Paul II State School of Higher Education
in Biała Podlaska

© Copyright by Państwowa Szkoła Wyższa
im. Papieża Jana Pawła II
w Białej Podlaskiej



Wydawnictwo PSW JPII
ul. Sidorska 95/97, p. 231R
21-500 Biała Podlaska
www.pswbp.pl

Skład, druk, projekt okładki:
Agencja Reklamowa TOP, ul. Toruńska 148, 87-800 Włocławek
tel.: 54 423 20 40, fax: 54 423 20 80, www.agencjatop.pl

Studenci Koła Naukowego Zakładu Budownictwa oraz organizatorzy konferencji
pragną serdecznie podziękować firmie INSAT z Białej Podlaskiej
oraz BES Budownictwo Energooszczędne z Parczewa
za pomoc w organizacji konferencji i wydaniu niniejszej monografii

Wstęp

Zwykłe i niezwykłe obiekty budowlane otaczają nas wszędzie i od zawsze. Ich obecność i związek z przestrzenią wpływa na kształt naszego życia oraz wywołują emocje i skojarzenia. Przestrzeń wokół budowli jest dobrem ograniczonym dlatego też winna być kształtowana w odpowiedni sposób. Rzadko kiedy, społeczeństwo zwraca uwagę na walory architektoniczne obiektów pojawiających się w ich miastach. Z kolei konstruktorzy i architekci, którzy takie gmachy projektują, robią to wyjątkowo starannie, szukając inspiracji między innymi w przyrodzie. Muszą oni połączyć restrykcyjne wymogi techniczne z formą architektoniczną korespondującą ze specyficznym sąsiedztwem obiektu.

Budynki cechuje ich przeznaczenie, miejscowy klimat czy dostępność materiałów budowlanych. Współczesne gmachy stają się sposobem oddziaływania na społeczeństwo. Betonowo-szklane ściany gmachów mają miękko falujące kształty, a ponadto są pełne łagodności. Może się to wydawać dziwne, by tego typu obiekty wzniesione z betonu były podobne do przyrody. Takie realizacje są dowodem na to, że przy odrobinie dobrej woli i wkładu pracy można stworzyć atrakcyjną bryłę nawet z obiektu niekojarzącego się z walorami architektonicznymi.

Współczesne możliwości konstrukcyjne ukazują jak może wyglądać współczesna architektura użyteczności publicznej - zarazem skromna i spektakularna, łącząca tradycję i nowoczesność.

Redaktor

Spis treści:

1. **Pawłowicz J., Wądzyński Ł.**
Modernizacja budynków pokolejowych, w aspekcie zachowania tożsamości historycznej Iłowa-Osady 9

2. **Wasilewski A., Tokarski D., Łukaszuk K.**
Projekt adaptacji istniejącej przegrody budowlanej znajdującej się w domu studenta Państwowej Szkoły Wyższej im. Papieża Jana Pawła II przy ulicy Sidorskiej 105 w Białej Podlaskiej do badań z zakresu fizyki cieplnej budowli 17

3. **Zagroba M., Tanajewska M.**
Kształtowanie zabudowy obszarów śródmiejskich małych miast Warmii – o potrzebie rewaloryzacji 25

4. **Pawałowicz J., Szydlik K.**
Rewaloryzacja zabudowy śródmieścia Jezioran w kontekście konstrukcyjno-materiałowym 33

5. **Barnat-Hunek D., Stankiewicz K.**
Balkony wspornikowe jako mostki termiczne 44

6. **Zegardło B., Olszewska B., Marczuk M.**
Wady budownictwa tradycyjnego 56

7. **Zegardło B., Marczuk M., Olszewska B.**
Przebudowa tradycyjna czy pasywna? Analiza ekonomiczna inwestycji polegającej na przebudowie istniejącego budynku jednorodzinnego z dostosowaniem jego parametrów do wymogów budynku pasywnego 67

8. **Karwacka A., Kościuk E., Lubańska K.**
Nowoczesne metody ocieplania ścian zewnętrznych na przykładzie domu jednorodzinnego 78

9. **Zegardło B., Wołosowicz E., Golec W.**
Budownictwo bioniczne – naśladowanie natury w architekturze 92

10. Jarosz-Hadam M., Rosa A. Drozd M.
Komfort użytkowania, oszczędność energii i ochrona środowiska - domy energooszczędne i pasywne 107

11. Maik A., Dębska M.
Skuteczność zarządzania roszczeniami w budownictwie 121

12. Barnat-Hunek D., Karwacka A.
Problematyka zasolenia i zawilgocenia murów zabytkowego spichlerza w Kazimierzu Dolnym..... 130

13. Jakubowicz A.
Energia słoneczna jako energia przyjazna środowisku w województwie lubelskim 143

14. Drozd M., Rosa A.
Kolektory słoneczne jako alternatywne źródło ciepła w procesie przygotowania ciepłej wody użytkowej 156

15. Smarzewski P., Szafraniec M.
Badania belek żelbetowych z betonu wysokowartościowego z dodatkiem włókien stalowych i polipropylenowych..... 167

16. Smarzewski P., Barnat-Hunek D.
Analiza stanu naprężenia i mechanizmu zarysowania belki żelbetowej obciążonej statycznie 177

17. Smarzewski P., Barnat-Hunek D.
Analiza nośności i stanu deformacji belki żelbetowej obciążonej statycznie..... 193

18. Barnat-Hunek D., Smarzewski P.
Prognozowanie efektywności hydrofobizacji cegły ceramicznej w oparciu o analizę statystyczną 202

MODERNIZACJA BUDYNKÓW POKOLEJOWYCH, W ASPEKCIE ZACHOWANIA TOŻSAMOŚCI HISTORYCZNEJ IŁOWA-OSADY

[1]Joanna A. Pawłowicz, [2]Łukasz Wądzyński
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Nauk Technicznych
[1]Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli, ul. Heweliusza 4, 10-724 Olsztyn
e-mail: jopaw@uwm.edu.pl
[2]Koło Naukowe Młodych Architektów i Urbanistów KRESKA

Streszczenie
Niniejsze opracowanie dotyczy założenia urbanistycznego, znanego pod nazwą Iłowo-Osada, w którego skład wchodzą głównie budynki, służące kiedyś kolejnictwu. Chodzi tu nie tylko obiekty typowo kolejowe jak: parowozownia czy wieża ciśnień, ale również budynki mieszkalne gwarantujące zaplecze socjalno-bytowe dla pracowników kolei. Kiedyś osada tętniła życiem, lecz teraz, gdy transport kolejowy stracił na swoim znaczeniu, podupada ona i się wyludnia. Dlatego władze lokalne postanowiły przystąpić do działań zmierzających ku ochronie tożsamości tego miejsca, gdyż bez odpowiednich działań miejsce to może ulec niedługo całkowitemu zapomnieniu. Jednym z elementów tego procesu jest przeprowadzenie modernizacji i remontów budynków, które kiedyś służyły kolejnictwu, a dziś są często zaniedbane lub opuszczone popadając w ruinę. Działania, powinny dążyć do przywrócenia świetności tym jakże często ciekawym i wyjątkowym obiektom architektury kolejowej i „tchnięcia w nie życia". Niniejsza praca traktuje o wybranych aspektach związanych z modernizacją budynków pokolejowych i jej wpływem na zachowanie historycznej tożsamości miejsca.

Słowa kluczowe: remont, ochrona zabytków, obiekt kolejowy, wartości kulturowe

Wstęp

Niegdyś dyszące parą parowozy i tętniące życiem miejscowości, dzisiaj odchodzą w zapomnienie. O niedocenianym charakterze kolejowych miejscowości, dawnej świetności i blasku, o zapachu parowozów i życiu tętniących stukotem kół osad pamiętają jeszcze niektórzy mieszkańcy, pracownicy kolejowi i okoliczna ludność.

Tematem naszych rozważań jest Iłowo-Osada, leżące w gminie Iłowo-Osada, w powiecie działdowskim, w województwie warmińsko-mazurskim. Na przestrzeni lat ziemia zamieszkiwana przez Sasinów, Krzyżaków, Prusaków, Rosjan i Polaków pełniła funkcję pogranicza. W 1877 roku, kiedy do Iłowa dotarła kolej, senna przygraniczna wieś otrzymała szansę rozwoju. Wtedy stała się punktem odprawy emigrantów udają-

cych się do zachodnio-europejskich portów, którzy dalej drogą morską kontynuowali wędrówkę do Stanów Zjednoczonych. Jako granica Prus i Rosji była łącznikiem między dwoma szerokościami torów (1435 i 1524mm), dlatego też była ważną stacją przeładunkową. W czasach mniej odległych parowozownia obsługiwała parowozy towarowe, a jej przyszli pracownicy uczyli się zawodu mechanika w tutejszej szkole.

Kultywowanie tradycji i dawnych obyczajów jest ważnym czynnikiem kulturotwórczym i tożsamościowym każdego miejsca na świecie, zarówno na obszarach wiejskich jak i miejskich. Tradycją w Iłowie-Osadzie stało się kolejarskie życie. Nigdzie nie opisywane, jednak tak namacalne w miejscach gdzie kolej była przez długi czas wszystkim i dla wszystkich. Do dziś przetrwały wspomnienia, styl życia starszych mieszkańców Iłowa oraz cześć charakterystycznych budynków i budowli pokolejowych.

Charakterystyka wybranych obiektów pokolejowych

Prężnie działająca od 1877 roku kolej i wzmożony ruch emigracyjny stały się czynnikiem decydującym przy powstawaniu nowych budynków oraz infrastruktury Iłowa. Stacja, niegdyś sennej miejscowości, biorąc czynny udział w wielkiej emigracji rozrosła się do dwóch budynków dworcowych. Stary budynek stał się niewystarczający do obsługi tak dużej ilości pasażerów. Nowopowstały dworzec o szachulcowej konstrukcji stał się łatwym łupem dla płomieni. Spłonął doszczętnie wraz z początkiem I Wojny Światowej. Pierwotny przetrwał dzięki murowanym ścianom i stoi do dzisiaj, lecz nie pełni już funkcji dworcowych. Dalej w stronę Mławki (granicy z Rosją) prawie naprzeciwko stała nastawnia.



Rys. 1. Strażnica i parowóz towarowy Ty 45-205. Fot.: Ł. Wądzyński

Po wojnie na mocy traktatu wersalskiego Ziemia Działdowska wraz z Iłowem, mimo licznych protestów ze strony mieszkańców, weszła do Polski. Zgodnie z tym postanowieniem Polska uzyskała bezpośrednie, kolejowe połączenie z Warszawy do Gdańska. Centralne położenie Iłowa pomiędzy tymi dwoma ośrodkami miejskimi nadało miejscowości ważnego, z kolejowego punktu widzenia znaczenia. Powstała wówczas ogromna, czternastostanowiskowa parowozownia, która znajdowała się w niedalekiej okolicy dworca. Obok niej znajdowały się inne budynki: warsztat mechaniczny, kuźnia, stolarnia i elektrownia po której pozostał tylko charakterystyczny ceglany komin. Spadkiem po II Wojnie jest piękna strażnica kolejowa (Rys. 1) znajdująca się na przejeździe kolejowym nieopodal dworca.



Rys. 2. Ulica Lipowa, kwiecień 2013. Fot.: Ł. Wądzyński

Kolej zatrudniała wielu mieszkańców Iłowa. Można śmiało powiedzieć, że prawie każdy mieszkaniec Iłowa był kolejarzem. Dzięki kolei powstały całe osiedla domów pracowniczych, które do dziś cieszą oko swoją czerwoną elewacją i ceglanymi detalami. Najlepszymi tego przykładami są ulice Lipowa (Rys. 2) i Akacyjna. Budynki budowane były specjalnie pod dane grupy kolejarzy. Całe osiedle kolejowe, jest obecnie zamieszkiwane przez ludzi, którzy obecnie nie zawsze są związani z zawodem kolejarza.

Wieża ciśnień

Dominantą w przestrzeni osady i punktem charakterystycznym wśród ceglanych kolejowych domów jest wieża ciśnień (Rys. 3).



Rys. 3. Wieża ciśnień, kwiecień 2013. Fot.: Ł. Wądzyński

Powstała na początku XX wieku, przypuszczalnie w 1905 roku, budowla pełniła swoje funkcje do lat 80 XX wieku. Wtedy to elektryfikacja międzynarodowej linii kolejowej E65 przyczyniła się do zatrzymania ruchu parowozów na poczet nowoczesnych, elektrycznych lokomotyw. Lokalizacja wieży nie jest przypadkowa, ponieważ ze względu na pełnioną funkcję, budowla musiała być umiejscowiona w pobliżu dworca. Woda z wodociągu przechodziła przez przepompownię do wieży, skąd trafiała do żurawia umiejscowionego na peronie, który zaopatrywał parowóz w zapas potrzebny do przejechania odległości dzielącej Iłowo z kolejną stacją wyposażoną w wieżę z wodą. "Grzybkowa" konstrukcja wieży była popularna w Prusach i rozpowszechniona dzięki nowatorskim rozwiązaniom technicznym. Trzon zwężający się ku górze podtrzymywał zbiornik oparty na ceglanym obwodzie. Tak umiejscowiony zbiornik obudowywany był siatką Rabitz'a. Dach miał konstrukcję drewnianą i był pokryty papą.

Wieże ciśnień ze swej natury musiały być zaprojektowane na duże obciążenia, dlatego ich konstrukcje do dziś nie uległy zniszczeniu. Inaczej jest z ceglanym detalem, który wyróżniał tę wieżę od innych oraz nadawał osobliwego charakteru. Drewniane elementy, przede wszystkim dachu i obudowy zbiornika, uległy naturalnej degradacji. Silnym czynnikiem destrukcyjnych w tego typu budynkach jest również czynnik ludzkiej egzystencji i buntowniczej natury wyrażanej w niszczeniu nie używanych budyn-

ków. Iłowska wieża nie miała szczęścia po zakończeniu swojej działalności. Lokalni zbieracze złomu wynieśli z niej wszystko, co miało jakąkolwiek wartość materialną. Aktualnie by zaprzestać niszczycielskiej działalności stalowe schody zostały ucięte na wysokość uniemożliwiającą wejście na górę, a otwory okienne i drzwiowe zamurowane. W związku z tym dokładne zbadanie budynku w chwili obecnej jest niemożliwe. Jest jednak nadzieja na przywrócenie wieży blasku i nadanie jej cech kulturotwórczych i społecznych. W Polsce coraz więcej jest przykładów udanych remontów tych specyficznych budowli. Dawne wieże wodne - nie tylko kolejowe, dzisiaj są np. małymi restauracjami czy mieszkaniami. W Olsztynie np. dawna wieża miejska pełni funkcję obserwatorium astronomicznego, a ta pokolejowa przy Dworcu Głównym jest miejscem spotkań miłośników kolei. Są również przypadki, jak w Lublinie, gdzie wieża została wyremontowana by spełniać dalej swoje pierwotne funkcje w przypadku awarii urządzeń elektrycznych. W Kościanie wieża służy zaś społeczeństwu jako ścianka wspinaczkowa. Należałoby więc zadbać o te unikalne budowle. Szczególnie w małych miejscowościach, gdzie obok wież kościołów, dominują one w krajobrazie, wpływając często na malowniczość ich panoramy.

W 2008 roku wieża ciśnień w Iłowie została wpisana do rejestru zabytków pod numerem A-4516. Zabieg ten ma na celu uchronienie jej przed ewentualnym wyburzeniem lub samowolnymi działaniami remontowymi, gdyż obecnie wieża jest własnością osoby prywatnej. Wpis do rejestru daje gwarancję, że przed rozpoczęciem prac konserwatorskich zostaną przeprowadzone odpowiednie ekspertyzy, a całość prac będzie monitorowana przez konserwatora zabytków.

Z wizji lokalnej obiektu w terenie można stwierdzić, że prace remontowe na pewno będą musiały obejmować swym zakresem wzmocnienie konstrukcji oraz wymianę pokrycia dachowego. Pracochłonnym zadaniem będzie również odtworzenie pierwotnego wyglądu elewacji wieży, którą zdobią ceglane detale. Wieloletnie działanie niekorzystnych czynników atmosferycznych na cegłę w znacznym stopniu wpłynęło na pogorszenie estetyki elewacji, nie tylko wieży, lecz również innych iłowskich budynków. Głównymi problemem są tu wilgoć i zniszczenie poprzez zwietrzenie materiału. Głównymi problemami z którymi należy się zmierzyć, przystępując do remontu wieży są:

- przekształcenie budowli służącej zasilaniu parowozów w wodę (funkcja przemysłowa), na budynek służący ludziom (funkcja kulturotwórcza lub społeczna),
- adaptacja bez mocnej ingerencji w obecną strukturę wieży,
- problemy termiczne (zachowanie ceglanej elewacji) i spełnienie obowiązujących norm,
- problemy oświetlenia naturalnego wewnątrz obiektu (mała liczba otworów okiennych),
- koszty generowane użyciem specjalnych materiałów przy czynnościach rewitalizacyjnych.

Mimo powyższego oraz wysokich kosztów tych działań, iłowska wieża zasługuje na remont, który pozwoli dalej cieszyć oko wyjątkowym wyglądem obiektu i umożliwi jej funkcjonowanie przez kolejne dziesiątki lat. Po takim remoncie wieża może pełnić wprawdzie odmienne funkcje, jednak to jedyny sposób na jej przetrwanie i zachowanie dla potomnych. Złota era kolejnictwa w Iłowie już przeminęła, parowozy prawdopodobnie, a raczej na pewno nie zawitają tutaj już nigdy, dlatego adaptacja wieży jest wręcz niezbędna do jej przetrwania. Znane są liczne przykłady udane tego typu działań w Polsce, a także za zachodnią granicą. Powinny być one wzorem dla obecnego właściciela i motywacją do wykonania prac budowlanych, które zaakcentowałyby kunszt pruskiej architektury, co ucieszyłby nie tylko mieszkańców Iłowa ale i przyjezdnych gości.

Budynek Towarzystwa Turystycznego: filia obozu koncentracyjnego w Działdowie i dawna szkoła przy ulicy Leśnej

Budynek (Rys. 4.) odegrał ważną rolę w dziejach Iłowa. Powstał jako miejsce działalności Towarzystwa Turystycznego i punkt odprawy emigrantów na zachód, którzy z Europejskich portów wypływali do odległych Stanów Zjednoczonych. W czasie wojny obiekt pełnił rolę przejściowego obozu koncentracyjnego, z którego więźniowie przewożeni byli do pobliskiego Działdowa. Po II Wojnie Światowej mieściła się tutaj szkoła kształcąca przyszłych pracowników iłowskiej, nieistniejącej już parowozowni. Jako budynek nie wpisany do rejestru zabytków, stara szkoła niebawem może stracić swój charakter i upodobnić się do innych nowoczesnych, architektonicznych "perełek" z najbliższego jej otoczenia.



Rys. 4. Budynek dawnej szkoły, grudzień 2013. Fot.: Ł. Wądzyński

Obiekt ten, jest dwu-kondygnacyjnym budynkiem, z jedno kondygnacyjną przybudówką, usytuowanym na planie wieloboku, posiadającym płaski dach (kąt nachylenia <12°) pokryty papą. Szesnasto-osiowa fasada ozdobiona jest horyzontalnie gzymsem kordonowym i fryzem arkadowym. Wertykalnie ozdobiona lizenami, ryzalitem w środkowej części bryły oraz półfilarami (w narożach budynku i przy szczytach), kontynuowanymi ponad dachem przechodzącymi w sterczyny. Otwory okienne zostały zwieńczone łukiem odcinkowym, a parapety wymurowano z cegły. Istniejąca, głównie wtórna stolarka okienna jest mocno zdewastowana, zaś część otworów okiennych zamurowana.

Aktualnie (grudzień 2013) trwają prace adaptacyjne tej dawnej szkoły zawodowej na powierzchnię handlową oraz lokale mieszkalne. Wmontowana częściowo została również drewniana stolarka okienna. Przybudówka, która powstała w późniejszych latach prosperowania obiektu zniknęła, a na starych jej murach widać ślady prac konserwatorskich. Można zauważyć, że pomimo tego, iż obiekt nie jest wpisany do rejestru zabytków prace przebiegają z poszanowaniem wieloletnich i zmiennych dziejów budynku. Można mieć więc nadzieję, że poza zmianą funkcji, sam budynek w znaczącym stopniu się nie zmieni, a po remoncie będzie można podziwiać jego piękną, odrestaurowaną bryłę.

Podsumowanie

Iłowo-Osada niewątpliwie jest miejscem, w którym czuje się ducha kolejnictwa. Wyróżniające się z otoczenia osiedle domów pracowników kolei oraz budynki użyteczności publicznej z czasów pruskich są obiektami o wysokiej wartości kulturowej, historycznej i tożsamościowej, a przede wszystkim architektonicznej. Zachowanie tej spuścizny powinno być ważne dla władz lokalnych, osób zarządzających tymi nieruchomościami oraz dla mieszkańców osady. Należałoby podjąć odpowiednie działania edukacyjne, które kształtowałyby świadomość kulturową i kładłyby duży nacisk na zachowanie tej „kolejarskiej" spuścizny dla następnych pokoleń. Historia parowozów powinna być tutaj zapamiętana na długo i być dostrzegalna dla każdego, nawet niezorientowanego w historii miejsca, obserwatora. Jeśli jednak nie zostaną podjęte odpowiednie kroki zachowawcze ze strony społeczeństwa, władz lokalnych i środowiska konserwatorskiego, jej architektoniczni świadkowie stopniowo wyginą. W rękach władz i obecnego pokolenia jest przyszłość tego „kolejarskiego" założenia urbanistycznego.

Niestety, należy zaznaczyć, że w ramach poprawy komfortu użytkowania wiele z tych pokolejarskich budynków zostało wyremontowane w sposób, który zmienił ich pierwotny wygląd. Starą, częściowo oryginalną stolarkę zastąpiono PCV, a nieprofesjonalne remonty murów i elewacji, wykonywane poprzez samych mieszkańców doprowadziły często do pogorszenia stanu i estetyki tych budynków. Przyglądając się historii i odmienności miejsca, wydaje się niezbędne zachowanie budynków dawnej osady ko-

lejowej w Iłowie-Osada jako świadków jej parowej historii. W tym celu należy stworzyć odpowiedni program ochrony i opieki nad zabytkami architektonicznymi. Zachowane i eksponowane zabytki dziedzictwa kulturowego, którym jest kolejowa spuścizna, wpłyną na postrzeganie miejsca i przesądzą o jego atrakcyjności i tożsamości.

Proponowanym rozwiązaniem jest wprowadzenie ochrony konserwatorskiej „B" na terenie Iłowa, w miejscach, gdzie widoczny jest wpływ kolei. Są to wszystkie budynki mieszkalne, szczególnie ulice Lipowa i Akacyjna, budynki użyteczności publicznej oraz wieża ciśnień i strażnica przy przejeździe kolejowym. Uwzględniając aspekty praktyczne i finansowe, nie jest możliwe wprowadzenie pełnej ochrony tych zabytków. Jednak odpowiednim będzie dążenie do zachowania układu urbanistycznego tego historycznego miejsca. Pozwolenia na niekontrolowane przez specjalistów remonty budynków, są niejako przyzwoleniem na zniszczenie w historycznym kontekście, danego zabytku. Jednak, jeśli takie postępowanie zachowa obiekt przed destrukcyjnym wpływem czynników atmosferycznych i uchroni przez zawaleniem bądź wyburzeniem, należy możliwość takiego remontu rozważyć.

Bibliografia:

1. Błyskosz T., Fortuna-Marek A., Jagielska E., Liżewska I., Oszczanowska B., Welc-Jedrzejewska J.: Gminny program opieki nad zabytkami. Poradnik metodyczny, Krajowy Ośrodek Badań i Dokumentacji Zabytków, Warszawa 2008;
2. Brzeziński P.: Kolejowe wieże ciśnień wczoraj, dziś i jutro, [w:] Repozytorium Politechniki krakowskiej, Wydawnictwo PK, Kraków 2011;
3. Brzeziński P.: Analiza wież ciśnień typu grzybek i stanu zasobu na Kujawach i pomorzu. Cechy pokrewne i dystynktywne, "Przestrzeń i FORMA" 2011, nr 15;
4. Rutkowski J.: Wspomnienie o parowozowni w Iłowie, "Świat Kolei" 2005, nr 5;
5. Zapiski Maszynisty, http://1435mm.bloog.pl, (21.12.2013).

Liczba znaków ze spacjami: 23 488

PROJEKT ADAPTACJI ISTNIEJĄCEJ PRZEGRODY BUDOWLANEJ ZNAJDUJĄCEJ SIĘ W DOMU STUDENTA PAŃSTWOWEJ SZKOŁY WYŻSZEJ IM. PAPIEŻA JANA PAWŁA II PRZY UL. SIDORSKIEJ 105 W BIAŁEJ PODLASKIEJ DO BADAŃ Z ZAKRESU FIZYKI CIEPLNEJ BUDOWLI

Adam Wasilewski, Daniel Tokarski, Krystian Łukaszuk
Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła w Białej Podlaskiej
Wydział Nauk Ekonomicznych i Technicznych, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska
e-mail: dantokarski@wp.pl

Streszczenie
Zagadnienia cieplne są to jedne z najważniejszych zagadnień w budownictwie. Wraz z rozwojem technologii wykonywania budowli oraz ulepszania jakościowego materiałów, położono nacisk nie tylko na ekonomiczny proces budowy, ale również na niskie koszty późniejszej eksploatacji budynków. Wiąże się to z potrzebą zrozumienia fizyki cieplnej budowli. Niniejsza praca opisuje podstawowe definicje oraz zawiera projekt przegrody budowlanej, która ma za zadanie ułatwić wyjaśnienie wybranych zjawisk termofizycznych. Przegroda będzie zawierać przykładowe elementy, używane w budownictwie, aby pokazać ich wpływ na właściwości cieplne budynków.

Słowa kluczowe: fizyka cieplna budowli, termowizja, współczynnik przenikania ciepła

Wstęp

Ciepło to swoista forma energii związana z chaotycznym ruchem molekuł, atomów i cząstek tworzących materię. Charakterystyczną cechą tej formy energii jest jej przekazywanie, oddawanie lub przejmowanie przez molekuły z innych obszarów materii. Część energii molekuł z obszaru, który określany jest jako cieplejszy, jest oddawana molekułom z sąsiadującego chłodniejszego obszaru. Proces przebiega w czasie i nazywany jest przepływem ciepła (Jaworski, 2000).

Ruch ciepła następuje od ciała cieplejszego do chłodniejszego tak długo, dopóki temperatury nie zostaną wyrównane. Przepływ ciepła może odbywać się na trzy różne sposoby:

- konwekcja,
- promieniowanie,
- przewodzenie.

Konwekcja lub unoszenie jest to przenoszenie energii cieplnej przez poruszające się makroskopowe cząstki gazu lub cieczy przy ich zetknięciu się z sobą lub z ciałem stałym.

Promieniowanie jest to rozchodzenie się energii cieplnej w postaci fali elektromagnetycznej. Energia cieplna na powierzchni ciała promieniującego zmienia sie na energię elektromagnetyczną promieniowania, która padając na powierzchnię drugiego ciała ponownie zmienia się po absorpcji na energię cieplną.

W pomieszczeniach temperatura na powierzchniach przegród wewnętrznych i urządzeń lub ludzi jest na ogół wyższa od temperatury wewnętrznych powierzchni przegród zewnętrznych i dlatego wypadkowy strumień ciepła promieniowania przekazywany jest przez nie na wewnętrzne powierzchnie przegród zewnętrznych, natomiast powierzchnie zewnętrzne przegród zewnętrznych, mające zawsze temperaturę wyższą od temperatury powietrza zewnętrznego, promieniują na zewnątrz do otoczenia.

Przewodzenie jest to przekazywanie energii cieplnej cząstkom wewnątrz ciała, przy czym wzajemne położenie tych makroskopowych cząstek nie zmienia się. Odbywa się ono zatem na zasadzie przekazywania energii ruchu drgającego cząstek [Kisilewicz i in., 1998].

Współczynnik przewodzenia ciepła oznaczany symbolem λ, określa zdolność substancji do przewodzenia ciepła. Im jest większy tym więcej ciepła przepłynie przez dany materiał. Jednostka to (W/(m*K)).

Opór cieplny jest używany do oceny izolacyjności termicznej zewnętrznych przegród budowlanych [3].

Opór cieplny pojedynczej warstwy materiału:

$$R = \frac{d}{\lambda} \left[\frac{m^2K}{W}\right] \tag{1}$$

d - grubość warstwy [m]
λ - współczynnik przewodzenia ciepła [W/(m*K)]

Opór cieplny przegrody n-warstwowej:

$$R = \sum_{n=1}^{m} \frac{d_n}{\lambda_n} \left[\frac{m^2K}{W}\right] \tag{2}$$

Współczynnik przejmowania ciepła opisuje wymianę ciepła na przypowierzchniowych warstwach powietrza, która odbywa się głównie na drodze konwekcji i promieniowania. Współczynnik na wewnętrznej powierzchni przegrody oznacza się jako *hi*, po stronie zewnętrznej *he*. Jednostka to [W/(m^2*K)].

Opór przejmowania ciepła, opór przypowierzchniowych warstw powietrza, które strumień ciepła musi pokonać zanim dotrze do powierzchni przegrody, a od strony zewnętrznej zanim opuści przegrodę (PN-EN ISO 6946). Jest odwrotnością współczynnika przejmowania ciepła:

opór wewnętrzny przejmowania ciepła:

$$R_{si} = \frac{1}{h_i} \left[\frac{m^2K}{W}\right] \tag{3}$$

opór zewnętrzny przejmowania ciepła:

$$R_{se} = \frac{1}{h_e} \left[\frac{m^2K}{W}\right] \tag{4}$$

Całkowity opór cieplny przegrody, oblicza się jako sumę oporów przewodzenia poszczególnych warstw przegrody i oporów przejmowania ciepła na obydwu jej powierzchniach:

$$R_T = R_{si} + \sum_{n=1}^{m} \frac{d_n}{\lambda_n} + R_{se} \left[\frac{m^2K}{W}\right] \tag{5}$$

Techniki pomiarowe

Badania termowizyjne

Termowizja jest metodą badawczą, polegającą na zdalnej i bezdotykowej ocenie rozkładu temperatury na powierzchni badanego ciała. Metoda ta jest oparta na obserwacji i zapisie rozkładu promieniowania podczerwonego wysyłanego przez każde ciało, którego temperatura jest wyższa od zera bezwzględnego i przekształceniu tego promieniowania na światło widzialne (www.certenergia.pl).

Badania termowizyjne można wykonać, aby sprawdzić stan budynku czy mieszkania przed zakupem lub odbiorem od developera, przed odbiorem robót remontowych pod kątem ewentualnych wad wykonawczych. Mogą ujawnić np. brak ciągłości wykonania izolacji w przegrodach budowlanych, oceni stan mostków termicznych przy wieńcach, stolarce okiennej i drzwiowej i połączeniu ścian z fundamentami, wykryć miejsca ucieczki ciepła w instalacjach centralnego ogrzewania, zlokalizować źródła i zasięg zawilgocenia powodującego pogorszenie właściwości cieplnych elementów budynku. Termowizja służy również do ustalania temperatury punktu rosy (moment, w którym para wodna zawarta w powietrzu osiąga na skutek schładzania stan nasycenia - przy zastanym składzie i ciśnieniu powietrza - a, poniżej tego momentu staje się przesycona i skrapla się lub resublimuje).

Badania termowizyjne najlepiej przeprowadzać w następujących warunkach:

- różnica temperatur między temperaturą wewnątrz domu i temperaturą zewnętrzną nie powinna być mniejsza niż ok. 15-20°C,
- brak oświetlenia słonecznego (lub oświetlenie ograniczone), najlepiej wieczorem lub rano,
- stabilne warunki środowiskowe, nie powinno się przeprowadzać kontroli np. przy silnych opadach deszczu lub śniegu,
- okna nie powinny być otwarte na czas kontroli i bezpośrednio przed kontrolą,
- dom powinien być wystarczająco i stabilnie (bez dużych wahań temperatury w danym pomieszczeniu) ogrzany.

Zasada działania kamery termowizyjnej opiera się na zjawisku niewidzialnego promieniowania podczerwonego. Każde ciało o temperaturze wyższej od zera bezwzględnego jest źródłem promieniowania podczerwonego, a jego intensywność zależy od temperatury i cech powierzchni ciała. Kamera rejestruje promieniowanie podczerwone wypromieniowane z badanego celu. Promieniowanie to przechodzi przez soczewkę i skupia się na detektorze, tak samo jak promieniowanie widzialne na kliszy zwykłego aparatu. Każda kamera ma matryce detektorów i współpracujący z nią układ przeszukiwania obrazu (punkt po punkcie linia po linii). Na podstawie odczytu z matrycy detektorów pikseli (przy rozdzielczości 240 x 320 jest ich 76 800) zostanie utworzony rodzaj sygnału elektrycznego, który będzie zmieniać się zależnie od intensywności padania na niego promieniowania podczerwonego. Sygnał ten jest przekształcany do postaci cyfrowej i następnie wizualizowany na wyświetlaczu kamery. Termowizja jest, więc rodzajem termometru działającego na odległość, który pozwala nam poprzez rejestracje różnic promieniowania podczerwonego badanego obiektu stworzyć jego obraz temperaturowy.

Pomiar współczynnika przenikania ciepła *U* metodą ścianki pomocniczej

Do wykonania pomiaru potrzebne są: miernik gęstości strumienia ciepła, termometry do pomiaru temperatury powietrza po obu stronach przegrody. Czujniki gęstości strumienia ciepła należy zamocować do wewnętrznej powierzchni (cieplejsza strona). Zamocowany czujnik do powierzchni przegrody nie zakłóca w sposób istotny przepływającego strumienia ciepła. Gęstość strumienia ciepła odczytuje się bezpośrednio na wyświetlaczu miernika [www.premco.pl]. Odczytywanie wartości gęstości strumienia ciepła w poszczególnych miejscach wybierane jest ręcznie przez zmianę położenia miernika. Po wykonaniu odczytu q i obliczeniu różnicy temperatury na powierzchniach przegrody możemy określić wartość oporu cieplnego przegrody według wzoru (6):

$$R = \frac{\Delta T}{q} \left[\frac{m^2 K}{W}\right] \tag{6}$$

Aby uzyskać wartość współczynnika przenikania przegrody do obliczonego oporu trzeba dodać opory przejmowania ciepła na powierzchniach przegrody:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2 K}\right] \tag{7}$$

Założenia projektowe

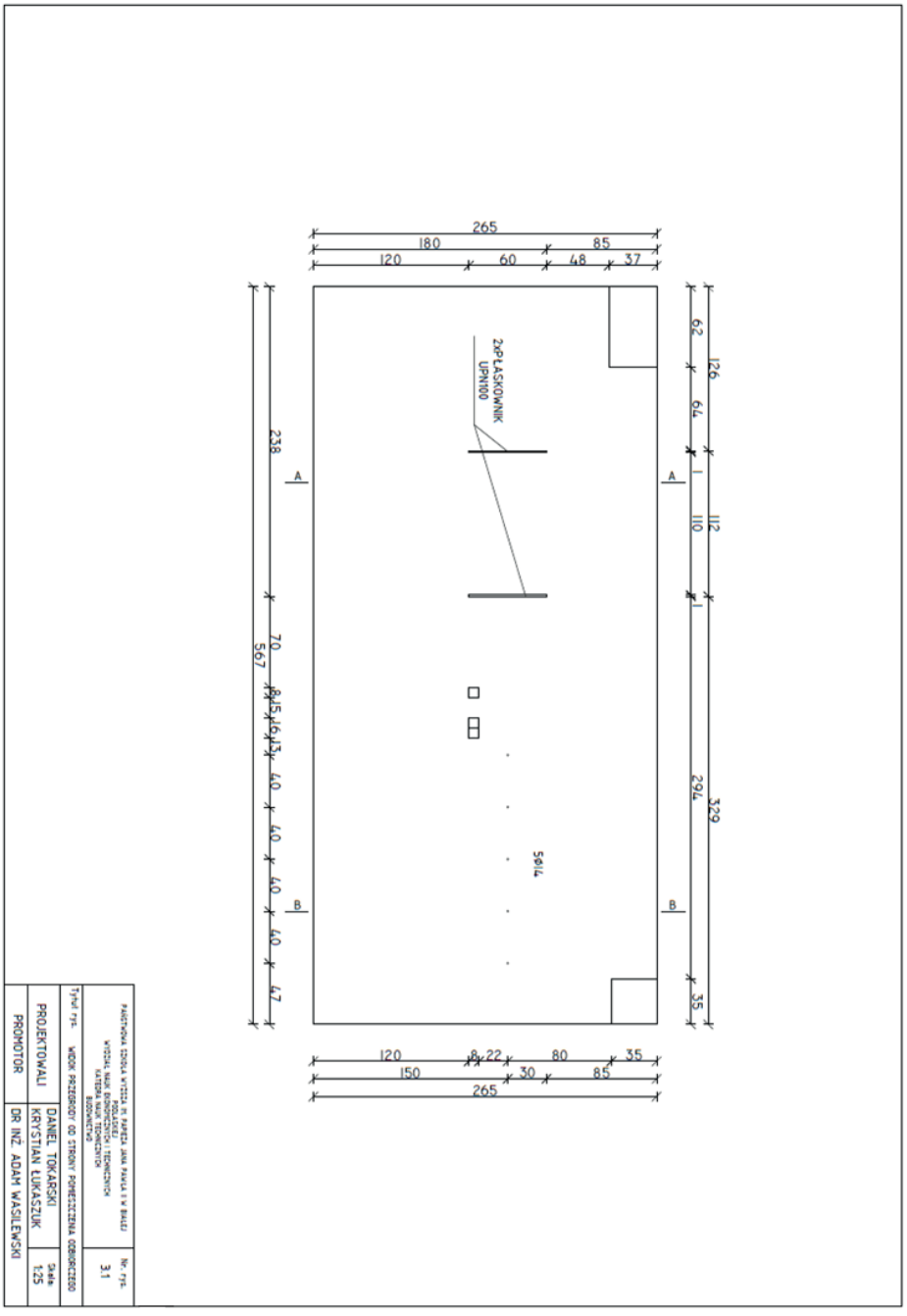
Przegroda dzieli istniejące pomieszczenie laboratoryjne na dwie części. Powstają dwa pomieszczenia: nadawcze i odbiorcze. W przypadku badań cieplnych pomieszczenie nadawcze jest podgrzewane a pomieszczenie odbiorcze chłodzone (zakłada się wykorzystanie urządzeń klimatyzacyjnych) tak żeby uzyskać różnicę temperatur po obu stronach przegrody rzędu 15 - 20˚C. W przegrodzie powinny być wbudowana typowe mostki cieplne (liniowe, punktowe itd.) o zdecydowanie gorszych właściwościach termoizolacyjnych niż pozostała, jednorodna część ściany. Przegroda będzie służyć jako pomoc dydaktyczna przy wykonywaniu następujących ćwiczeń laboratoryjnych z fizyki cieplnej budowli:

Badania termowizyjne w celu wizualizacji mostków cieplnych i analizy rozkładu temperatur na powierzchni przegrody.

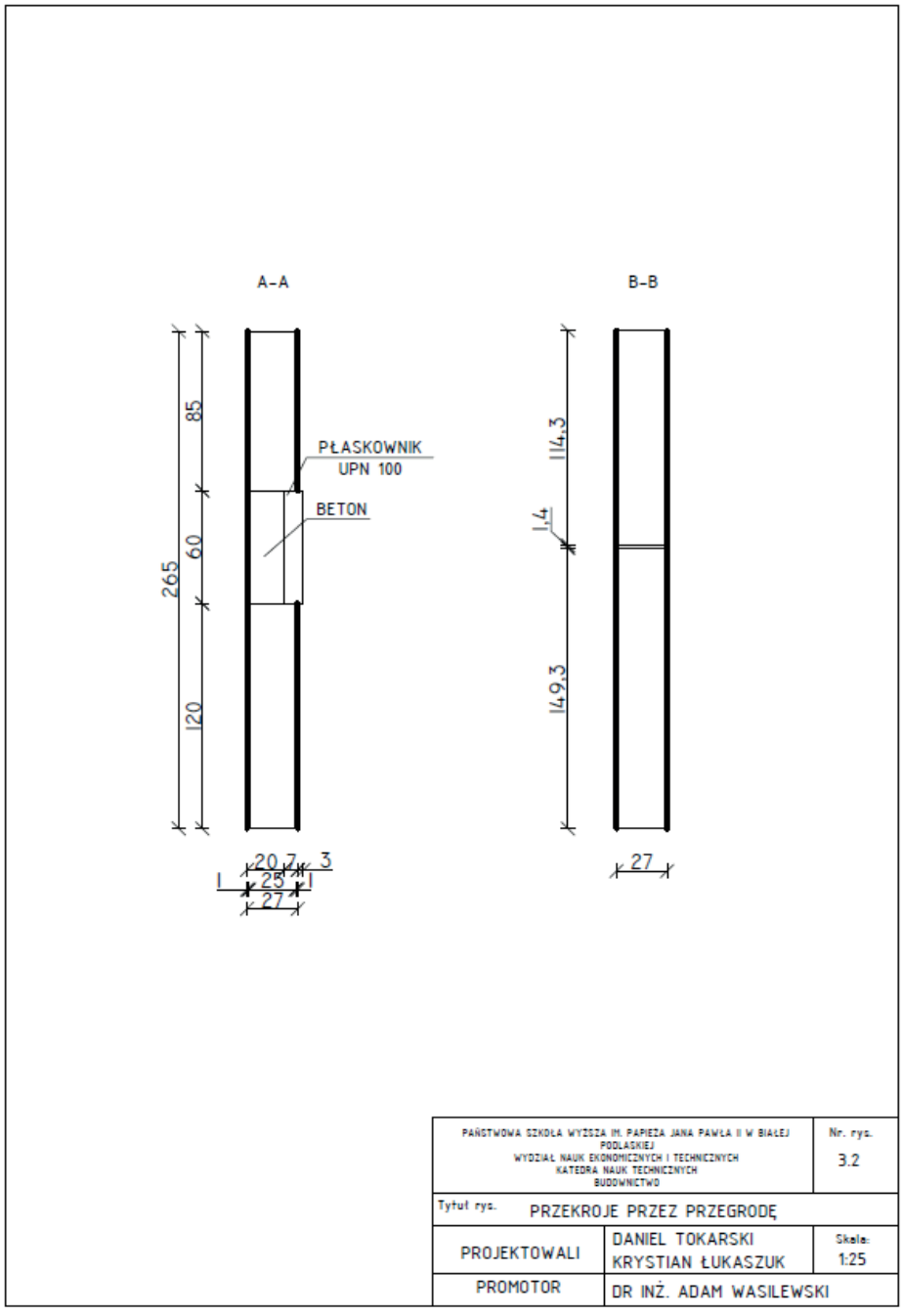
Pomiar współczynnika przenikania ciepła U metodą „ścianki pomocniczej" w obszarze mostka cieplnego i poza mostkiem

Dokumentacja rysunkowa

Rys. 3.1. - Widok przegrody od strony pomieszczenia odbiorczego. Skala 1:25
Rys. 3.2. - Przekroje przez przegrodę. Skala 1:25



Rys. 3.1. Widok przegrody od strony pomieszczenia odbiorczego. Skala 1:25



PAŃSTWOWA SZKOŁA WYŻSZA IM. PAPIEŻA JANA PAWŁA II W BIAŁEJ PODLASKIEJ WYDZIAŁ NAUK EKONOMICZNYCH I TECHNICZNYCH KATEDRA NAUK TECHNICZNYCH BUDOWNICTWO		Nr. rys. 3.2
Tytuł rys.	PRZEKROJE PRZEZ PRZEGRODĘ	
PROJEKTOWALI	DANIEL TOKARSKI KRYSTIAN ŁUKASZUK	Skala: 1:25
PROMOTOR	DR INŻ. ADAM WASILEWSKI	

Rys. 3.2. Przekroje przez przegrodę. Skala 1:25

Podsumowanie

Przegroda budowlana została zaprojektowana na podstawie zebranych informacji z zakresu budownictwa i fizyki cieplnej tak, aby na jej przykładzie w prosty sposób można było wyjaśnić wybrane zagadnienia.

Bibliografia:

1. Jaworski J., *Termografia budynków*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2000 r.
2. Kisilewicz. T., Królak E., Pieniążek Z., *Fizyka cieplna budowli*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1998.
3. PN-EN ISO 6946: Komponenty budowlane i elementy budynku - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła - Metoda obliczania.
4. www.certenergia.pl
5. www.premco.pl

Liczba znaków ze spacjami: 14 449

KSZTAŁTOWANIE ZABUDOWY OBSZARÓW ŚRÓDMIEJSKICH MAŁYCH MIAST WARMII – O POTRZEBIE REWALORYZACJI

[1]Marek Zagroba, [2]Marta Tanajewska
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Nauk Technicznych
[1]Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli, ul. Heweliusza 4, 10-724 Olsztyn
e-mail: mazag@uwm.edu.pl
[2]Koło Naukowe Młodych Architektów i Urbanistów KRESKA

Streszczenie
Śródmieścia małych miast Warmii to historyczne, sięgające średniowiecza układy przestrzenne. Są to obszary będące przejawem tożsamości ośrodków, których zabudowa w różnym stopniu odzwierciedla charakterystyczne dla zabytkowych zespołów staromiejskich cechy. Złożyły się na to różne uwarunkowania. Urbanistyka i architektura tych zespołów wymaga na ogół podjęcia przekształceń rewaloryzacyjnych, które w swoich skutkach powodowałyby ekspozycję zespołów staromiejskich na tle pozostałych obszarów miasta. Działania takie są szansą na przywrócenie tym obszarom, znajdującym się w strefach ochrony konserwatorskiej ich historycznej tożsamości. Wymaga to rozwiązywania szeregu problemów i szerokiego spojrzenia, nie tylko w aspekcie kształtowania przestrzeni ale również konieczności budowy programów rewitalizacji.

Słowa kluczowe: architektura, urbanistyka, budownictwo, rewaloryzacja, rewitalizacja, konserwacja zabytków

Wstęp

Większość miast regionu Warmii to małe ośrodki o zbliżonej wielkości założeń, które na przestrzeni wieków nie uległy poważnym zmianom, w każdym razie w niewielkim stopniu. Miasta te skupiają obecnie znaczną część ludności zamieszkującej Warmię. Wiele miast regionu charakteryzuje się przestrzenną i funkcjonalną degradacją obszarów śródmiejskich. Taka sytuacja jest skutkiem działań z okresu końca drugiej wojny światowej oraz sposobu prowadzenia powojennej odbudowy. Obszary te w większości przypadków wymagają podjęcia działań odnowy, polegających na budowie programów rewaloryzacji a nawet rewitalizacji. Jest rzeczą oczywistą, że prace te powinny wybiegać poza materialny czynnik zagospodarowania przestrzeni i dotyczyć poprawy warunków życia lokalnych społeczności oraz rozwoju gospodarczego. Miasto jest przede wszystkim miejscem zamieszkania ludzi.

Obecny stan zachowania historycznej zabudowy zespołów staromiejskich miast Warmii jest dość zróżnicowany, co ma związek z wydarzeniami z okresu końca drugiej wojny światowej. Wojska radzieckie dokonały wówczas w miastach regionu masowego wyburzenia historycznej zabudowy, co było przyczyną największych zniszczeń. Na degradację przestrzenną wpłynął również w dużym stopniu sposób prowadzenia powojennej odbudowy, zupełnie oderwany od skali i charakteru obszarów śródmiejskich. W wielu miastach pozostaje to widoczne do czasów obecnych. W ten sposób zniszczone zostały niemalże całe zespoły staromiejskie. Najsilniej jest to odczuwalne w najbliższym sąsiedztwie rynku (Biskupiec, Bisztynek, Dobre Miasto, Lidzbark Warmiński, Pieniężno).

Współczesny obraz obszarów śródmiejskich jest dodatkowo pochodną złej sytuacji gospodarczej regionu (bezrobocie, migracja ludności do większych miast). Jest to wystarczający powód, dla którego działaniom odnowy przestrzeni miejskiej musi towarzyszyć poszukiwanie gospodarczych i społecznych podstaw rozwoju. Niewykorzystany dostatecznie w skali całego regionu potencjał turystyczny (brak surowców naturalnych) wydaje się być gotowym rozwiązaniem. Wiąże się to z koniecznością budowy programów rewaloryzacji i rewitalizacji, których podjęcie odnosi się do funkcjonowania miasta oraz kształtowania jego formy. Służy to również utrzymaniu tożsamości historycznych miast oraz zachowaniu dziedzictwa kulturowego regionu.

Uwarunkowania przestrzenne miast

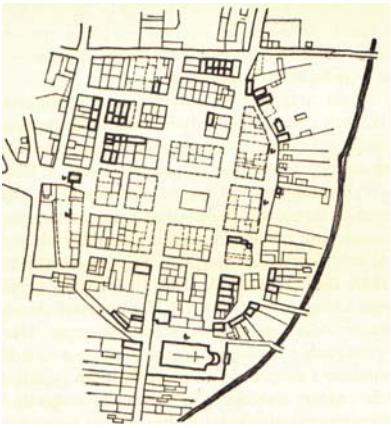
Miasta warmińskie tworzy dwanaście lokowanych w epoce średniowiecza ośrodków miejskich. Specyfika ich lokacji była podyktowana czynnikami militarnymi – miasta posiadały zamki warowne i były oddalone od siebie o 15-30 km, co miało silny związek z polityką Zakonu Krzyżackiego wobec podbitych ziem Prusów. Uwarunkowania te w zasadniczy sposób ustalają genezę powstania miast regionu (Srokowski, 1961).

Za wyjątkiem Olsztyna wszystkie ośrodki można zakwalifikować do grupy małych miast. Należą do nich: Barczewo, Biskupiec Reszelski, Bisztynek, Braniewo, Dobre Miasto, Frombork, Jeziorany, Lidzbark Warmiński, Orneta, Pieniężno i Reszel.

Historyczne układy urbanistyczne miast pozostają w większości przypadków czytelne do czasów obecnych. Tworzy je regularna siatka ulic, wyznaczająca poszczególne kwartały zabudowy z rynkiem pośrodku. Pewne deformacje na obszarach oddalonych od rynku wynikały z konieczności wpisania w sąsiedztwo cieków wodnych oraz istniejącą topografię terenu (Rys. 1) (Czubiel, 1969).



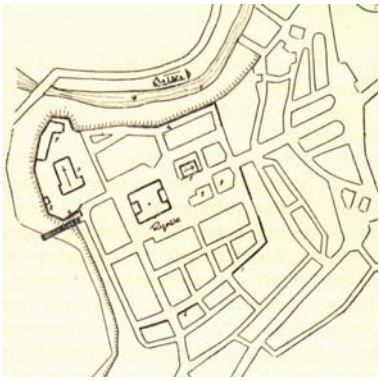
Biskupiec Reszelski



Bisztynek



Dobre Miasto



Pieniężno

Rys. 1. Plany miast warmińskich z lat 50-tych XX wieku
(Źródło: Ibidem, str. 96, 100, 117, 264)

W grupie wyszczególnionych miast znajdują się przykłady, gdzie konkretne działania inwestycyjne w przestrzeni śródmiejskiej, mające miejsce w latach 60. i 70. XX wieku, wprowadziły nową, dodajmy dziwną tożsamość centrum miasta. Przestrzenie rynków w Dobrym Mieście czy Biskupcu Reszelskim zostały wypełnione rondami komunikacyjnymi, stając się głównymi węzłami komunikacyjnymi (Rys. 2, 3). Kumulacja głównego ruchu kołowego przez miasto w jego centrum (np. tranzyt przez Dobre Miasto do przejścia granicznego w Bezledach) zakłóca małomiasteczkowy charakter placu miejskiego.



Rys. 2. Dobre Miasto – rondo komunikacyjne pośrodku rynku staromiejskiego
Fot.: M. Zagroba



Rys. 3. Biskupiec Reszelski – rondo komunikacyjne na rynku staromiejskim
Fot.: M. Zagroba

Działania odnowy układu przestrzennego powinny w związku z tym uwzględnić przywrócenie roli centrum obszarom śródmiejskim oraz odpowiednie ich powiązanie z pozostałymi obszarami miejskimi. Przekształcenia te muszą również służyć poprawie relacji funkcjonalno-społecznych. Mamy tutaj do czynienia z niewielkimi społecznościami miejskimi, których więź z własnym miejscem zamieszkania odbywa się głównie poprzez dzielnice śródmiejskie i ich zabudowę. Rozwiązania pomijające te relacje mogą doprowadzić do zjawiska, jakie ma miejsce w niektórych miastach

– wyludnienia przestrzeni centrum, np. w Pieniężnie. Lokalizacja atrakcyjnych funkcji w okolicach dworca autobusowego (usługi, handel) spowodowała, że ten obszar przejął rolę centrum miasta.

Dość dużą różnorodność przedstawia zabudowa historycznych dzielnic miast. Na szczególną uwagę zasługują Orneta i Reszel. Ich układy przestrzenne należą do najlepiej zachowanych na Warmii. Struktura urbanistyczna i architektura zespołów pozostają osadzone w kontekście wymiaru historycznego miasta. W obydwu przypadkach dominuje czytelność regularnego układu ulic, bogactwo form utrzymanych w podobnej konwencji skali, podziałów, rytmów, detali i pastelowej kolorystyki. Nagromadzenie funkcji mieszkalnych z usługami i handlem w parterach silnie utożsamia śródmieścia z centrum małego ośrodka. Ma to duże przełożenie na gospodarcze i społeczne aspekty funkcjonowania obszaru centrum tych miast.

Sposób prowadzenia powojennej odbudowy drastycznie potraktował przestrzeń wielu zespołów. Możemy to zaobserwować w zabudowie rynków Dobrego Miasta, Bisztynka, Lidzbarka Warmińskiego czy Pieniężna. Wyobcowana architektura lub nawet jej brak w żaden sposób nie utożsamia się z wzorami historycznymi (Rys. 4). Brak tutaj zwartej zabudowy o drobnych podziałach, niewielkiej skali wpisanej w kontekst historycznego miasteczka. W ośrodkach tych dokonano przestrzennej deformacji znacznych części śródmieść. Okres powstawania zabudowy zbiegł się z zastosowaniem typowych dla epoki socjalizmu środków wyrazu architektonicznego, wywołując chaos w strukturze historycznie zdefiniowanej (Rys. 5).



Rys. 4. Pieniężno – zabudowa wschodniej pierzei rynku – wieża kościoła ewangelickiego i dom mieszkalny
Fot.: M. Zagroba



Rys. 5. Lidzbark Warmiński – zabudowa północnej pierzei rynku
Fot.: M. Zagroba

Artykulacja przestrzennego aspektu odnowy śródmieść ma w pierwszym rzędzie służyć przywróceniu ich materialnego obrazu. Jest to istotne w kształtowaniu przyjaznej przestrzeni, wywołującej pozytywne emocje. Takie oczekiwania mamy zazwyczaj w stosunku do zabudowy historycznych zespołów staromiejskich, z którymi silnie kojarzy się pojęcie *genius loci.* Charakter zabudowy i jej przeznaczenie w obszarach śródmiejskich wiąże się z uwarunkowaniami gospodarczo-społecznymi, odpowiedzialnymi za funkcjonowanie miasta. Współzależność tych elementów tworzy podstawę dla określenia kierunków i sposobu zagospodarowania przestrzeni centrum miast.

Struktura przestrzenna zespołów staromiejskich narzuca sposób zagospodarowania pozostałych terenów miejskich. Zależność ta jest w badanych ośrodkach dość zróżnicowana, na co wpływ wywarły uwarunkowania rozwojowe miast. Jednak w większości przypadków ma miejsce hierarchiczne dostosowanie skali i intensywności zabudowy do przestrzeni śródmieścia. Spójność ta jest szczególnie odczuwalna w najmniejszych miastach regionu, w których nie nastąpił intensywny proces urbanizacji (Rys. 6).

Stan zachowania elementów przestrzennych miast, w tym historycznej zabudowy, w dużym stopniu jest zależny od sytuacji gospodarczo-społecznej ośrodków. Dane statystyczne takich czynników, jak: stopa bezrobocia, przyrost naturalny czy zasoby mieszkaniowe, pozwalają zobrazować ich potencjał ekonomiczny i społeczny. Jest to istotne z punktu widzenia działań odnowy przestrzeni miejskich. Na podstawie prze-

prowadzonej przez autorów analizy (roczniki statystyczne) stwierdzić należy, że potencjał ten w najmniejszych miastach regionu jest niewielki. Szczególnie zła jest sytuacja rynku pracy i przyrostu naturalnego. Może to spowodować w niedalekiej przyszłości zwiększoną migrację ludności do większych miast, wyludnienie ośrodków i w efekcie pogorszenie stanu zagospodarowania przestrzeni.



Rys. 6. Jeziorany – fragment zabudowy miejskiej
Fot.: M. Zagroba

Podsumowanie

Odnowa zdegradowanych obszarów śródmiejskich małych miast jest wielką szansą na przywrócenie zdolności funkcjonowania historycznych dzielnic. Skupia się to wokół zagadnień przestrzennych, charakteru kształtowanej zabudowy, poprawy jakości życia lokalnych społeczności i stwarzania możliwości rozwoju gospodarczego. Budowa i realizacja programów rewaloryzacji i rewitalizacji stanowi złożony i wieloletni proces odnowy miast, dlatego wymaga zespołowych i zintegrowanych działań. Złożoność problemu wiąże się z interdyscyplinarnym podejściem w przygotowaniu i wdrażaniu programów odnowy. Wobec trudnej sytuacji gospodarczo-społecznej miast Warmii, istotnym problemem jest poszukiwanie środków finansowych i współfinansowanie poszczególnych zadań ze źródeł prywatnych, gminnych i zewnętrznych, np. funduszy strukturalnych. Te ostatnie stwarzają obecnie najwięcej możliwości w staraniach o dofinansowanie programów odnowy i polepszenia jakości przestrzeni miejskiej.

Bibliografia:

1. Czubiel L., Domagała T.: *Zabytkowe ośrodki miejskie Warmii i Mazur,* Pojezierze, Olsztyn 1969.
2. Pawłowicz J. A.: *Zieleń osiedlowa w rewitalizacji środowiska mieszkaniowego,* [w] *Problemy rewitalizacji w gospodarce przestrzennej XXI wieku* – W. Czarnecki (red); Wydawnictwo Wyższej Szkoły Finansów i Zarządzania w Białymstoku 2006.
3. Skalski K. M.: *O dochodzeniu do europejskich standardów finansowania rehabilitacji osiedli mieszkaniowych,* [w:] *Metoda rewitalizacji osiedli socjalnych Gdańska okresu dwudziestolecia międzywojennego na przykładzie wybranych osiedli,* Cielątkowska R. (red.), Gdańsk 2002.
4. Srokowski S.: *Zamki pokrzyżackie, biskupie i kapitulne województwa olsztyńskiego,* Olsztyn 1961.

Liczba znaków ze spacjami: 20 002

REWALORYZACJA ZABUDOWY ŚRÓDMIEŚCIA JEZIORAN W KONTEKŚCIE KONSTRUKCYJNO-MATERIAŁOWYM

[1]Joanna A. Pawłowicz, [2]Krzysztof Szydlik
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Nauk Technicznych
[1]Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli, ul. Heweliusza 4, 10-724 Olsztyn
e-mail: jopaw@uwm.edu.pl
[2]Koło Naukowe Młodych Architektów i Urbanistów KRESKA

Streszczenie
W niniejszej pracy, na przykładzie niewielkiego miasta Jeziorany (woj. warmińsko-mazurskie), wykazano rozwiązania materiałowe i konstrukcyjne w zabudowie pierzejowej z przełomu wieku XVII i XVIII oraz w budynkach z lat 80 XX wieku. Przedstawiono, rodzaje więźb dachowych, konstrukcji murowych oraz fundamentów, a całość uzupełniono opisem materiałów stosowanych w trakcie odbudowy Jezioran po pożarze, który w roku 1783 strawił je niemal doszczętnie.

Słowa kluczowe: rewaloryzacja, konserwacja zabytków, zabudowa pierzejowa, materiały budowlane

Wstęp

Człowiek budował niemal od zawsze, zadziwiając niejednokrotnie determinacją i założeniami swoich dzieł. Stare budownictwo można uznać za sztukę. Połączenie różnych nurtów architektonicznych i rozwiązań rzemieślniczych umożliwia wprowadzenie obserwatora w zachwyt, zmuszając jednocześnie do refleksji i zadania sobie pytania – jak to w ogóle możliwe, że taki budynek powstał w tamtych czasach, a co ważniejsze istnieje do dziś.

Jeziorany są małym miasteczkiem o liczbie mieszkańców nieprzekraczającej 3.5 tysiąca, położonym we wschodniej części Warmii nad rzeką Symsarną. W okolicy Jezioran znajduje się też kilka jezior. Miasto założone zostało przez biskupa warmińskiego Hermana z Pragi w roku 1310 roku, ale dopiero po 28 latach otrzymało przywilej lokacyjny. Na terenie miasta znajduje się wiele obiektów historycznych, a sama jego historia jest bardzo ciekawa. W Jezioranach istniał drewniany zamek, który pod koniec XIV wieku zastąpiono konstrukcją murowaną - bliźniaczą kopią zamku z Działdowa (Czubiel, Domagała, 1969).

Pierwotna zabudowa miejska wykonana była z drewna, co często prowadziło do powstawania pożarów. Po jednym z takich pożarów, który strawił większą część zamku oraz znaczną część miasta, rozebrano zamek, a z materiałów, które odzyskano, wybudowano budynek, który obecnie zajmuje Urząd Miasta i Gminy Jeziorany. Miasto również odbudowano w całości jako murowane, co na owe czasy było dość niespotykane ze względu na braki ceglanego budulca. Największe jednak straty w zabudowie miejskiej przyniosły działania wojenne XX wieku. Obecnie miasto nosi widoczne ślady powojennej odbudowy i rozbudowy, przez co piękno starej zabudowy stanowi często tło dla tej współczesnej (Achremczyk, 1997).



Rys. 1. Zwarta zabudowa pierzejowa
Źródło: J. Pawłowicz

Układ przestrzenny miasta, to układ szachownicowy charakteryzujący się prostopadłym przebiegiem ulic z rynkiem pośrodku, co do czasów obecnych pozostaje dosyć czytelne. W przestrzeni śródmieścia znalazły swą lokalizację najważniejsze budowle w mieście ratusz, zamek obronny oraz gotycki kościół św. Bartłomieja.



Rys. 2. Zabudowa pierzejowa runku
Źródło: J. Pawłowicz

Zabudowę mieszkalną tworzyły zwarte, pogrupowane w kwartałach kamienice,które wraz z historycznym detalem powodują, że Jeziorany są bardzo atrakcyjnym, choć w pewnych fragmentach przestrzeni zaniedbanym miasteczkiem (Rys. 1 i 2). Niemniej jednak wiele elementów z historycznej zabudowy miasta przetrwało do czasów współczesnych.

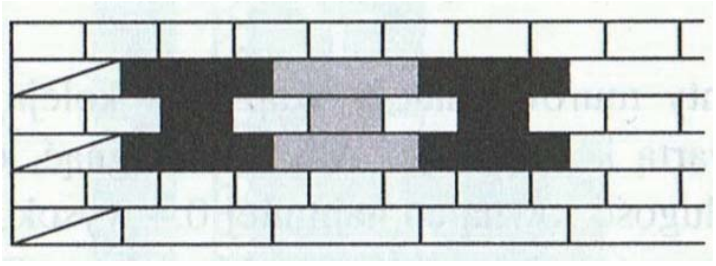
Fundamenty

Okres powstania miasta powodował, że powszechnym materiałem stosowanym do budowy fundamentów były nienasiąkliwe kamienie oraz zaprawa cementowo-wapienna. Te rozwiązania przetrwały na ogół w dobrym stanie aż do czasów obecnych. Prosta konstrukcja fundamentów umożliwiała posadowienie na nich niewielkich obiektów, tak jak przeważające w zabudowie miejskiej domy mieszkalne. Fundament ten wykonuje się w prosty sposób. Na dnie wykopu układa się kamienie ubija drewnianym kołkiem, zasypuje kamiennym tłuczniem i zalewa warstwą zaprawy cementowo-wapiennej. W ten sposób wykonuje się kolejne warstwy aż do uzyskania właściwej wysokości stopy fundamentowej.

Ściany

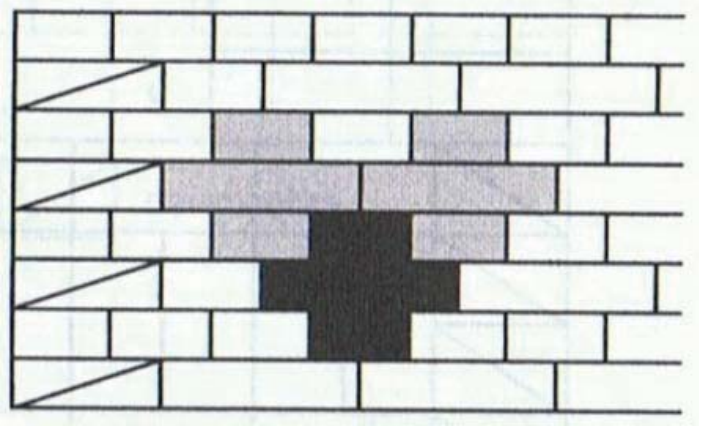
Mury jeziorańskich budynków wykonane były zgodnie z ówcześnie obowiązującą techniką budowania. Do wznoszenia ich używano cegły ceramicznej pełnej, a grubość ścian zewnętrznych wynosiła co najmniej 1,5 cegły. Podyktowane było to nie tylko względami konstrukcyjnymi. Wynikało to również z braku materiałów izolacyjnych.

Spośród wielu rodzajów układania cegieł najczęściej stosowano wiązanie kowadełkowe (Rys. 3) i wiązanie krzyżykowe (Rys. 4). Do wykonywania spoin używano zapraw gipsowych oraz wapiennych. Większość budynków została otynkowana, przez co zatracił się ich pierwotny charakter.



Rys. 3. Wiązanie kowadełkowe
Źródło: Budownictwo Ogólne T.3 (Lichoła, 2008)

Układanie pierwszej warstwy tylko główką, natomiast w drugiej rozpoczęcie od ułożenia cegły dziewiątki (3/4 cegły) a następnie układanie tylko wozówką powodowało pojawienie się charakterystycznego kowadełka (Rys. 3).



Rys. 4. Wiązanie Krzyżykowe
Źródło: Budownictwo Ogólne T.3 (Lichoła, 2008)

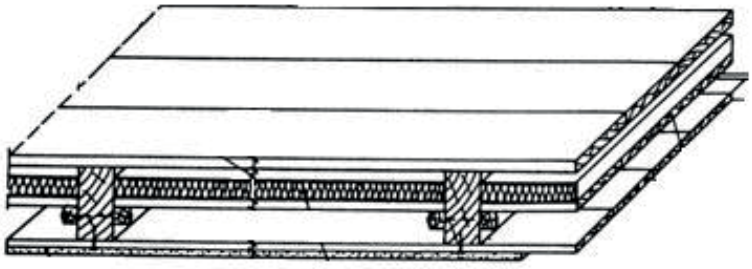
Układanie pierwszej warstwy tylko główką, natomiast w drugiej rozpoczęcie od ułożenia cegły dziewiątki (3/4 cegły), a następnie jednej cegły główką i kolejnej cegły wozówką, powodowało pojawienie się krzyżyka widocznego na Rys. 4.

Stropy

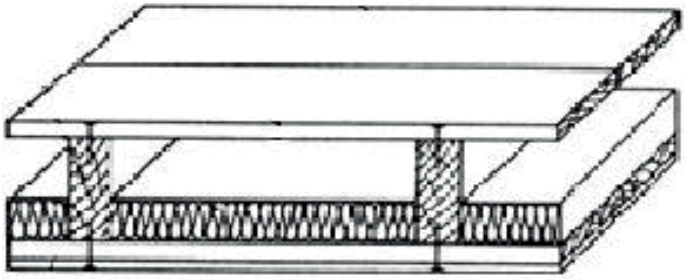
Konstrukcje stropów oparte były na podstawowych materiałach, które dawniej były ogólnie dostępne. Do tych konstrukcji należały więc drewniane stropy ze ślepym pułapem (Rys. 5) oraz stropy belkowe (Rys. 6). Drewniane stropy charakteryzują się łatwością wykonania, nawet w warunkach zimowych i dużą izolacyjnością termiczną. Rozpiętość tych stropów nie powinna być większa jak 6 m, a rozstaw belek nie powinien przekraczać 1,2m. Grubość stropów wahała się w granicach 18-30 cm.

Strop ze ślepym pułapem charakteryzuje się deskowaniem pośrednim. Na nim układa się warstwę izolacyjną, którą dawniej była polepa.

W stropie belkowym warstwa izolacyjna ułożona jest bezpośrednio na podsufitce.



Rys. 5. Strop ze ślepym pułapem
Źródło: Budownictwo Ogólne (Lichoła, 2008)



Rys. 6. Strop belkowy
Źródło: Budownictwo Ogólne (Lichoła, 2008)

Konstrukcje dachów

Historyczna zabudowa miejska Jezioran to przede wszystkim dachy spadziste. Ich układy zostały narzucone przez względy praktyczne (powierzchnia użytkowa poddasza) czy też klimatyczne (odprowadzanie wód opadowych i śniegu).

Małe gabaryty oraz małe rozpiętości ścian zewnętrznych budynków narzuciły proste kształty konstrukcji dachowych. W przeważającej ilości dominowały dachy dwuspadowe naczółkowe (Rys. 7) oraz mansardowe (Rys. 8).



Rys. 7. Dach naczółkowy
Źródło: J. Pawłowicz



Rys. 8. Dach mansardowy
Źródło: J. Pawłowicz

Pokrycie dachów stanowią w przeważającej mierze dachówki ceramiczne, które ze względu na obfitość surowca (glina) były bardzo popularne na terenie Prus Wschodnich. Rozwiązaniami konstrukcyjnymi z powodu dość dużych obciążeń wynikających ze stosowania dachówki ceramicznej, są dachy krokwiowo-jętkowe i płatwiowo-kleszczowe z zastrzałami lub bez nich.

W późniejszym okresie rozwoju Jezioran, tj. w wieku XIX i XX powstawały różne skomplikowane konstrukcje dachów. Wpływ na takie kształtowanie się zabudowy miejskiej miały takie epoki stylowe jak: neoklasycyzm, pseudoklasycyzm oraz neogotyk (Rys. 9, 10).



Rys. 9. Neogotycki „zameczek"
Źródło: J. Pawłowicz



Rys. 10. Neoklasycyzm
Źródło: J. Pawłowicz

Rozwiązania materiałowe

Zabudowa miejska Jezioran tak jak w przypadku innych historycznych miast, kształtowała się w oparciu o naturalne występujące na danym obszarze materiały. Cegła, drewno i kamień stanowiły historycznie podstawowy budulec w kształtowaniu zabudowy miejskiej Jezioran.

Kamieni używano do budowy fundamentów. Cegła stosowana była na konstrukcje ścian wewnętrznych, zewnętrznych oraz schodów. Drewno natomiast stosowane było do konstrukcji szkieletowych takich jak stropy, schody i konstrukcje dachów.

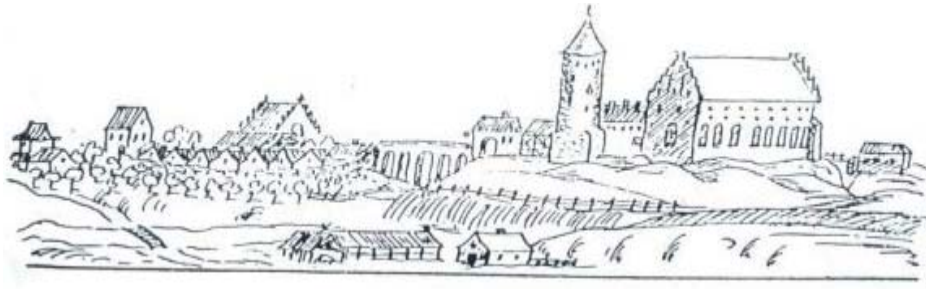
W działaniach rewaloryzacji zabudowy uzupełnieniem rozwiązań materiałowych jest kolorystyka elewacji. Stosowanie stonowanych pastelowych, czasami kontrastujących ze sobą barw i bogatej roślinności, która jest nieodłącznym elementem krajobrazu miejskiego (Pawłowicz, 2006), pozytywnie wpływa na zagospodarowanie przestrzeni tego historycznego miasta, jakim niewątpliwie są Jeziorany.

Zabytkowe budynki użyteczności publicznej

Spośród historycznych budynków służących ogółowi społeczeństwa, wartym przedstawienia jest budynek Urzędu Miasta i Gminy (Rys. 11). Wybudowany został w miejscu w, którym przed pożarem w 1783 roku istniał zamek obronny (Rys. 12). Jego fundamenty wykonane są z kamienia co jest pozostałością po zamku biskupów warmińskich. Ściany wymurowano z cegieł ceramicznych pełnych, a konstrukcją więźby dachowej ze względu na dość duże rozpiętości jest wiązar płatwiowo-kleszczowy z zastrzałami.



Rys. 11. Urząd Miasta i Gminy w Jezioranach
Źródło: J. Pawłowicz



Rys. 12. Szkic Zamku biskupów Warmińskich
Źródło: Jeziorany online (dostęp 21.07.2010)

Drugim tego rodzaju budynkiem jest kościół św. Bartłomieja (Rys. 13). Wybudowany w drugiej połowie XIV wieku, jest klasycznym przykładem warmińskiej świątyni halowej z piętrową zakrystią.



Rys. 13. Kościół św. Bartłomieja
Źródło: J. Pawłowicz

Kościół jest murowany z cegły ceramicznej pełnej o polskim wątku, na niskim podmurowaniu z kamieni polnych, trójnawowy i pięcioprzęsłowy. Kościół posiada późnogotyckie bogate sklepienia gwiaździste, w nawie górnej szesnastopolowe, w bocznych sześciopolowe, wsparte na ośmiobocznych filarach. Świątynia na zewnątrz posiada skarpy. Półszczyty zachodniego korpusu sterczynowe, szczyty zakrystii i kruchty uskokowe ze sterczynami na zakończeniach stopni, dekorowane ostrołukowymi blendami. Wieża od zewnątrz podzielona jest ostrołukowymi blendami na cztery kondygnacje. Portal wieżowy ostrołukowy ma profilowane ościeże. Portal z nawy do zakrystii jest też ostrołukowy, profilowany, posiada drzwi z listwami poprzecznymi i krzyżującymi się ukośnie, z dziewiętnastowieczną kołatką w psiej paszczy, która jest fragmentem dawnego wystroju świątyni i rzadkim na Warmii okazem średniowiecznej sztuki odlewniczej. Jest to zabytek II kategorii.

Zakończenie

Rewaloryzacja ma za zadanie przywrócenie wartości użytkowych i estetycznych zabytków oraz dopasowanie nowych obiektów do aspektów historycznych miejsca objętego tym działaniem. Należy również pamiętać o tradycjach stosowania materiałów w danym regionie. Nie bez znaczenia przy tego typu pracach są również aspekty ekonomiczne, które często mają wpływ na użycie takich, czy innych materiałów (Orłowicz, Szafranko, 2004).

W Jezioranach podstawowym elementem budowlanym jest kamień, różnego rodzaju ceramika, drewno oraz tynki na zaprawie wapienno-piaskowej. Podczas działań mających na celu przywrócenie dawnej świetności tego miasta należy zwrócić uwagę na artykułowanie tradycyjnych materiałów a w miejscach, w których trzeba wstawić tzw. plomby, projektowanie budynku powinno się odbywać w taki sposób, aby uzupełnione braki były dopełnieniem do tradycyjnej zabudowy. Ważnym elementem w działaniach rewaloryzacji jest odpowiedni dobór materiałów i kolorystyki elewacji. Tu trzeba zwrócić uwagę na to żeby proponowana kolorystyka była stonowana i odpowiednio dobrano do istniejącego już otoczenia (Zagroba, 2009).

Bibliografia:

1. Achremczyk S.: *Historia Warmii i Mazur*, Olsztyn 1997,
2. Czubiel L., Domagała T.: *Zabytkowe ośrodki miejskie Warmii i Mazur,* Pojezierze, Olsztyn 1969,
3. Lichoła L. (red.): *Budownictwo Ogólne. Elementy budynków-podstawy projektowania*; tom 3; Arkady 2008,

4. Orłowicz R., Szafranko E.; *Wybrane techniczno–ekonomiczne aspekty napraw spękanych murów,* Przegląd Budowlany – marzec 2004,
5. Pawłowicz J. A.: *Zieleń osiedlowa w rewitalizacji środowiska mieszkaniowego* [w] *Problemy rewitalizacji w gospodarce przestrzennej XXI wieku* – W. Czarnecki (red); Wydawnictwo Wyższej Szkoły Finansów i Zarządzania w Białymstoku 2006,
6. Zagroba M. *Problemy funkcjonalno-przestrzenne w małych i średnich miastach Warmii* [w:] *Specyfika odnowy małych i średnich miast w Polsce*, pr. zbior. pod red. J. Poczobut, Stowarzyszenie Forum Rewitalizacji, Kraków 2009,

Liczba znaków ze spacjami: 29 036

BALKONY WSPORNIKOWE JAKO MOSTKI TERMICZNE

Danuta Barnat-Hunek, Katarzyna Stankiewicz
Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej
Wydział Nauk Ekonomicznych i Technicznych, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska
e-mail: d.barnat-hunek@pollub.pl, katarzynastankiewicz@vp.pl

Streszczenie
Referat przedstawia rolę balkonów oraz zagrożenia jakie wiążą się z ich posiadaniem. Pokazany został wpływ rodzaju konstrukcji balkonu na powstawanie mostków termicznych, strat ciepła oraz ryzyko kondensacji pary wodnej i rozwoju grzybów, pleśni w przegrodach budynku. Za pomocą programu AnTherm zobrazowane zostały różnice w ucieczce ciepła z obiektu przez płytę balkonową przy zastosowaniu różnych rozwiązań ocieplenia płyty balkonu wspornikowego. Do obliczeń zastosowano izolację ze styropianu ekstrudowanego układanego w różnych częściach płyty oraz łącznik zbrojeniowy z koszykiem izotermicznym.

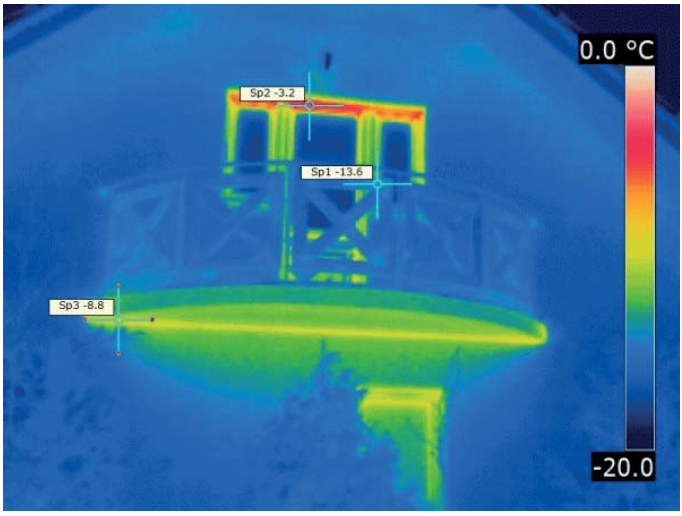
Słowa kluczowe: balkon, mostek termiczny, ucieczka ciepła, kondensacja pary wodnej

Wstęp

Balkony goszczą w naszych domach od wielu wieków, stanowiąc element ich dekoracji oraz miejsce odpoczynku i relaksu domowników. W budownictwie znane są różne rodzaje konstrukcji balkonów, ale w praktyce najczęściej wykonywane są żelbetowe balkony wspornikowe. Wiele takich balkonów pozostaje bez izolacji cieplnej i przeciwwilgociowej, co prowadzi do wielu poważnych defektów i uszkodzeń.

Największy wpływ na uszkodzenia niezabezpieczonych elementów mają czynniki atmosferyczne, do których należą przede wszystkim wody opadowe oraz szkodliwe działanie procesów mrozowych. Na skutek wielokrotnego zamarzania i rozmarzania wilgotnych elementów żelbetowych dochodzi do powstawania rys, pęknięć oraz porów w materiale, co jest przyczyną do korozji balkonu.

W obiektach ocieplonych od zewnątrz, należy pamiętać, iż w miejscu połączenia płyty balkonowej i wieńca stropu powstaje nieocieplona powierzchnia, która staje się mostkiem cieplnym, przez który ucieka ciepło na zewnątrz. Niekontrolowany przepływ ciepła prowadzi do zwiększenia kosztów za energię oraz do wyziębienia powierzchni przegrody znajdującej się w sąsiedztwie balkonu. Taka sytuacja może przyczynić się skraplania się pary wodnej i w konsekwencji do rozwoju pleśni i grzybów (Szczepaniak, 2013).



Rys. 1. Zdjęcie nieocieplonego balkonu z kamery termowizyjnej (http://tenerg.pl/budownictwo.html)

W celu uniknięcia takich sytuacji należy zadbać o balkon na wszystkich etapach realizacji, zaczynając od wyboru najlepszych materiałów i systemu, przez prawidłowe wykonanie wszystkich elementów i izolacji po właściwą eksploatację i niezbędne remonty.

Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać balkony w budynkach wielorodzinnych

Polskie i europejskie prawo określa ściśle jakie wymagania powinny spełniać balkony i tarasy. Według dyrektywy Unii Europejskiej materiały budowlane użyte w elemencie lub budynku powinny posiadać właściwości użytkowe i określoną trwałość (89/106/EWG). Zgodnie z Rozporządzeniem 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):

- balkony powinny znajdować się na wysokości co najmniej 2,4m nad poziomem chodnika, pozostawiając co najmniej 1m nieosłoniętego pasma ruchu od strony jezdni (§293. ust.2)
- balustrady przy balkonach i loggiach nie mogą zawierać ostrych zakończeń i muszą przenosić siły poziome pochodzące od podstawowych obciążeń technologicznych i montażowych określone w Polskiej Normie (§298. ust.1)
- wysokość balustrad w balkonach i tarasach w budynkach wielorodzinnych mierzona od wierzchu poręczy minimalnie powinna wynosić 1,10m, natomiast prześwit otworu w wypełnieniu balustrady nie może przekraczać wartości 0,12m. (§298. ust.2)

- kraty zewnętrzne w otworach balkonowych należy wykonać w sposób uniemożliwiający wspinanie się po nich do pomieszczeń na wyższych kondygnacjach (§300. ust.1)
- balkonów zabrania się sytuować powyżej 25m nad poziomem terenu (§303. ust.1)
- na wysokości od 25m do 55m nad terenem można stosować loggie z wyłącznie pełnymi balustradami. Powyżej 55m zabrania się tworzenia loggii (§303. ust.2)
- ściany zewnętrzne znajdujące się bezpośrednio nad tarasami i balkonami należy zabezpieczyć przed działaniem wody opadowej oraz topniejącego śniegu (§317. ust.2)
- na tarasach powinny znajdować się spadki umożliwiające odpływ wód deszczowych oraz wód z topniejącego śniegu (§319. ust.2)
- posadzki balkonów, loggii i tarasów powinny być wykonane z materiałów nienasiąkliwych, nieśliskich i mrozoodpornych (§320.)

Przyczyny zniszczeń balkonów

Na etapie projektowania budynku najczęściej popełnia się błędy takie jak: błędnie zwymiarowane zbrojenie konstrukcji, nieodpowiednie do warunków atmosferycznych dobrane materiały, nieprawidłowy sposób odprowadzenia wody odpadowej oraz wód roztopowych, nieodpowiednio rozmieszczone dylatacje lub ich brak, niewłaściwie dobrany system obróbek blacharskich oraz izolacji przeciwwilgociowych, niedostosowanie warstw wykończeniowych do przeznaczenia obiektu.

Do błędów materiałowych można zaliczyć błędy popełnione podczas produkcji materiału, stosowanie materiałów przeterminowanych, nieodpowiednie przechowywanie, transport i składowanie na placu budowy, niewłaściwe proporcje w przygotowywaniu materiałów wieloskładnikowych.

Błędy popełniane podczas wykonywania balkonu są najczęstszymi błędami i zaliczyć można do nich m.in. niedokładne, niestaranne przygotowanie podłoża, stosowanie tańszych zamienników materiałów lub pomijanie niektórych warstw systemu, niestaranne łączenie składników, nieprzestrzeganie czasu przerw technologicznych, wykonywanie robót w temperaturach niższych niż 5°C, samowola budowlana, niezgodne z projektem budowlanym wykonawstwo itp.

W czasie eksploatacji balkonów czasami są popełniane takie błędy jak nadmierne przeciążenie konstrukcji, brak sezonowych przeglądów i niezbędnych napraw uszkodzonych elementów, montaż nieprzewidzianych w projekcie obciążeń np. na balustradach.

Głównym czynnikiem destrukcyjnym balkonów jest wilgoć, która przedostaje się w głębsze warstwy balkonu przez rysy, pęknięcia. Woda wnika pod warstwę płytek ceramicznych i podkład betonowy zatrzymując się na warstwie izolacyjnej nie jest odprowadzana poza balkon. W sezonie letnim woda parując pozostawia na materiałach wykwity, a w zimie zamarza i powoduje destrukcję płytek ceramicznych i jastrychu. Dodatkowo przy stosowaniu niekompatybilnych ze sobą materiałów konstrukcja balko-

nu poddana jest naprężeniom termicznym od znacznych różnic temperatur, zwłaszcza na balkonach czy tarasach o większej powierzchni. Cykliczne zamarzanie i odmarzanie, zmiany temperatury i wilgotności są głównymi czynnikami wpływającymi na stan zachowania balkonów podczas ich eksploatacji.

Mostki termiczne

W ciągu ostatnich lat znacząco wzrosła świadomość ludzi w zakresie oszczędzania energii i dbałości o środowisko. W celu ochrony przyrody oraz zmniejszania kosztów związanych z rosnącymi cenami energii zaczęto wprowadzać systemy energooszczędne, docieplenia budynków istniejących oraz dużą uwagę zwrócono na mostki termiczne.

Norma EN ISO 10211-1 definiuje mostek cieplny jako część obudowy obiektu, której opór cieplny znacznie różni się od jednolitego oporu przegrody, z powodu przebicia izolacji budynku przez materiały o innej przewodności cieplnej, różnej grubości lub przez różnicę między temperaturami zewnętrznymi i wewnętrznymi poszczególnych przegród (Norma PN-EN ISO 10211-1:1998P). Temperatura na wewnętrznej powierzchni w miejscu mostka jest zawsze niższa niż poza mostkiem i dlatego powinna być sprawdzona obliczeniowo dla stwierdzenia czy w miejscach tych nie występuje kondensacja pary wodnej.

Mostki termiczne można podzielić na punktowe i liniowe. Punktowe trójwymiarowe mostki to miejsca przebicia zaizolowanego elementu np. łącznikami do termoizolacji oraz miejsca występowania łączników spajających warstwy murowe (Laskowski, 2008). Najpowszechniejszymi są dwuwymiarowe liniowe mostki cieplne, pojawiające się w miejscu połączenia dwóch lub więcej elementów o różnej strukturze materiałowej oraz powstające w miejscu przerwania ciągłości bądź zmianą grubości izolacji cieplnej.

Balkony wspornikowe zaliczane są do liniowych mostków termicznych, ze względu na sposób połączenia płyty wspornikowej ze stropem, która przecina warstwy przegrody zewnętrznej. Miejsca połączeń płyty balkonu, drzwi balkonowych, stropu, są skomplikowane zarówno pod względem wykonawczym, jak i projektowym. Często występują błędy wynikające z braku ciągłości izolacji termicznej i przeciwwodnej. W miejscach tych tworzą się zacieki, wykwity solne, pleśń.

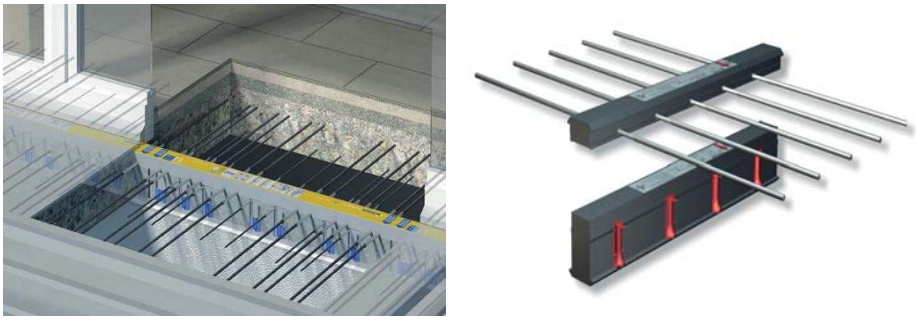
Warstwy balkonu często ograniczają się tylko do płyty konstrukcyjnej i ewentualnie warstwy wykończenia. Ze względu na oszczędność pomija się warstwy izolacji termicznej i wodoszczelnej, co tak naprawdę stanowi największy błąd. Mylne rozumienie pojęcia cięcia kosztów w czasie budowy, prowadzi do kilkakrotnie większych wydatków czasie eksploatacji z powodu ucieczki ciepła i większych nakładów na ogrzewanie budynku. Mostki cieplne mogą zwiększać zapotrzebowanie budynku na ciepło nawet o 20%, a zatem znacznie podnosić koszty ogrzewania domu.

Obecność mostków termicznych w obiekcie budowlanym jest jednym z głównych czynników powodujących powierzchniową kondensację pary wodnej, która może skutkować uszkodzeniami niezabezpieczonych i wrażliwych na wilgoć materiałów. Wilgotność względna utrzymująca się przez kilka dni na poziomie 0,80 stwarza ryzyko rozwoju grzybów pleśniowych na powierzchni przegrody (Wouters, 2004). Pojawienie się pleśni traktowane jest jako wada budynku, zagrożenie dla zdrowia mieszkańców oraz przez swój wygląd psuje estetykę pomieszczenia.

Łączniki zbrojeniowe z wkładką termiczną w balkonach wspornikowych

We współczesnym budownictwie nastawionym na minimalizację kosztów związanych z ogrzewaniem budynku stosuje się nowoczesne systemy izolacji. W celu ograniczenia strat ciepła przez balkon, będący jednym z najistotniejszych mostków termicznych, można wykonać poprawną izolację termiczną od spodu i od góry płyty konstrukcyjnej lub w nowo projektowanym balkonie zastosować łączniki termoizolacyjne (Rozważne budownictwo, 2013).

Elementy te służą do przerwania ścieżki strumienia cieplnego w elemencie konstrukcyjnym poprzez zachowanie ciągłości izolacji termicznej przy jednoczesnym utrzymaniu ciągłości konstrukcji i przeniesieniu wymaganych sił przekrojowych. W związku z tym łączniki składają się z elementów sztywnych, utrzymujących dystans po stronie ściskanej, prętów rozciąganych, prętów odgiętych na siły ścinające, natomiast przestrzenie pomiędzy wypełnione są materiałem izolacyjnym o niskim współczynniku lambda.



a) b)

Rys. 2. Łącznik termoizolacyjny firmy:
a) Schöck (http://www.schoeck-wittek.cz/cs/produkty/-106);
b) Halfen (http://www.halfen.pl/t/91_7062.html)

Łączniki takie łączą płytę wspornikową ze stropem, przenosząc obciążenia tak jak przy połączeniu monolitycznym. Dzięki obecności wkładki termicznej ze styropianu (lub innych tworzyw termoizolacyjnych, których przykładem może być Neopor®, będący granulatem polistyrenu o czarnej barwie i specjalnych właściwościach pęcznienia (http://www.plasticsportal.net) łącznik ogranicza przepływ ciepła z budynku.

Czterokrotnie niższą przewodność cieplną można uzyskać dzięki zastąpieniu stali zbrojeniowej stalą szlachetną. Taki zabieg w połączeniu z wykorzystaniem drobnoziarnistego betonu o wysokiej wytrzymałości pozwala na znaczne oszczędności w stratach ciepła.

Przy użyciu łączników balkonowych HALFEN HIT, możliwe jest ograniczenie strat ciepła przez zewnętrzne przegrody, zapobieganie powstawaniu mostków termicznych, kondensacji wilgoci i powstawaniu pleśni na wewnętrznych powierzchniach przegród. Cechą szczególną systemu łączników balkonowych HALFEN HIT jest asortyment składający się z elementów o długości 1m i modułów o długości 20cm. Dzięki temu oraz dzięki możliwości docinania łączników pod żądany wymiar możliwe jest sformowanie połączenia o dowolnej długości. Rozróżnia się dwa rodzaje łączników HP o gr. izolacji 8cm i SP o gr. izolacji 12cm. Łączniki nie posiadają prętów kolidujących ze zbrojeniem płyt. Brak trzpieni ściskanych i prętów ścinanych. Zamiast nich są specjalne wyprofilowane łożyska z betonu ze zbrojeniem rozproszonym wysokiej wytrzymałości o zwiększonej izolacyjności cieplnej (http://www.halfen.pl/t/91_7062.html).

Tab. 1. Porównanie wg firmy Schöck przewodności cieplnej materiałów występujących na połączeniu balkonu i konstrukcji budynku (http://www.schock.pl)

<table>
<tr><th></th><th>Połączenie balkonu niezaizolowanego z budynkiem</th><th>Balkon zamocowany za pomocą łącznika Schöck Isokorb®</th><th>% ograniczenia przewodności cieplnej</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Elementy występujące na połączeniu balkonu</td><td rowspan="2">Stal zbrojeniowa/stal konstrukcyjna
λ=50W/(K·m)</td><td>Stal szlachetna
λ=15W/(K·m)</td><td>70%</td></tr>
<tr><td>Łożyska oporowe z drobnoziarnistym betonem o wysokiej wytrzymałości
λ=0,8W/(K·m)</td><td>98%</td></tr>
<tr><td>Beton
λ=1,65W/(K·m)</td><td>Neopor®
λ=0,031W/(K·m)</td><td>98%</td></tr>
</table>

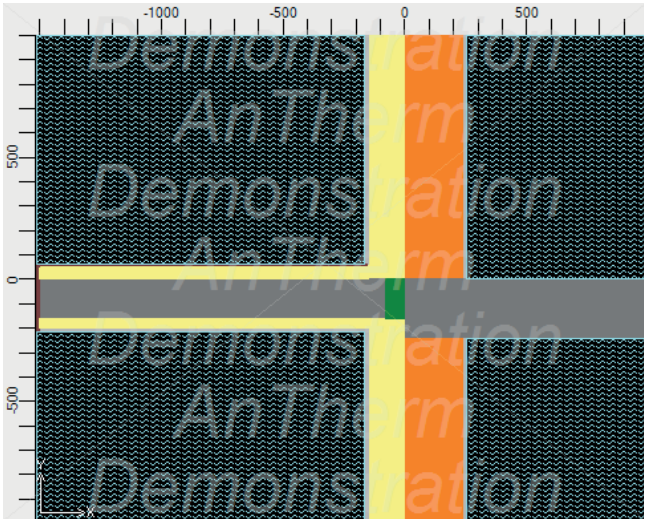
Wpływ ocieplenia płyty balkonowej na rozkład temperatury

Miejsca ucieczki ciepła z budynku, czyli mostki termiczne, są możliwe do zaobserwowania za pomocą specjalistycznych kamer termowizyjnych. Zobrazowanie tegoż zjawiska jest również możliwe przy pomocy programów do obliczeń cieplno-wilgotnościowych.

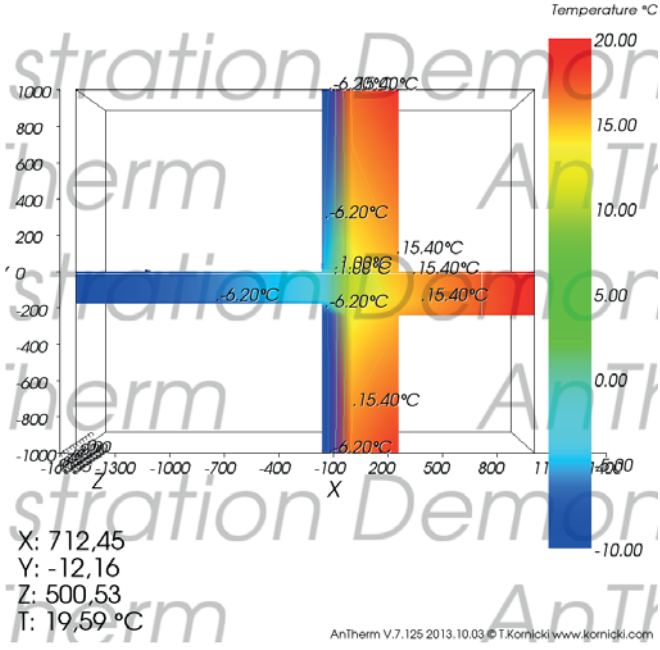
W celu pokazania różnicy między balkonami wspornikowymi niezaizolowanymi i płytą ocieploną przeprowadziłam analizę termiczną na zamodelowanym elemencie konstrukcyjnym w programie AnTherm p. T. Kornickiego.

Obliczenia wykonano dla następujących danych:

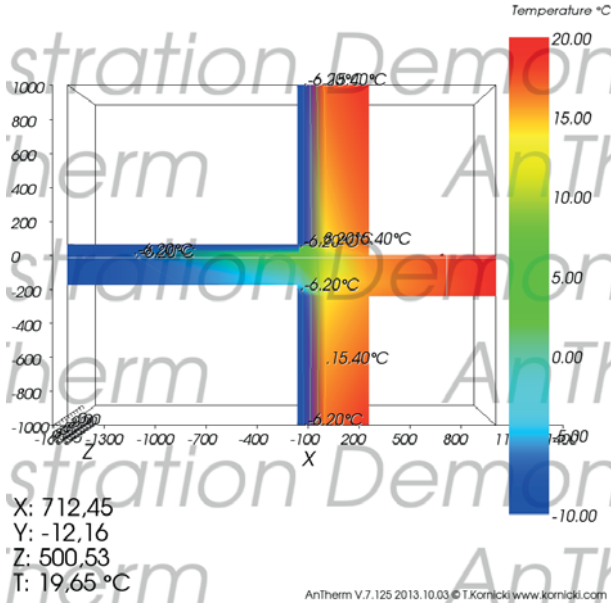
- warstwy ściany:
  - ◊ tynk cementowo-wapienny gr. 1,5cm
  - ◊ wełna szklana gr. 15cm
  - ◊ cegła silikatowa pełna gr. 24cm
  - ◊ tynk cementowo-wapienny gr. 1,5cm
- warstwy stropu:
  - ◊ panele podłogowe gr. 1cm
  - ◊ podkład betonowy gr. 5cm
  - ◊ styropian akustyczny gr. 3cm
  - ◊ strop Porotherm 19/62.5 gr. 23cm
  - ◊ tynk cementowo-wapienny gr. 1,5cm
- warstwy balkonu:
  - ◊ płytki gresowe gr. 1,5cm
  - ◊ folia w płynie
  - ◊ podkład betonowy gr. 5cm
  - ◊ styropian ekstrudowany gr. 5cm (wariant obliczeń: 2, 3 i 4)
  - ◊ izolacja bitumiczna
  - ◊ jastrych cementowy gr. 4cm
  - ◊ płyta żelbetowa gr. 16cm
  - ◊ styropian ekstrudowany gr. 4cm (wariant obliczeń: 3 i 4)
  - ◊ tynk cienkowarstwowy gr. 3mm
- temperatura zewnętrzna $+20^{o}C$
- temperatura wewnętrzna $-10^{o}C$
- współczynnik przejmowania ciepła $R_{se} = 0,17$ oraz $R_{si} = 0,04$
- dwuwymiarowy przepływ ciepła
- na podstawie obliczeń z programu Schöck Isokorb, przyjęto łącznik izotermiczny K30-CV30-H160 o nośności obliczeniowej VRd = +42,0 kN i MRd = -26,0 kNm, pręty rozciągane: 12Ø8 o długości 1,20 m.



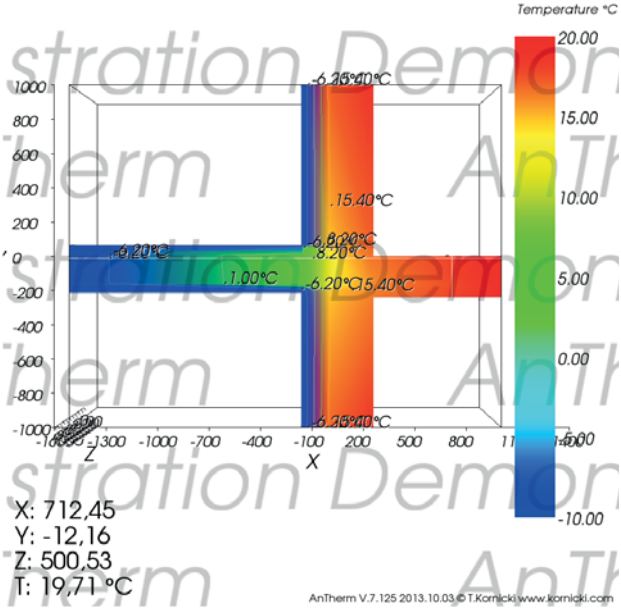
Rys. 3. Przekrój mostka termicznego zamodelowanego w programie AnTherm
(w tym przypadku jest to balkon z koszykiem izolacyjnym), (zrzut ekranu z programu AnTherm)



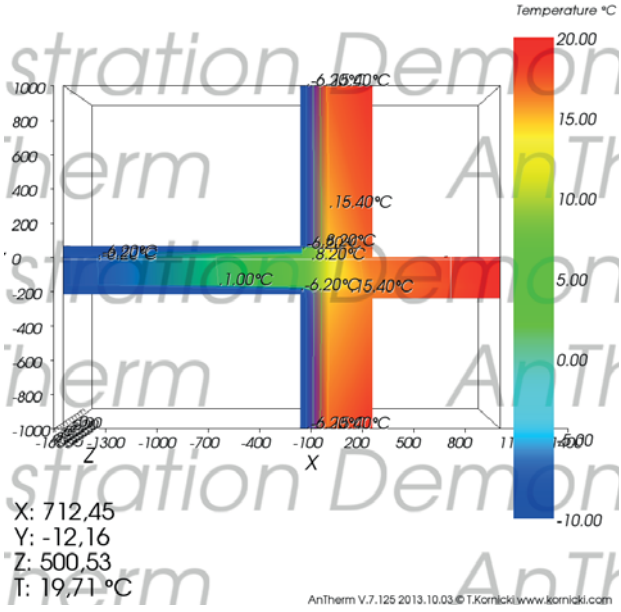
Rys. 4. Wynik obliczeń nr 1. Balkon nieocieplony
(utworzony w programie AnTherm)



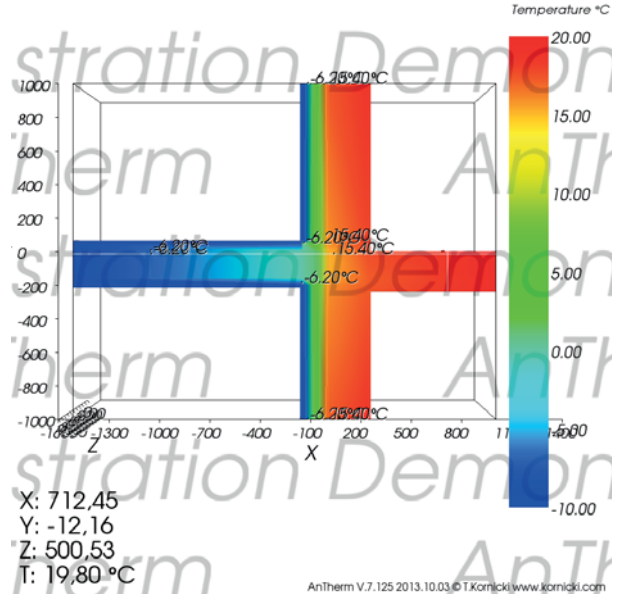
Rys. 5. Wynik nr 2. Balkon ocieplony z góry
(utworzony w programie AnTherm)



Rys. 6. Wynik nr 3. Balkon ocieplony z góry i z dołu
(utworzony w programie AnTherm)



Rys. 7. Wynik nr 4. Balkon ocieplony z góry, z dołu i od czoła (program AnTherm)



Rys. 8. Wynik nr 5. Balkon ocieplony z dwóch stron i z łącznikiem izotermicznym (utworzony w programie AnTherm)

Pierwszy rysunek przedstawia nieocieploną płytę balkonu, w którym można dostrzec znaczącą ucieczkę ciepła. W strefie przypodłogowej oraz przy suficie, na wewnętrznych powierzchniach budynku przylegających do balkonu zanotowano temperaturę 14,95°C. Temperatura taka może być przyczyną kondensacji pary wodnej, co jest zjawiskiem niepożądanym i niekorzystnym.

Na drugim schemacie, z ociepleniem balkonu od strony wierzchniej, widoczne jest zmniejszenie ucieczki ciepła w kierunku górnej powierzchni płyty i nieznaczny wzrost temperatury tuż przy narożach. Jednocześnie można jednak zaobserwować brak ograniczenia ucieczki ciepła od spodniej strony płyty.

Trzeci wariant, pokazujący obustronne docieplenie płyty wspornikowej balkonu, obrazuje znacząca poprawę izolacyjności i ograniczenie emisji ciepła o około 1,5°C w stosunku do pierwszego przypadku. W czwartym przypadku docieplono dodatkowo element od czoła, co nie wpłynęło ograniczenie strat ciepła.

Zastosowanie specjalnego łącznika zbrojeniowego z wkładką izotermiczną ze styropianu, w przypadku schematu piątego, ogranicza ucieczkę ciepła z pomieszczenia, dając temperaturę na powierzchni przegrody wewnętrznej 17,63°C.

Taka temperatura zapewnia komfort domownikom i zapobiega powstawaniu pleśni na ścianach pomieszczeń przylegających do balkonu wspornikowego.

Podsumowanie

Balkony to elementy dekoracyjne często stosowane w budownictwie wielorodzinnym stanowią namiastkę ogrodu i miejsce odpoczynku. Pomimo swoich zalet, ze względu na złożoną i trudną w wykonaniu budowę niejednokrotnie przysparzają wielu problemów. Niezaizolowana termicznie płyta balkonu wspornikowego jest miejscem powstawania mostka cieplnego, ucieczki ciepła z budynku. Ze względu na wychłodzenie powierzchni wewnętrznej przegród przyległych do balkonu może również dojść do kondensacji pary wodnej, która jest przyczyną powstawania grzybów pleśniowych.

W celu ograniczenia swobodnego przepływu ciepła, jak wynika z badań przeprowadzonych w programie AnTherm, należy ocieplić płytę konstrukcyjną balkonu od spodu jak i od strony wierzchniej lub zastosować łącznik balkonowy z koszykiem izolacyjnym. Spowoduje to zredukowany odpływ ciepła, zachowanie wysokich temperatur powierzchniowych w obszarze wewnętrznym, dzięki czemu w pomieszczeniach nie wystąpi zjawisko kondensacji pary wodnej i powodowane przez nią szkody budowlane. Zastosowanie wkładek izolacyjnych zapobiega także powstawaniu rys betonu wynikających ze skurczu i rozszerzalności na połączeniu płyty balkonowej i stropu.

Zastosowanie takiego rozwiązania w połączeniu z prawidłowym wykonawstwem jest gwarancją ciepłego budynku i funkcjonalnego balkonu, przyczyni się również do obniżenia kosztów ogrzewania, tym samym redukując ilość produkowanego CO_2.

Bibliografia:

1. Szczepaniak I.. Balkony. Izolacje od fundamentów po dach., Ładny Dom. Budowa i remont., nr 6 (176) czerwiec 2013
2. PN-EN ISO 10211-1:1998P Mostki cieplne w budynkach - Strumień cieplny i temperatura powierzchni - Ogólne metody obliczania
3. Laskowski L., Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008
4. Wouters P., Schietecata J., Standaert P., tłumaczenie: K. Kasperkiewicz Cieplno-wilgotnościowa ocena mostków cieplnych. Instrukcje, Wytyczne, Poradniki 402/2004, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2004
5. Balkony i tarasy. Rozważne budownictwo. Poradnik Polskich Składów Budowlanych i Partnerów, wydanie 2013
6. Dyrektywa Rady Wspólnot Europejskich (89/106/EWG) z 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych, z poprawkami zawartymi w Dyrektywie Rady 93/68/EWG z 22 lipca 1993;
7. Rozporządzeniem 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;
8. http://www.plasticsportal.net/wa/plasticsEU~pl_PL/function/conversions:/publish/common/upload/foams/Neopor_Wall_insulation_PL.pdf
9. http://www.schock.pl/upload/documents/flashbook/pl/isokorb_/fizyka_budowli_schoeck_isokorb
10. http://www.schoeck-wittek.cz/cs/produkty/-106
11. http://tenerg.pl/budownictwo.html
12. Program AnTherm: http://www.antherm.eu/antherm/PL/index.htm

Liczba znaków ze spacjami: 30 189

WADY BUDOWNICTWA TRADYCYJNEGO

Bartosz Zegardło, Bogusława Olszewska, Mateusz Marczuk
Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej
Wydział Nauk Ekonomicznych i Technicznych, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska
e-mail: matthewmarczuk@gmail.com

Streszczenie
Artykuł przedstawia zestawienie charakterystycznych wady budownictwa tradycyjnego a zarazem przeanalizowanie ich skutków w odniesieniu do teraźniejszych wymagań budownictwa energooszczędnego.
Podstawowymi wadami opisanymi w niniejszej pracy są wady izolacji termicznej oraz wady produkcyjno – konstrukcyjne. Na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat technologia wznoszenia obiektów budowlanych diametralnie zmieniła swój wygląd, co poskutkowało polepszeniem wykonania i dostosowania budynków do wymogów budownictwa energooszczędnego oraz pasywnego. Niegdyś nie przykładano większej wagi do dokładności i sumienności prac montażowych. W efekcie pojawiały się liczne usterki w czasie eksploatowania obiektu, mogące zagrażać życiu mieszkańców. Czasami decydowały o niezwłocznej rozbiórce budowli.
Obecnie istnieje możliwość reanimacji budownictwa tradycyjnego stosując liczne zabiegi modernizacyjne dzięki czemu tradycja ma szanse na przetrwanie.

Słowa kluczowe: wady, budownictwo tradycyjne, energooszczędność, straty energii

Wstęp

Współczesne domy mają znacznie wyższy standard wykonawstwa i izolacji niż te z lat 60-70. Z biegiem czasu i wprowadzania nowych przepisów coraz bardziej popularne staje się budownictwo energooszczędne oraz pasywne, które jest bardziej ekonomiczne ale przede wszystkim również dokładnie wykonywane.

Wady budownictwa tradycyjnego wiązały się z technologiami wprowadzanymi z biegiem czasu. Uszkodzenia występujące we wszystkich typach budynków wzniesionych w latach siedemdziesiątych można podzielić na dwie grupy. Pierwszą z nich stanowią uszkodzenia występujące najczęściej w elementach wykonywanych w miejscu wbudowania. Do drugiej grupy należą te uszkodzenia, które pochodzą z prefabrykacji. Wynikają one bowiem ze specyfiki budownictwa uprzemysłowionego, a szczególnie ze sposobu produkcji prefabrykatów ich montażu (Dębowski, 2005).

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie charakterystycznych wad budownictwa tradycyjnego a zarazem przeanalizowanie ich skutków w odniesieniu do teraźniejszych wymagań budownictwa energooszczędnego.

Zarys historyczny budownictwa

Początki budownictwa sięgają czasów prehistorycznych, a jego rozwój zapoczątkowuje przejście do osiadłego trybu życia. Wczesne ślady tego budownictwa spotykamy w Europie Zachodniej, w okresie gdy ludzie zamieszkiwali jeszcze jaskinie. W późniejszych czasach, rozpoczęli wznoszenie konstrukcji mieszkalnych na lądzie i na palach na wodzie. Oprócz fragmentów konstrukcji z kamienia i śladów budownictwa drewnianego, spotykamy w najdawniejszych czasach również cegłę wyrabianą z gliny suszonej na słońcu. Przed wieloma tysiącami lat, oprócz lepianek wykonanych z najrozmaitszych materiałów, wznoszono także osiedla z domami piętrowymi oraz kanałami ściekowymi. W najzamożniejszych domach, stosowano nawet specjalne urządzenia ogrzewcze i ze zbytkiem wyposażone pomieszczenia kąpielowe. W VI w. przed naszą erą rozwinęło się w Polsce budownictwo drewniane, o którego wysokim poziomie świadczą znane wykopaliska w Biskupinie. Jedne z najstarszych przykładów budownictwa murowanego w Polsce pochodzą z X wieku – są to kaplice w Krakowie na Wawelu i w Ostrowiu Lednickim (www.architekturaegiptu.info).

Budynki takie budowane, powszechnie nazywaną metodą tradycyjną (murowaną) wykonywane były przy użyciu technologii mokrych z cegieł lub pustaków bądź kamienia łupanego. Efekt takich rozwiązań przedstawił nam budynki bardzo masywne(technologia ciężka) z którymi mamy do czynienia do dnia dzisiejszego. Obiekty takie kojarzą się z solidnością. Sam proces budowy pozwalał na rozłożenie inwestycji w czasie, tak więc nakłady w rozbiciu miesięcznym którymi dysponował inwestor nie musiały być wysokie a budowę można było realizować przez wiele miesięcy co bywało wygodne. Wznoszenie budynku można było dzielić na etapy robót ziemnych, parteru, piętra i dalej, bez zbytniego pospiechu w kontrolowany sposób. (polskieforumbudowlane.pl)

Pod koniec XIX wieku zaczęto dążyć do oddzielenia funkcji nośnej i funkcji wypełnieniowej ścian konstrukcyjnych. Początkowo tylko w formie nośnych filarów z cegieł o większej nośności oraz stref okiennych o lepszych właściwościach izolacyjnych. Ściany najstarszych budynków wykonane były z muru z cegieł i łupanego kamienia. W późniejszych okresach kamień stosowany był tylko do wykonywania części budynków, które uważano za mniej ważne – zazwyczaj suteren, zaś ściany na górnych piętrach murowane były z palonych cegieł pełnych lub pustaków, cegieł otworowych, bloczków z lekkich betonów oraz pustaków (Jura, 2013).

W latach 70 nowoczesnością była obecna w naszym krajobrazie „polska kostka" z balkonami. To powszechna, z reguły prymitywna interpretacja narzucanych administracyjnie wzorów. Rozpowszechnianie nowoczesności wiązało się z wyeliminowaniem budynków drewnianych krytych np. strzechą. Nie przywiązywano większej uwagi do jakości wykonania, ani parametrów cieplnych materiałów stosowanych do budowy domu. Powodem tego było brak znaczenia ilości energii zużywanej do ogrzewania, ponieważ była ona tania (Owadowicz, 2014).

Do końca lat 70 w Polsce utrzymywała się powszechna tendencja wykonywania budynkow systemem przemysłowym, tzn. z gotowych, wykonywanych w wytwórniach elementów, przeważnie o konstrukcji żelbetowej. System ten obowiązywał powszechnie, zarówno w budownictwie mieszkaniowym, przemysłowym, jak i przy wznoszeniu budynków użyteczności publicznej. Stosowano go przede wszystkim ze względu na czas wykonywania budynków. Liczył się także koszt robocizny, przeliczony na jeden metr kwadratowy powierzchni użytkowej. W projektowaniu budynków według tego systemu starano się maksymalnie ograniczyć liczbę produkowanych elementów, tworząc elementy typowe – powtarzalne nadające się do stosowania w różnych rozwiązaniach architektonicznych. W skutek tego wznoszono budynki, bardzo do siebie podobne, zgrupowane w olbrzymich osiedlach mieszkaniowych w miastach (Mirski, Łącki, 1998).

Budynki wykonane metodami uprzemysłowionymi, możemy podzielić (ze względu na różne rozmiary prefabrykatów) na wielkopłytowe i wielkoblokowe.

Pierwsze z nich to budynki wykonane z elementów o znacznych rozmiarach, stanowiących całe ścinany albo stropy jednej lub dwóch izb. Elementy płytowe ścienne były produkowane nawet z osadzonymi oknami lub drzwiami.

Elementy wielkoblokowe mają znacznie mniejsze wymiary. Ściana lub strop mogą się składać z kilku prefabrykatów. Otwory okienne są wykonywane przeważnie w ścianach wypełniających lub osłonowych, wykonywanych głównie w sposób tradycyjny z drobnych elementów, głównie z bloczków gazobetonowych. Budownictwo wielkoblokowe stosowane do dnia dzisiejszego w miastach jest o tyle wygodniejsze od poprzedniego o ile łatwiejszy jest montaż lżejszych elementów w porównaniu z wielkimi i ciężkimi płytami. Ponadto stwarza większą możliwość dowolnego kształtowania wnętrz mieszkalnych i lokali użytkowych (Mirski, Łącki, 1998).

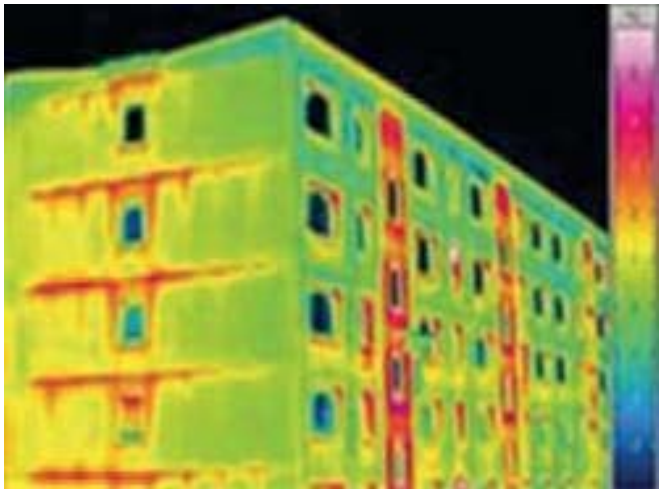
Budownictwo tradycyjne przedstawia wykonawstwo robót budowlanych metodami stosowanymi powszechnie i od dawna. Bryły budynków były „proste". Wykonywane z podpiwniczeniem lub bez, z poddaszami raczej nieużytkowymi. Brakowało w nich izolacji termicznej oraz akustycznej wykonywanej wewnątrz budynku (brak wykonania podłogi pływającej, czy też wykonania izolacji termicznej podłogi na gruncie). Zewnętrzna ochrona budynku na straty ciepła nie była brana nawet pod uwagę co po kilku już latach miało swoje skutki widoczne na elewacji. Wykonywane często stropodachy miały wiele wad, nie tylko pod względem strat ciepła ale również wykonawczych (Jura, 2013).

Z perspektywy dzisiejszych czasów zastosowanie takich rozwiązań jest ogromną stratą ciepła co za tym idzie ogromnymi kosztami ekonomicznymi ocieplanego budynku.

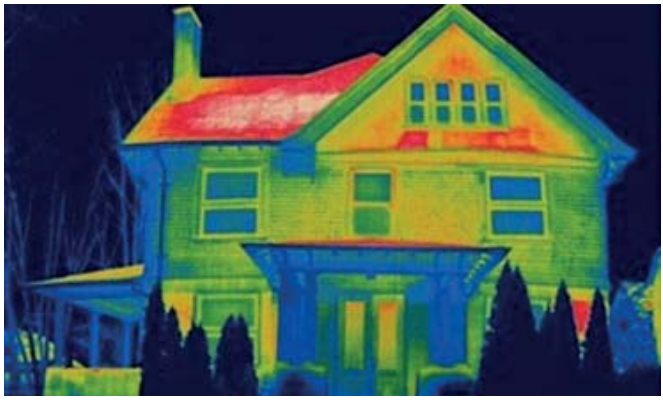
Jedynym wyjściem z takiej sytuacji jest modernizacja elewacji i korygowanie wad konstrukcyjnych.

Przedstawienie wad

Wady izolacji termicznej

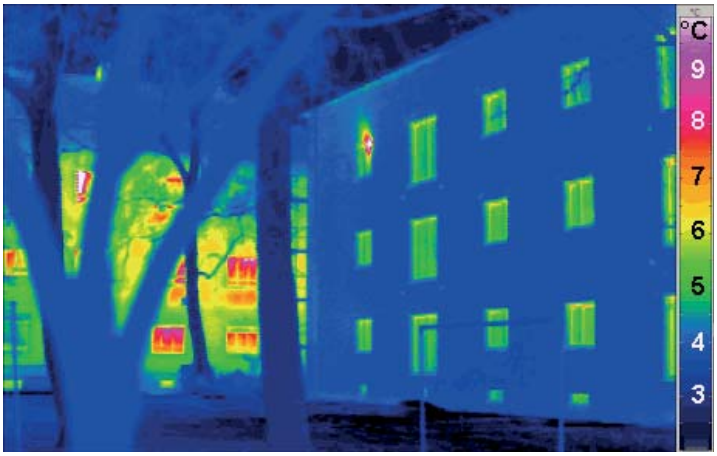


Rys. 1. Termogram budynku mieszkalnego z obszarami wyraźnego ubytku ciepła (www.izolacje.com.pl)



Rys. 2. Termogram budynku mieszkalnego z obszarami wyraźnego ubytku ciepła (www.izolacje.com.pl)

Rys. 1 i 2 ilustruje obraz termograficzny budynku mieszkalnego z obszarami wyraźnego ubytku ciepła (kolor czerwony). Na podstawie zarejestrowanego obrazu można stwierdzić, że na skutek nieodpowiedniej izolacji oraz niewłaściwego doboru materiałów budowlanych najwięcej ciepła budynek traci w obszarze klatek schodowych i stolarki okiennej oraz na linii połączeń stropów ze ścianą szczytową.

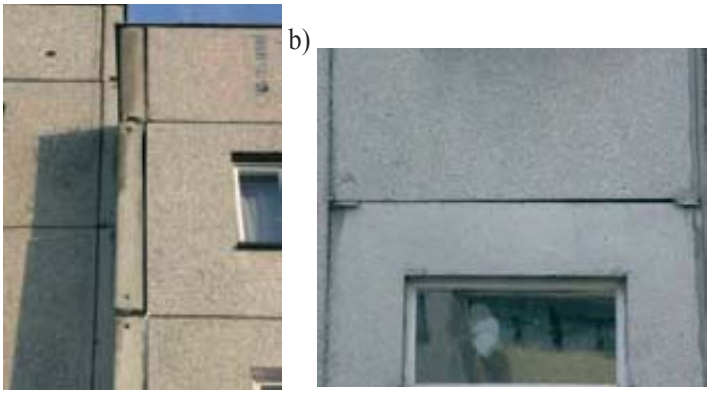


Rys. 3. Termografia ukazująca różnice w emisji ciepła zimą pomiędzy domem tradycyjnym (po lewej) a domem pasywnym (po prawej) (www.euroifrastructure.eu)

Rys. 3 ilustruje obraz termograficzny budynku mieszkalnego w systemie tradycyjnym oraz pasywnym z obszarami wyraźnego ubytku ciepła (kolor czerwony). Podobnie jak na rysunkach przedstawionych wcześniej, zastosowane są nie właściwe materiały które powodują duże straty ciepła. Jednym z nielicznych sposobów na rozpoznanie w jakiej technologii został wykonany budynek jest użycie kamery termowizyjnej.

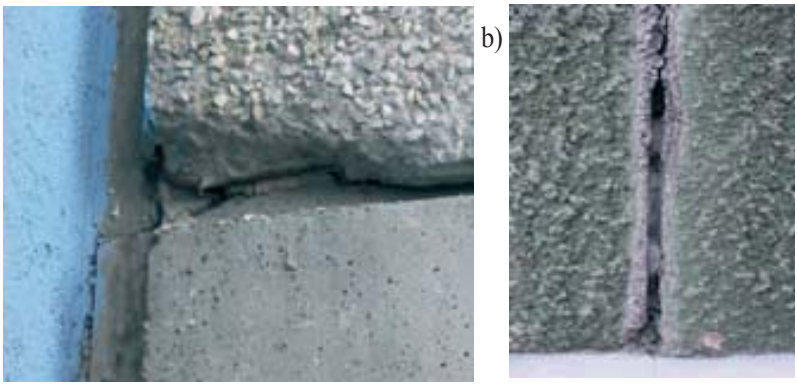
Wady konstrukcyjno - produkcyjne

a) b)



Rys. 4. Przykładowe wychylenia i przemieszczenia elementów ściennych:
a) wadliwe usytuowanie i wychylenie ścianki attykowej
b) nieprawidłowe usytuowanie elementu; tzw. „skoszenie”
(www.przegladbudowlany.pl)

a) b)



Rys. 5. Przykładowe uszkodzenia krawędzi płyt i ich złączy:
a) uszkodzenie naroża warstwy fakturowej; widoczne zbrojenie
b) rozszczelnienie złącza pionowego; brak należytego wypełnienia masą elastyczną
(www.przegladbudowlany.pl)

Wady związane z jakością użytych materiałów i elementów prefabrykowanych, charakterystyczne wyłącznie dla budownictwa wielkopłytowego;

- wady występujące w prefabrykowanych ścianach zewnętrznych (odpadanie warstwy fakturowej, rysy, spękania i przecieki),
- uszkodzenia izolacji termicznej (zmniejszenie izolacyjności przez zawilgocenie, zmiana grubości oraz struktury materiału izolacyjnego),
- uszkodzenia spoin (przecieki przez złącza, ubytki, zbyt duża rozwartość szczelin, brak uszczelnienia spoin),
- wady występujące w prefabrykowanych ścianach wewnętrznych (rysy, spękania),
- uszkodzenia ścian działowych (rysy, pęknięcia, rozwarcie spoin),
- wady prefabrykowanych elementów podposadzkowych (nierównomierne wylewki, niejednorodna grubość izolacji termicznych, brak izolacji przeciwwilgociowej).

Ten nie najlepszy stan budownictwa wielkopłytowego jest konsekwencją rażących błędów, jakie popełniono w trakcie produkcji prefabrykatów oraz w fazie montażu. W dzisiejszych czasach modernizuje się budynki aby przedłużyć ich żywotność poprzez wykonanie izolacji termicznej zewnętrznej czy też wymiany, poprawy konstrukcji stropodachów. Należy pamiętać że tego typu modernizacja na długo nie wystarczy. W historii budownictwa wielkopłytowego bywały przypadki uszkodzeń elewacji zewnętrznej wywołane ruchami płyt obciążonych dodatkowym ociepleniem. Należy pamiętać, iż w momencie przeprowadzenia termomodernizacji budynku całkowicie tracimy kontrolę nad stanem technicznym płyt trójwarstwowych, a wprowadzenie dodatkowych obciążeń w stosunku do pierwotnych założeń konstrukcyjnych może spowodować zmianę układu statycznego sił w płycie. Ocieplając budynek w technologii lekkiej-mokrej zwiększamy obciążenie

przypadające na 1 m^2 powierzchni ściany średnio o około 0.15-0.30 kN. W przypadku złego stanu technicznego wieszaków oraz prętów kotwiących warstwę wierzchnią z warstwą konstrukcyjną istnieje obawa zerwania połączenia, a co za tym idzie przemieszczenia się prefabrykatów ściennych względem siebie. Trwałość ocieplenia zależy głównie od stabilności podłoża. Niedopuszczalne jest przemieszczanie się prefabrykatów pod wpływem dodatkowego obciążenia od termomodernizacji. W stanie awaryjnym może dojść do osunięcia się płyt, co zagraża zdrowiu oraz życiu mieszkańców (www.thelinked.nspace.pl).



Rys. 6. Osunięcie płyty na wskutek braku dostatecznych wzmocnień (www.thelinked.nspace.pl)

Zmodernizowane budynki nie różnią się pod względem estetycznym od nowo stawianych. Różnicą jest cena mieszkań która jest podyktowana stanem konstrukcyjnym mieszkań. Istnieją przypadki gdzie nowo docieplony budynek kwalifikuje się do ponownego remontu z powodu pracy płyty.



Rys. 7. Nowo docieplony budynek kwalifikujący się do ponownego remontu (www.thelinked.nspace.pl)

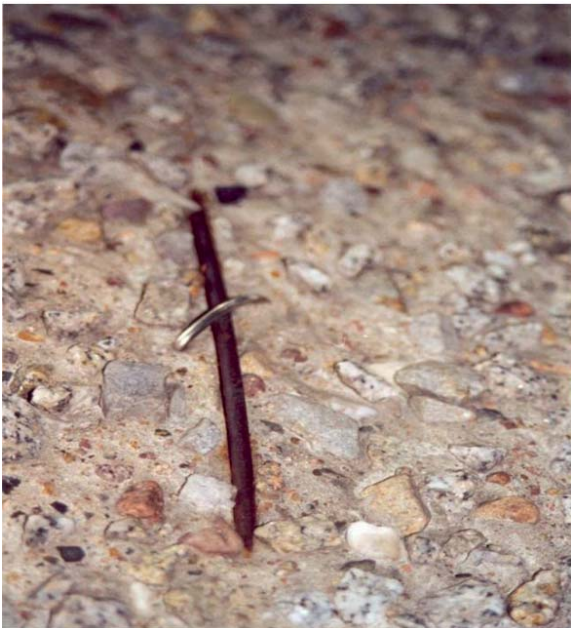
Badania i ekspertyzy stanu technicznego obiektów wykonanych z płyt wielowarstwowych wykazują źródła problemu, na który składają się:

Błędy popełniane podczas produkcji:

- stosowanie mieszanek o nieodpowiedniej urabialności,
- wykorzystanie cementu niedostosowanego do obróbki termicznej,
- zastosowanie złej jakości kruszywa, łącznie ze stosowaniem materiałów zawierających zbyt dużą ilość węgla lub siarki,
- niskiej jakości materiały termoizolacyjne,
- niewłaściwe lub niedostateczne zagęszczanie betonu,
- nieprawidłowy montaż siatek zbrojeniowych w elementach, łącznie z zastosowaniem niewłaściwych przekrojów i pogiętych prętów,
- niedokładne rozmieszczenie śrub i tulei oraz brak blach oporowych w gniazdach w płytach o montażu wymuszonym,
- zabetonowanie w czasie formowania elementów gniazd pętli montażowych,
- brak kontroli temperatury podczas obróbki cieplnej, łącznie ze zbyt wczesnym wywożeniem prefabrykatów na stanowiska,
- rozformowywanie prefabrykatów o niedostatecznej wytrzymałości.



Rys. 8. Ślady korozji
(www.thelinked.nspace.pl)



Rys. 9. Niedostateczna otulina
(www.thelinked.nspace.pl)



Rys. 10. Wady w złączach elementów ściennych
(www.thelinked.nspace.pl)

Błędy montażowe:

- łączenie w węźle płyt o różnej grubości,
- przesunięcie osi elementów prefabrykowanych,
- pochylenie osi elementów prefabrykowanych,
- niewłaściwe wypełnienie spoin na styku prefabrykatów.

Wnioski

Jak wynika z powyższych przykładów, problem wzmocnienia elementów wielkopłytowych nie tylko istnieje, ale stale będzie narastał. Istotne jest jednak to, że świadomość zarządców, co do sposobu realizacji wzmocnień jest bardzo mała, często sterowana przez tzw. ekspertów, nie do końca zorientowanych w celowości i możliwości wykonania wzmocnienia. W większości przypadków prace naprawcze ograniczają się do drobnych poprawek podczas remontów bieżących, a jedynie incydentalnie istnieje konieczność poważniejszych napraw związanych ze wzmocnieniem wadliwych ele-

mentów. Niemniej jednak wszystkie prowadzone (również planowane) prace remontowe powinny zostać poprzedzone oceną występujących uszkodzeń, dokonaną przez osobę posiadającą do tego odpowiednie kwalifikacje. Prace remontowe muszą być także wykonane nie tylko zgodnie ze sztuką budowlaną, ale również stosownie do specyfiki systemu wielkopłytowego, ma to szczególne znaczenie przy zastosowaniu nowych materiałów i technologii napraw (www.przegladbudowlany.pl).

Wady istnieją nie tylko w starych ale też i w nowo powstających budynkach. Trzeba dołożyć wszelkich starań aby polepszać i usprawniać proces wznoszenia budynków, przyczyniając się do minimalizacji wad i niedoskonałości powstałych w trakcie prac wykonawczych. Budynki wielkoblokowe a w szczególności wielkopłytowe powinne być remontowane według obecnej sztuki budowlanej, ich wady eliminowanie w możliwie najlepszy sposób. Ze względu na świadomość ich stanu powinne przechodzić dość częste i regularne kontrole stanu technicznego.

Bibliografia:

1. Dębowski J., *Typowe uszkodzenia w budynkach wielkopłytowych*, Politechnika Krakowska 2005
2. http://www.architekturaegiptu.info/poczatki-budownictwa.html
3. http://polskieforumbudowlane.pl/forums/topics/view/
4. JC MacKay D., *Zrównoważóna energia- Bez pary w gniazdkach*, Cambridge 2009
5. Laskowski L., *Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008
6. Jura J.*, Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym*, Politechnika Częstochowska 2013
7. Żurawski J.*, Budownictwo energooszczędne i pasywne,* Materiały Budowlane 2009,
8. Owadowicz M., *Dom tradycyjny czy nowoczesny*, Murator 1/2014
9. Mirski Jarosław Z., Łącki Krzysztof, *Budownictwo z technologią 2,*WSIP, Warszawa 1998
10. http://www.izolacje.com.pl/artykul/id1051,wykorzystanie-w-budownictwie-metody-termowizji-w-podczerwieni?p=2
11. http://www.euroinfrastructure.eu/finanse-i-prawo/bedzie-wiecej-energooszczednych-budynkow/
12. http://www.przegladbudowlany.pl/2012/10/2012-10-PB-25-32_debowski.pdf
13. http://www.thelinked.nspace.pl/kotwak2/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=59

Liczba znaków ze spacjami: 20 092

PRZEBUDOWA TRADYCYJNA CZY PASYWNA? ANALIZA EKONOMICZNA INWESTYCJI POLEGAJĄCEJ NA PRZEBUDOWIE ISTNIEJĄCEGO BUDYNKU JEDNORODZINNEGO Z DOSTOSOWANIEM JEGO PARAMETRÓW DO WYMOGÓW BUDYNKU PASYWNEGO

Bartosz Zegardło, Mateusz Marczuk, Bogusława Olszewska
Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej
Wydział Nauk Ekonomicznych i Technicznych, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska
e-mail: matthewmarczuk@gmail.com

Streszczenie
Artykuł przedstawia analizę ekonomiczną przebudowy budynku wykonanego w technologii tradycyjnej na budynek spełniający wymogi domu pasywnego.
Podstawą analizy ekonomicznej był istniejący budynek jednorodzinny, który został przebudowany w stanie surowym według projektu architektoniczno-budowlanego wykonanego przez architekta. Materiały budowlane zasugerowane przez projektanta nawiązujące do budownictwa tradycyjnego zostały na potrzeby analizy zmienione na te odpowiadające obiektom energooszczędnym. Symulacja taka pozwoliła na analizę różnic w kosztach inwestycyjnych. Na przykładzie tego samego budynku przeprowadzono symulację oszczędności kosztów energii grzewczej. Podjęte zagadnienie zobrazowane zostało przy użyciu prostego, a zarazem kluczowego programu heatMaster, w którym przedstawiono różnice kosztów zużycia energii cieplnej w odniesieniu do kolejnych lat użytkowania obiektu. Z porównania przeprowadzonych obliczeń i analiz wyciągnięto wnioski mówiące o zwrocie poniesionych kosztów z oszczędności w okresie około 15 lat.

Słowa kluczowe: przebudowa, budownictwo tradycyjne, pasywne, straty energii, analiza ekonomiczna

Wstęp

Przebudowa budynku jednorodzinnego stanowi kosztowną inwestycję. Tradycyjnie miała ona na celu głównie polepszenie warunków mieszkalnych oraz podyktowana była względami estetycznymi. Obecne technologie stosowane w budownictwie poza powyższymi pozwalają również np. obniżyć koszty eksploatacji obiektu. Zastosowanie nowych systemów izolacji cieplnych, rekuperacji, odzysku ciepła sprawiają że coroczne wydatki na ogrzewanie mogą być mniejsze o kilkadziesiąt procent. Decyzja o rozbudowie czy przebudowie budynku nie jest zatem łatwa i ponosi za sobą szereg decyzji które wiążą się z odpowiednim wyborem materiałów użytych podczas prac budowlanych.

Celem niniejszej pracy jest próba prostej analizy ekonomicznej dwóch wariantów przebudowy domu jednorodzinnego - tradycyjnej oraz pasywnej. Umożliwi ona przyszłym inwestorom podjęcie decyzji w wyborze planowanej technologii podczas przebudowy ich obiektów.

Budownictwo tradycyjne

Powszechnym sposobem budowy był system masywnych ścian nośnych, ale już pod koniec XIX wieku zaczęto dążyć do oddzielenia funkcji nośnej i funkcji wypełnieniowej, choć początkowo tylko w formie nośnych filarów z cegieł o większej nośności oraz stref okiennych o lepszych właściwościach izolacyjnych. Ściany najstarszych budynków wykonane są z muru z cegieł i łupanego kamienia. W późniejszych okresach kamień stosowany był tylko do wykonywania części budynków, które uważano za mniej ważne – zazwyczaj suteren, zaś ściany na górnych piętrach murowane były z palonych cegieł pełnych lub pustaków, cegieł otworowych, bloczków z lekkich betonów (zazwyczaj z żużlobetonu lub pumeksu hutniczego) oraz pustaków (Jura, 2013).

W latach 70 nowoczesność (pod politycznym hasłem: budujemy nową Polskę) była promowana w katalogach nowoczesnych budynków typowych metodami administracyjnej reglamentacji. Często obecna w naszym krajobrazie „polska kostka" z balkonami to powszechna, z reguły prymitywna interpretacja narzucanych administracyjnie wzorów. Rozpowszechnianie nowoczesności wiązało się, niestety, z pogardą dla biednej przeszłości. Słomiane dachy, drewniane ściany miały prawo istnieć jedynie w skansenach. W latach 60. i 70. nie przywiązywano większej uwagi do jakości wykonania, ani parametrów cieplnych materiałów stosowanych do budowy domu. Powodem tego było brak znaczenia ilości energii zużywanej do ogrzewania, ponieważ była ona tania (Owadowicz, 2014).

Budownictwo tradycyjne przedstawia wykonawstwo robót budowlanych metodami stosowanymi powszechnie i od dawna. Bryły budynków były „proste". Wykonywane z podpiwniczeniem lub bez, z poddaszami raczej nieużytkowymi. Brakowało w nich izolacji termicznej poziomej (brak wykonania podłogi pływającej, czy też wykonania izolacji termicznej podłogi na gruncie), a także izolacji pionowej na ścianach zewnętrznych. Istotne było także ocieplenie poddaszy, które były wykonane przede wszystkim z polepy.

Z perspektywy dzisiejszych czasów zastosowanie takich rozwiązań jest ogromną stratą ciepła co za tym idzie ogromnymi kosztami ekonomicznymi ocieplanego budynku (Jura, 2013).

Budownictwo pasywne

Wzrost świadomości ludzkiej doprowadził do zwiększenia zapotrzebowania na budynki energooszczędne oraz przyjazne środowisku. Przyczynił się do tego także wzrost cen nośników energii. Ponieważ budownictwo jest jednym z głównych użytkowników energii, dąży się do polepszenia standardu energetycznego nie tylko budynków, które mają zostać wybudowane, ale również już istniejących (Żurawski, 2009).

Budynek pasywny to nowa idea w podejściu do oszczędzania energii we współczesnym budownictwie. Jej innowacyjność przejawia się w tym, że skupia się ona przede wszystkim na poprawie parametrów, elementów i systemów istniejących w każdym budynku, zamiast wprowadzania dodatkowych rozwiązań. Dzięki temu, poza zmniejszeniem zapotrzebowania na energię do ogrzewania, uzyskujemy podniesienie jakości i trwałości budynku, a tym samym zwiększenie wartości rynkowej. Podstawową, niezaprzeczalną zaletą budownictwa pasywnego jest to, że nie odcina się od budownictwa tradycyjnego, lecz korzysta ze sprawdzonych technologii. Nie wymaga więc wprowadzania i testowania nowych materiałów. Nie wymaga kosztownych badań. Nie tworzy nowych typów architektury, które mogłyby stanowić dysonans w zestawieniu z istniejącą zabudową. Co więcej, koncepcja budynku pasywnego w sposób naturalny łączy się z kwestią wykorzystywania odnawialnych źródeł energii. Budynki te wykazują dużo mniejsze zapotrzebowanie na energię niż budynki tradycyjne. Dzięki temu maleją koszty zastosowania takich rozwiązań jak pompy ciepła, kolektory słoneczne czy gruntowe wymienniki ciepła. Mniejsze i tańsze instalacje tego typu są w stanie pokryć całe zapotrzebowanie budynku na ciepło. Niewielkie zapotrzebowanie na ciepło, które dodatkowo pokrywane jest przy pomocy alternatywnych źródeł energii, pozwala zmniejszyć emisję szkodliwych gazów i tym samym chronić środowisko naturalne (MacKay 2009).

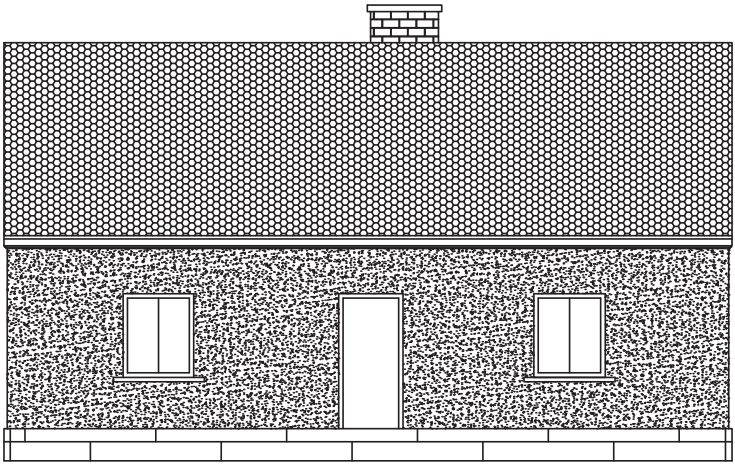
Przedstawienie analizowanej sytuacji

Analiza ekonomiczna przedstawiona w pracy wykonana została na podstawie budynku mieszkalnego jednorodzinnego usytuowanego w miejscowości Mordy o wymiarach przed rozbudową 9,27x11,21m o kubaturze 260m^3. Budynek w stanie pierwotnym wykonany został w technologii tradycyjnej z lat 60. Jest niepodpiwniczony, zawiera wentylacje grawitacyjną. Wykonany z bloczków betonu lekkiego (komórkowego). Nie posiadał izolacji termicznej ścian zewnętrznych oraz poddasza. Dach o konstrukcji drewnianej, dwuspadowy. Do budynku doprowadzona jest instalacja wodociągowa (zimna woda), energetyczna i kanalizacyjna. Stolarka okienna i drzwiowa drewniana, dwuszybowa. Do ogrzania budynku służył kocioł starego typu na paliwa stałe, drewno i węgiel.

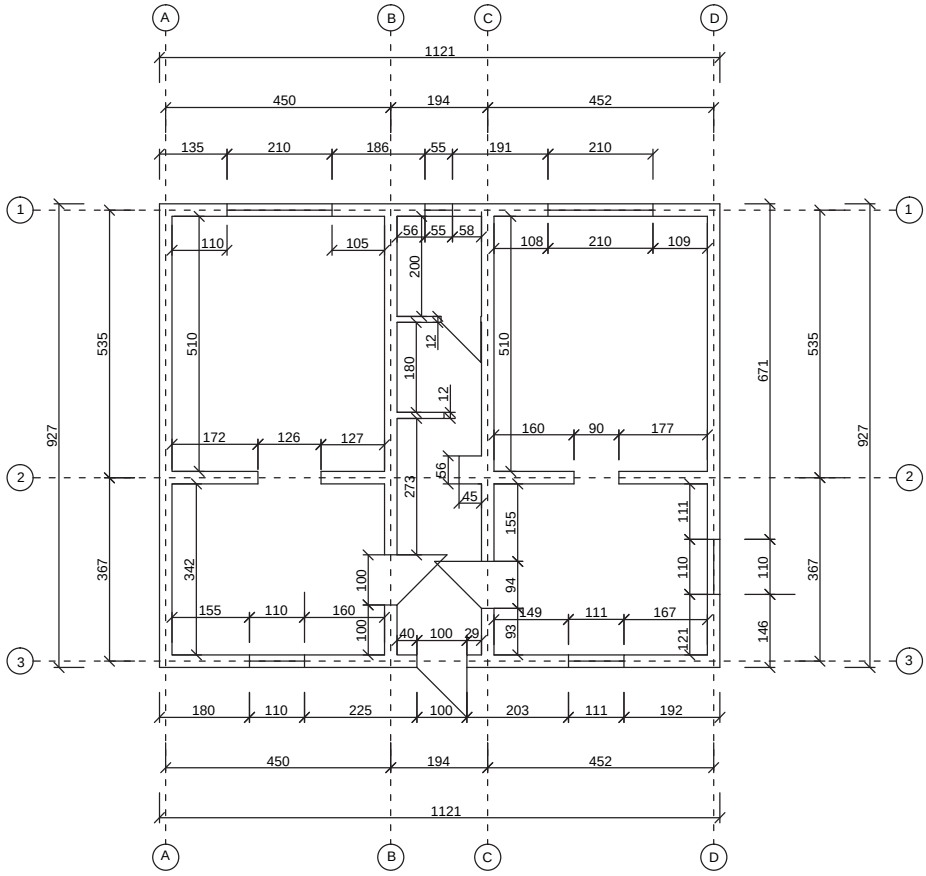
Na zdjęciu poniżej przedstawiony został wygląd i stan budynku przed rozbudową. Następnie obiekt po inwentaryzacji w programie AutoCad.



Rys. 1. Zdjęcie budynku przed rozbudową
(Projekt budowlany rozbudowy budynku mieszkalnego jednorodzinnego wykonany przez pracownię inżynierską Bartosz Marek Zegardło)



Rys. 2. Elewacja północna przed rozbudową wykonana w programie AutoCad
(Projekt budowlany rozbudowy budynku mieszkalnego jednorodzinnego wykonany przez pracownię inżynierską Bartosz Marek Zegardło)

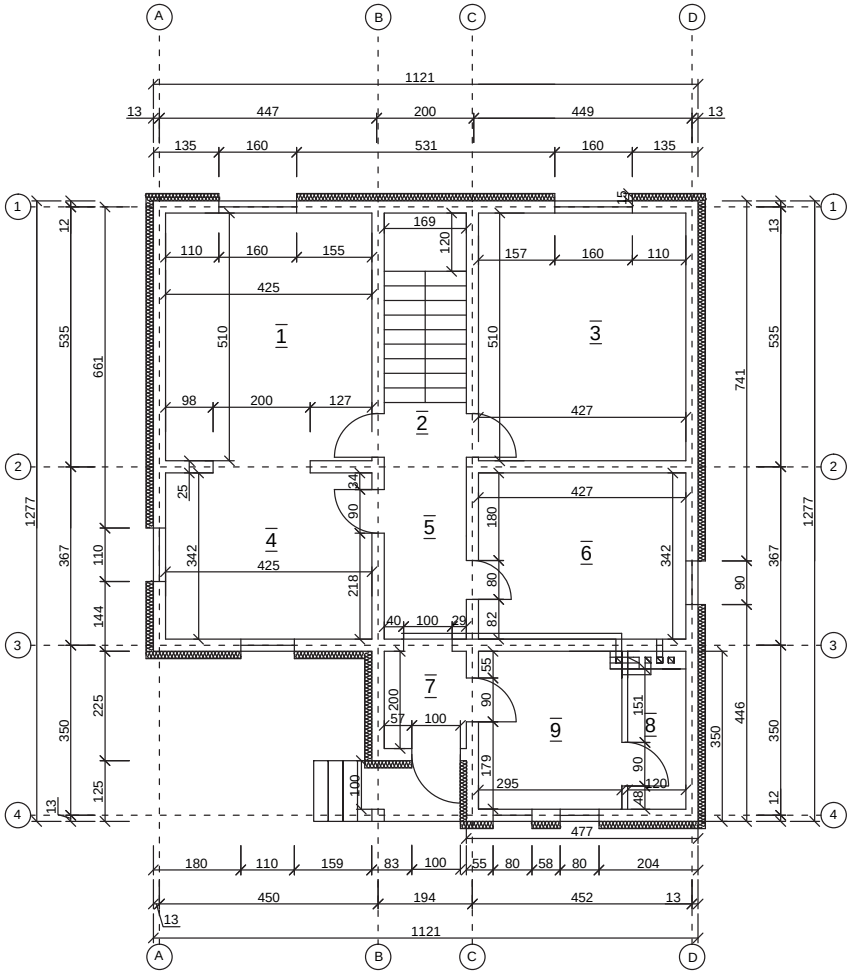


Rys. 3. Rzut parteru przed rozbudową wykonana w programie AutoCad. (Projekt budowlany rozbudowy budynku mieszkalnego jednorodzinnego wykonany przez pracownię inżynierską Bartosz Marek Zegardło)

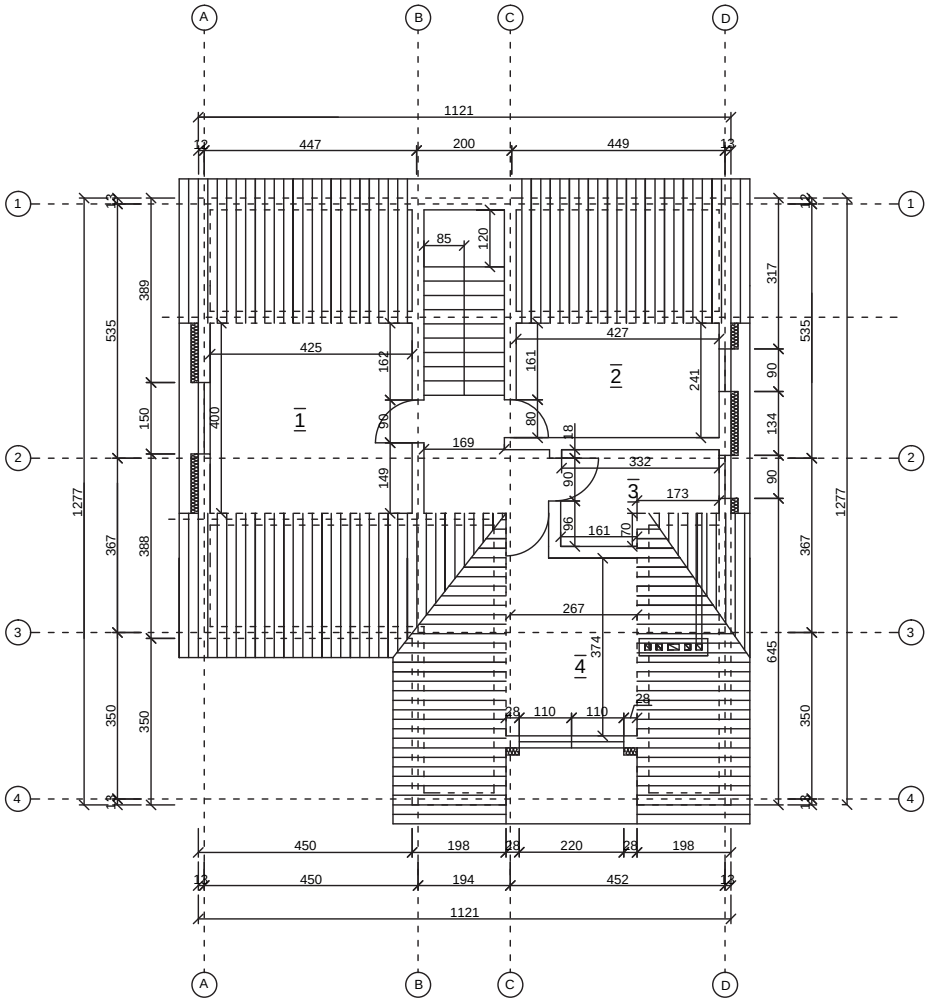
Wykonano ekspertyzę techniczną, która uzasadniła techniczną możliwość przebudowy z rozbudową. Na rysunkach poniżej wykonanych w programie AutoCad przedstawiony został wygląd i stan budynku po rozbudowie. Ostatecznie zatwierdzona przez inwestora forma budynku.



Rys. 4. Elewacja północna po rozbudowie wykonana w programie AutoCad (Projekt budowlany rozbudowy budynku mieszkalnego jednorodzinnego wykonany przez pracownię inżynierską Bartosz Marek Zegardło)



Rys. 5. Rzut parteru po rozbudowie wykonany w programie AutoCad (Projekt budowlany rozbudowy budynku mieszkalnego jednorodzinnego wykonany przez pracownię inżynierską Bartosz Marek Zegardło)



Rys. 6. Rzut poddasza po rozbudowie wykonany w programie AutoCad (Projekt budowlany rozbudowy budynku mieszkalnego jednorodzinnego wykonany przez pracownię inżynierską Bartosz Marek Zegardło)

Stan budynku podjęty do analizy (rysunki powyżej) został wykonany w tradycyjnej technologii murowej (betonu lekkiego-komórkowego) ze stropem żelbetowym i poddaszem użytkowym. Kształt dachu o konstrukcji tradycyjnego wiązara płatwiowo kleszczowego o dużym spadku. Rozbudowa zwiększyła budynek do wymiarów 12,8x11,21x8,3m i kubatury 1100m^3. Z uwagi na niepodpiwniczenie zaprojektowano izolację podłogi na gruncie, a także izolacje termiczną ścian zewnętrznych oraz poddasza. Po rozbudowie, do ogrzania powierzchni użytkowej oraz wody założono nowoczesny kocioł na paliwo stałe, z układem wentylacji grawitacyjnej. Stolarka okienna zostanie wymieniona na nowoczesną dwuszybową PVC z drzwiami antywłamaniowymi (Zegradło).

Istotnymi parametrami technicznymi budynku po rozbudowie są;
Powierzchnia zabudowy budynku: 127,7 m^2
Powierzchnia użytkowa budynku: 148,4 m^2

Zaproponowane rozwiązania termomodernizacyjne.

W projekcie wykonanym przez architekta zaproponowano następujące rozwiązania termomodernizacyjne:

- Rozwiązanie zaprojektowane;
- Izolacja termiczna poddasza: wełna mineralna 20cm
- Izolacja termiczna ścian zewnętrznych: styropian 15cm
- Izolacja podłogi na gruncie: styropian 5 cm
- Wentylacja grawitacyjna
- Kocioł na paliwo stałe (węgiel)

Jako rozwiązanie alternatywne prowadzące do spełnienia wymogów obiektu pasywnego zaproponowano;

- Izolacja termiczna poddasza: wełna mineralna 40cm
- Izolacja termiczna ścian zewnętrznych: styropian 30cm
- Izolacja na gruncie: styropian 10cm
- Wentylacja mechaniczna (standard pasywny)
- Pompa ciepła
- Kolektory próżniowe 5m^2

Analiza ekonomiczna zaproponowanych rozwiązań

Przebudowa wykonana rozwiązaniem tradycyjnym podanym w punkcie 3 z uwagi na koszty materiałów będzie o wiele tańsza. Przedstawia to wykonany wstępny kosztorys poniesionych nakładów finansowych użytych materiałów izolacyjnych założonych w rozwiązaniu tradycyjnym jak i pasywnym.

Wykonanie wstępnego kosztorysu nakładów finansowych użytych materiałów;

Rozwiązanie tradycyjne

Tab. 1. Zestawienie materiałów użytych do proponowanego rozwiązania tradycyjnego

	Materiał	Grubość izolacji [m]	Pole pow. [m^2]	Cena [zł]	Suma [zł]
Izolacja ścian zewnętrznych	styropian	0,15	216	180	6480
Izolacja poddasza	wełna mineralna	0,20	175	240	3150

Izolacja na gruncie	styropian	0,05	113	160	1130
Kocioł na paliwo stałe+ instalacja	węgiel	-	-	-	15000
Stolarka okienno-drzwiowa	PCV	-	-	-	6950
				suma	**32 710**

Rozwiązanie pasywne

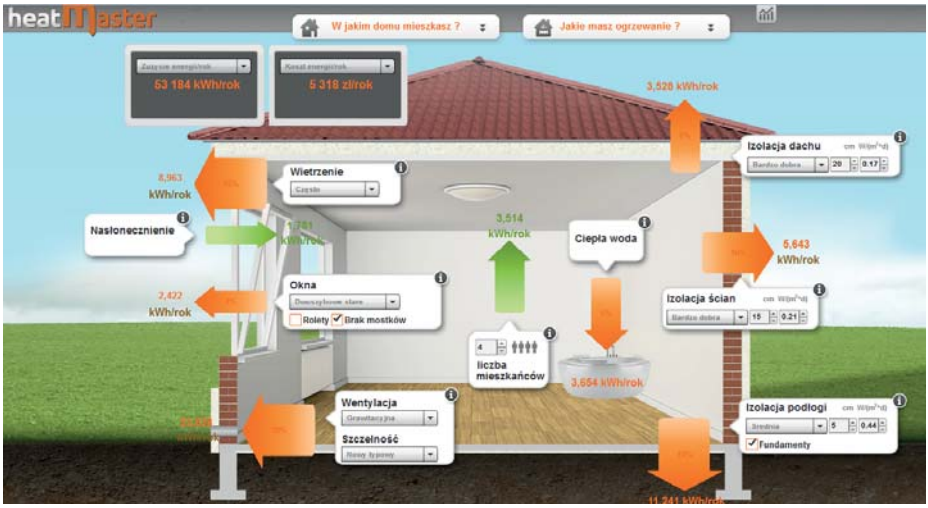
Tab. 2. Zestawienie materiałów użytych do proponowanego rozwiązania pasywnego

	Materiał	**Grubość izolacji [m]**	**Pole pow [m^2]**	**Cena [zł]**	**Suma [zł]**
Izolacja ścian zewnętrznych	styropian	0,10 0,20	216 216	180 240	14256
Izolacja poddasza	wełna mineralna	0,40	175	240	16800
Izolacja na gruncie	styropian	0,10	113	260	2938
Pompa ciepła + kolektory słoneczne 5m^2	-	-	-	19300 +6220	25520
Stolarka okienno-drzwiowa 3 szybowe	PVC	-	-	-	11300
Wentylacja mechaniczna		-	-	-	12000zł
				suma	**82 814zł**

Różnica pomiędzy nakładami finansowymi materiałów wyniosła 50 104 zł

W analizie ekonomicznej zużycia energii należy wziąć pod uwagę koszt ogrzania budynku wykonanego w obydwu rozwiązaniach. Określenie tych wartości przeprowadzono w prostym w obsłudze, kalkulatorze heatMaster, który wizualizuje utratę ciepła przez dom. Modyfikując izolację, sposób wentylacji i ogrzewania oraz inne elementy konstrukcji założonych w punkcie 3 uzyskano zużycie energii na ogrzewanie w skali roku.

W przypadku rozwiązania zaprojektowanego przez architekta koszt energii w skali roku wyniósł 5 318 zł, przy 53 184 kWh/rok. W pasywnym rozwiązaniu wyszedł znacznie mniejszy 1 915 zł, przy 11 537 kWh/rok.



Rys.7. Rozwiązanie zaprojektowane przez architekta
(zrzut ekranu z kalkulatora obliczeniowego heatMaster)



Rys.8. Rozwiązanie alternatywne
(zrzut ekranu z kalkulatora obliczeniowego heatMaster)

Wnioski

Dodatkowy kosz poniesiony na inwestycje w celu dostosowania wymogów budownictwa pasywnego wyniósł 50 104zł. Należy pamiętać jednak, że zastosowanie rozwiązania pasywnego doprowadziło do zmniejszenia kosztów eksploatacji budynku.

Zatem można przenieść to na sprawdzenie po jakim okresie zostanie zwrócona nadwyżka inwestycji. Prosty rachunek na podstawie kalkulatora heatMaster wykazuje oszczędność 3403zł. Analizowanie uzyskanych wyników dwóch wariantów rozwiązań pokazuje, ze koszt nadwyżki zwróci się po 15 latach. Jest to długi okres czasu w którym mogą wystąpić prace modernizacyjno-naprawcze. Aby powstawało coraz więcej domów pasywnych należy zmniejszyć czas zwrotu nadwyżki inwestycji co za tym idzie musi pojawić się różnorodność cen materiałów.

Współczesne domy mają znacznie wyższy standard izolacji niż te z lat 60. Niemniej jednak, standardy budynków mogłyby być jeszcze wyższe, co pokazuje podjęta analiza. Trzy kluczowe idee dające najlepsze efekty to:

- gruba warstwa izolacyjna w podłodze, ścianach i dachach,
- pełne uszczelnienie budynku z zapewnieniem aktywnej wentylacji,
- takie zaprojektowanie budynku, by wykorzystywał światło słoneczne w możliwie najwyższym stopniu.

Z biegiem czasu i wprowadzania nowych przepisów coraz bardziej popularne staje się budownictwo energooszczędne oraz pasywne, które jest bardziej ekonomiczne ale przede wszystkim również ekologiczne. Obecny rachunek ekonomiczny wykazujący zwrot kosztów inwestycji po 15 latach nie jest przekonywujący. Przy pojawieniu się na rynku materiałów oraz systemów bardziej wydajnych a przy tym tańszych, znacznie większa liczba inwestorów zdecyduje się na przebudowę pasywną.

Bibliografia:

1. Projekt budowlany rozbudowy budynku mieszkalnego jednorodzinnego wykonany przez pracownię inżynierską Bartosz Marek Zegardło
2. Program heatMaster http://eko.org.pl/energia/heatmaster/
3. JC MacKay D., *Zrównoważóna energia- Bez pary w gniazdkach,* Cambridge 2009
4. Laskowski L., *Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008
5. Jura J., *Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym,* Politechnika Częstochowska 2013
6. Żurawski J., *Budownictwo energooszczędne i pasywne*, Materiały Budowlane 2009, Michał Owadowicz, *Dom tradycyjny czy nowoczesny,* Murator 1/2014

Liczba znaków ze spacjami: 21 963

NOWOCZESNE METODY OCIEPLANIA ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH NA PRZYKŁADZIE DOMU JEDNORODZINNEGO

Agnieszka Karwacka, Ewelina Kościuk, Klaudia Lubańska
Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej
Wydział Nauk Ekonomicznych i Technicznych, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska
email: kosciukewelina@gmail.com, a.karwacka@dydaktyka.pswbp.pl

Streszczenie
Celem niniejszej pracy jest zaprezentowanie nowoczesnych materiałów i metod do ocieplania ścian zewnętrznych.
W pierwszej części „Wiadomości ogólne" zawarty jest opis metod zewnętrznego ocieplania ścian budynku, które można podzielić na trzy grupy sposób z zastosowaniem płyt izolacyjnych, sposób wykorzystujący materiały sypkie oraz sposób z użyciem tynków ocieplających. Ocieplanie ścian przy użyciu płyt izolacyjnych w Polsce dzieli się na: metody lekkie mokre, metody lekkie suche i metody ciężkie mokre. Wyróżnia się ponadto metodę ciężką suchą, ale zaliczana jest do tzw. systemów fasady wentylowanej (Gaczek, 2004). W części tej znajdują się również nowe zespolone technologie, czyli beton komórkowy, dotychczas znany Hotblok oraz pustak z wełna mineralna w środku, który wykorzystany będzie do obliczeń.
W drugiej części „Obliczenia" znajduje się z analiza porównawcza oraz obliczenia współczynników przenikania ciepła U dla ścian ocieplanych tradycyjnie i nowocześnie.

Słowa kluczowe: metoda ocieplenia ścian, strata ciepła, wsp. U

Wstęp

Ściany zewnętrzne budynku powinny być tak zaprojektowane, aby warstwy najbardziej narażone na dyfuzję pary wodnej znajdowały się najbliżej wnętrza. W takim układzie warstw para wodna może wydostawać się ze ściany w takiej samej ilości, jakiej napływa. W ścianach jednorodnych materiałowo izolacyjność cieplna uzyskiwana jest przez odpowiednią grubość ściany. Do wykończenia elewacji należy zastosować zaprawę tynkarską o wysokiej paroprzepuszczalności. Ściany dwuwarstwowe ocieplane w technologii „lekkiej-mokrej" narażone na zawilgocenie są w zewnętrznej warstwie tynku elewacyjnego, warstwa ta powinna posiadać dużą odporność na mróz. Natomiast w ścianie trójwarstwowej stosuje się wentylowaną pustkę powietrzną, aby zapobiec nadmiernemu zawilgoceniu ściany. Pustka powietrzna wentylowana jest za pomocą otworów nawiewnych umieszczonych w pierwszej warstwie cegieł elewacyjnych oraz otworów wywiewnych przy warstwie ostatniej, czyli pod okapem (Markiewicz, 2011).

Podział ścian zewnętrznych w budynku:

- nośne (konstrukcyjne) – odbireają i przenoszą obciążenia pionowe: ciężar dachów, stropów, ciągu pieszego (ludzie, neble itd.), balkonów oraz ciężaru stojących na ścian wyższych kondygnacji i poziome powstające wskutek wiatru i parcia masy ziemi na ściany piwniczne oraz przekazują je na ławy fundamentowe.
- nienośne (osłonowe) – przenoszą tylko swój ciężar oraz tynk i czasami powłokę malarską, mogą również pełnić rolę dodatkowego usztywnienia.

Nowoczesna ściana zewnętrzna, spełniająca wymogi ochrony cieplnej, składa się z następujących warstw:

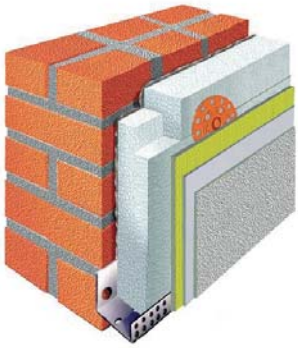
- wykończenie wewnętrzne – płyty gipsowo-kartonowe bądź tynki wykonywane na mokro.
- warstwa nośna (konstrukcyjna) – konstrukcja stalowa lub drewniana, żelbet, pustaki, cegły.
- warstwa izolacyjna (paroizolacja, izolacja termiczna) – styropian, wełna mineralna mogą być także pustaki z ceramiki poryzowanej lub bloczki z betonu komórkowego.
- zewnętrzna warstwa okładzinowa – tynk zewnętrzny, okładziny elewacyjne bądź oblicówka ceglana (Markiewicz, 2011).

Metody ocieplania ścian zewnętrznych

Sposoby ocieplania ścian zewnętrznych budynku można podzielić na trzy grypy: sposób z zastosowaniem płyt izolacyjnych, sposób wykorzystujący materiały sypkie oraz sposób z użyciem tynków ocieplających. Ocieplanie ścian przy użyciu płyt izolacyjnych w Polsce dzieli się na: metody lekkie mokre, metody lekkie suche i metody ciężkie mokre. Wyróżnia się ponadto metodę ciężką suchą, ale zaliczana jest do tzw. systemów fasady wentylowanej (Gaczek, 2004).

Metoda lekka-mokra

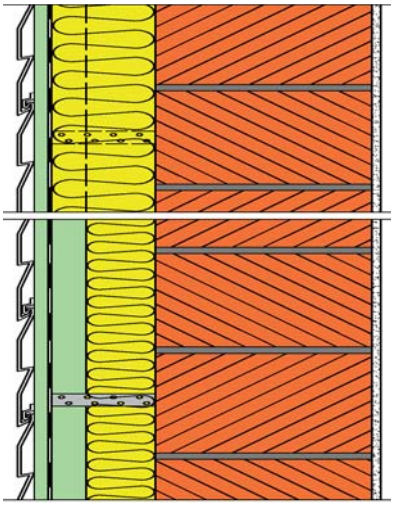
Metoda lekka-mokra jest przeważającym sposobem ocieplania budynku. Realizacja ocieplenia polega na mechanicznym przymocowaniu do ścian materiału termoizolacyjnego (płyty styropianowej lub wełny mineralnej) grubości zależnej o rodzaju ocieplanej ściany. W następnej kolejności pokryciu go powłoką zewnętrzną, czyli warstwą zbrojoną lub tkaniną szklaną zatopioną w kleju oraz cienkowarstwową wyprawą tynkarską (mineralną lub akrylową) lub okładziną ceramiczną (Rys. 1). Systemy wykorzystujące tą metodę można podzielić na kilka typów: typu Ia; Ib; II, III, IV, V, VI. Minusem tej metody jest mała odporność na uszkodzenia mechaniczne. Plusem jest niska cena i duża skuteczność ochrony termicznej.



Rys. 1. Ocieplenie ściany metodą lekką – mokrą

Metoda lekka-sucha

W metodzie lekkiej-suchej przegrody ociepla się nie stosując na budowie prac mokrych (brak udziału zapraw, klejów i wody). Wszystkie warstwy mocowane są mechanicznie. Ocieplenie wykonuje się przez przymocowanie do ścian budynku słupów lub rusztu drewnianego bądź metalowego, między elementami rusztu ułożeniu materiału termoizolacyjnego. W tej metodzie preferowana jest wełna mineralna, która jest sprężysta dzięki czemu idealnie dopasowuje się do wolnych przestrzeni i nierówności. Styropian w tym przypadku jest pomijany ze względu na brak elastyczności. Ruszt stanowiący układ nośny systemu, może być oddalony od ściany lub bezpośrednio do niej przylegać, dzięki zastosowaniu elementów dystansowych (Rys. 2.) (Gaczek, 2004).

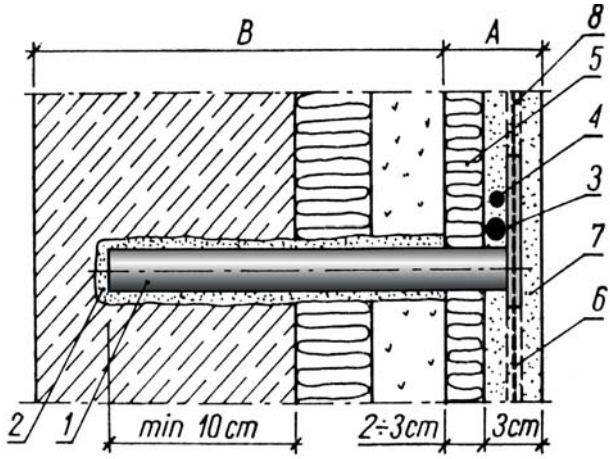


Rys. 2. Ocieplenie ściany metodą lekką suchą przy zastosowaniu drewnianego rusztu mocowanego do ściany za pomocą elementów dystansowych (Gaczek, 2004).

Okładziny elewacyjne mogą być wykonywane przy zastosowaniu paneli (np. siding), płyt włókno-cementowych, ceramicznych, elementów ze szkła. Siding może być wykonywany z elementów winylowych, stalowych lub aluminiowych mocowanych najczęściej pionowo. Metodę lekką suchą można układać o dowolnej porze roku oraz w dowolnych warunkach pogodowych (wyjątkiem są ulewy). Materiały nie są wrażliwe na mróz, ponieważ nie stosujemy zapraw, ani klejów wymagających wody.

Metoda ciężka mokra

Do metod tych zalicza się: metodę ocieplenia izolacyjnymi płytami i pokryciu ich tynkiem tradycyjnym na siatce metalowej oraz metodę ocieplenia płytami z osłonięciem ich przymurówka z cegieł. Metoda ta obecnie została zastąpiona metodą lekką mokrą (Gaczek, 2004).



Rys. 3. Schemat metody ciężkiej mokrej stosowanej przy remoncie budynków wielkopłytowych: A-warstwa zabezpieczająca, B- istniejąca ściana, 1-bolec kotwiący, 2-zaprawa cementowa, 3-pręt górny dolnej warstwy konstrukcyjnej, 4-pręt dolny górnej siatki konstrukcyjnej, 5-styropian, 6-siatka podtynkowa, 7-tynk gr.3cm, 8-pionowy pręt siatki konstrukcyjnej (Gaczek, 2004).

W metodzie tej ocieplenie mocowane jest za pomocą kotew stalowych, ponieważ warstwa ocieplenia posiada znaczny ciężar. W przypadku użycia wełny mineralnej należy zastosować szczelinę, gdyż dzięki niej możliwa będzie wentylacja. Następnie wełna mineralna jest wzmacniana siatką stalową, na której kładziony jest tynk (Gaczek, 2004).

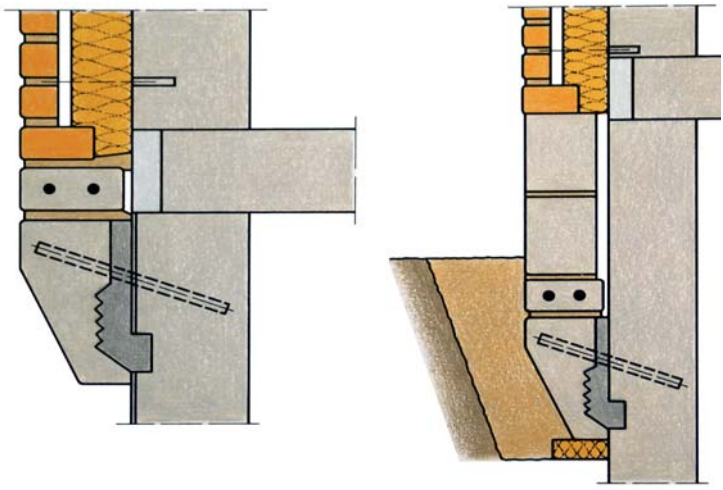
Ważną role przy ociepleniu ścian zewnętrznych budynku ma również materiał. Pośród materiałów izolacyjnych znajdziemy:

- ***wełna mineralna***, cechuje się niskim współczynnikiem przewodzenia ciepła i tłumi hałas, nie ulega rozkładowi pod wpływem wilgoci, nie wchłania wody, dzięki czemu jest odporna na rozwój pleśni i grzybów. Nie jest atakowana przez insekty i gryzonie

oraz odporna na ogień. Jest paroprzepuszczalna, nieszkodliwa dla ludzi i środowiska oraz wodoodporna, łatwo dopasowuje się do istniejących już elementów konstrukcyjnych. Płyty z wełny mineralnej są stabilne, nie zmieniają swoich kształtów i wymiarów podczas eksploatacji. Produkowana jest z kamienia bazaltowego i doprowadzana do formy płyty, filcu czy maty.

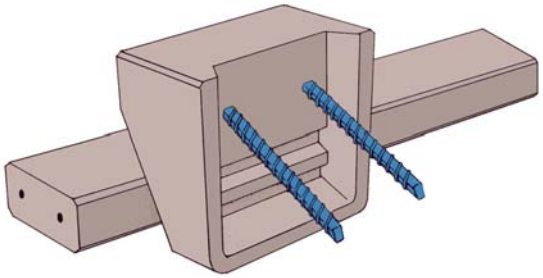
- ***styropian***, charakteryzuje się dobrymi właściwościami izolacyjnymi i odpornością na zmiany temperatury, pleśnie, grzyby i substancje chemiczne (oprócz rozpuszczalników organicznych). Jest materiałem, który nie pyli się, nie powoduje alergii oraz nie podrażnia oczu i skóry. Powstaje w procesie spieniania granulek polistyrenu. Jest lekki, posiada małą wartość współczynnika przewodzenia λ wynoszącą średnio 0,028 W/mK. Dzięki odpowiedniemu wykończeniu krawędzi płyt (np. wpust i pióro) uzyskuje się szczelne połączenie płyt bez mostków termicznych i przerw warstwy.

Docieplanie ścian zewnętrznych znacznie ogranicza straty ciepła nawet do 40%. Należy jednak pamiętać, że inaczej ociepla się stary budynek, a inaczej-nowo wybudowany. (Gaczek, 2004). Przykładem metody opierającej się na wymurowaniu ścianki licowej od strony zewnętrznej może być rozwiązanie pokazane na Rys. 4.



Rys. 4. Ściany ocieplane za pomocą płyt izolacyjnych i wymurowanie warstwy licowej (Gaczek, 2004).

Praktycznymi elementami tego systemu są osadzone wsporniki w ścianie zewnętrznej oraz podłużne belki nośne stanowiące oparcie dla ceramicznej ścianki osłaniającej izolacyjne płyty (Rys. 5.).

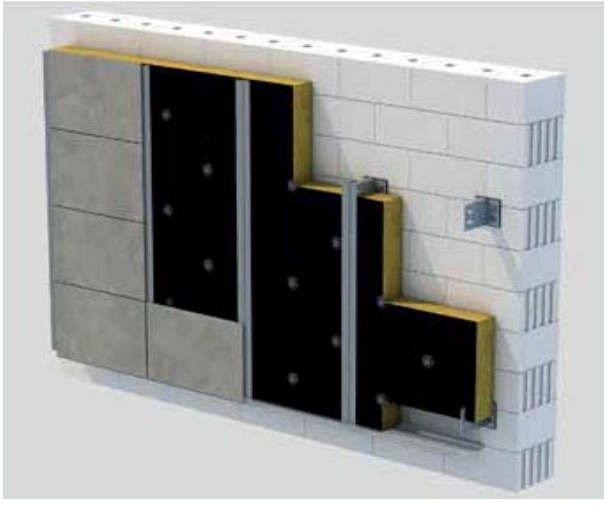


Rys. 5. Elementy podtrzymujące licową warstwę w metodzie ciężkiej ocieplania ścian (Gaczek, 2004).

Metoda ciężka sucha

Metoda ciężka sucha zawiera cięższe płyty kamienne lub szklane, jako warstwę osłonową, które są mocowane na profilach bądź na specjalnych elementach montażowych. Płyty z wełny mineralnej mocowane są mechanicznie do ściany nośnej. Dzięki izolacji umieszczanej po zewnętrznej stronie elewacji, budynek chroniony jest termicznie przez cały rok. Takie rozwiązanie eliminuje mostki termiczne związane na łączeniu ściany zewnętrznej ze stropem oraz redukuje wahania temperatury na przekroju konstrukcji (Ursa-„broszura).

Szczelina wentylacyjna pomiędzy warstwą elewacyjną a izolacją umożliwia zminimalizowanie przegrzewania przegrody w lecie, umożliwia stałą wentylację w przypadku wykroplenia lub przeniknięcia wody opadowej. Elewacje kamienne są fasadami otwartymi ze szczelinami pomiędzy poszczególnymi płytami, w których może być widoczna izolacja.



Rys. 6. Metoda ciężka sucha-izolacja fasady wentylowanej (Ursa- broszura).

Nowoczesne technologie systemowe

Beton komórkowy (H+H)

Beton komórkowy jest materiałem produkowanym ze spulchnionej zaprawy cementowo-wapiennej, cementowej lub wapiennej. Dzieli się go na: gazobeton, pianobeton oraz pianogazobeton. Betony komórkowe charakteryzuje lekkość, łatwość obróbki i murowania, a przede wszystkim wysoka izolacyjność termiczna λ=0,11-0,20 W/(mK), co umożliwia stosowanie tego materiału w ścianach o strukturze jednorodnej, warstwowej lub szczelinowej. Z betonu komórkowego można budować ściany osłonowe, działowe, nośne i samonośne, jest bardzo dobrym materiałem do wznoszenia ścian jednowarstwowych (Norma PN-EN ISO 6946). Przy wznoszeniu tych ścian należy zwrócić uwagę na izolację termiczną elementów konstrukcyjnych z betonu. Producenci betonu komórkowego, prócz bloczków do ścian jednowarstwowych, proponują kształtki U, płaskie belki nadprożowe oraz zaprawy cienkowarstwowe, które wchodzą w skład systemu. Zewnętrzne wykończenie ścian jednowarstwowych może być wykonane z tynków cementowo-wapiennych. Ściany jednowarstwowe z betonu komórkowego są odporne na działanie czynników atmosferycznych oraz cechuje się najwyższą klasą odporności ogniowej (Materiały Budowlane, 2012). Beton komórkowy jest materiałem porowatym, dlatego jest podatny na zawilgocenia. Cechuje się dużą wodoodpornością i paroprzepuszczalnością, szybko może ulec zawilgoceniu, ale równie szybko wysycha (Norma PN-EN ISO 6946).

Pustak z wełną mineralną w środku

Thermoziegel TV 7-Plan, TV8-Plan i TV 9-Plan są to innowacyjne ceramiczne pustaki z wkładem z wełny mineralnej. Nazwy odpowiadają współczynnikom przewodzenia ciepła, które wynoszą odpowiednio 0,07; 0,08 i 0,09 W/mK. Stosując materiał o tak niskim współczynniku λ, można uzyskać bardzo korzystny współczynnik przenikania ciepła U całego muru.

Przykładowa budowa ściany: zewnętrzny tynk cementowo-wapienny 10mm (0,82 W/mK), pustak Thermoziegel TV-7 Plan o szerokości 300mm (0,07 W/mK), wewnętrzny tynk cementowo-wapienny 10mm (0,82 W/mK) wynosi 0,23 W/m^{2}K. Natomiast zastosowanie tych samych materiałów, co w poprzednim przykładzie, lecz o zwiększonych grubościach: zewnętrzny tynk cementowo-wapienny 20mm (0,25 W/mK), pustak Thermoziegel TV-7 Plan o szerokości 365mm (0,07 W/mK), wewnętrzny tynk cementowo-wapienny 15mm (0,51 W/mK) można uzyskać zaledwie 0,18 W/m^{2}K (Ładny Dom, 2013).



Rys.7. Pustak ceramiczny z wełna mineralną w środku (www.dom.pl)

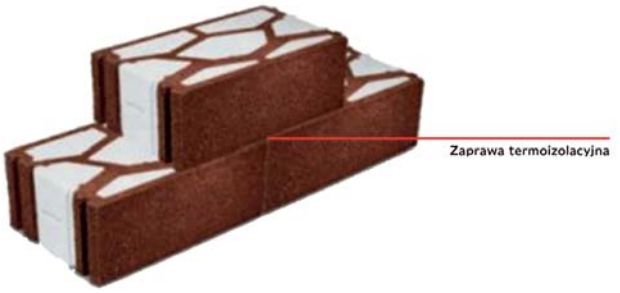
Pustak z wełną mineralną umożliwia osiągnąć energooszczędną ścianę i zmniejszyć wydatki na ogrzewanie. Poza tym, jest to zarówno element konstrukcyjny, jak i izolacyjny. Zamknięcie dwóch funkcji w jednym produkcie gwarantuje łatwość i szybkość montażu. Bloczki można przycinać i dopasowywać do kształtów ściany, ponieważ wypełnienie z wełny mineralnej zostało tak umieszczone w pustaku, aby nie ulegało zniekształceniom. Pustaki te, marki Röben są niepalne (klasa A1) (Ładny Dom, 2013).

Tab. 1. Specyfikacja-pustaki ceramiczne z wełną mineralną w środku (www.dom.pl)

Nazwa	λ- współczynnik przewodzenia ciepła [W/mK]	Gęstość objętościowa [kg/dm^3]	Wymiary (dł.x szer. x wys.) [mm]	Wytrzymałość na ściskanie [N/mm^2]	Zużycie na 1m^2 muru [szt.]	Zużycie na 1m^3 muru [szt.]
Termoziegel TV 7 – Plan	0,07	0,50	248x300x249 248x365x249	4,0 lub 6,0	16 16	54 44
Termoziegel TV 8 – Plan	0,08	0,55	248x300x249 248x365x249	4,0 lub 6,0	16 16	54 44
Termoziegel TV 9 – Plan	0,09	0,65	248x300x249 248x365x249	6,0	16 16	54 44

Hotblok

Hotblok, potocznie nazywany bloczkami keramzytobetonowymi z ociepleniem ze styropianu, produkuje się, jako bloczki keramzytowe, których komory podczas produkcji są wypełniane masą styropianową. Z bloczków tych można wznosić ściany jednowarstwowe, niewymagające ocieplenia. Powierzchnie Hotblok są wyprofilowane na zamek, podczas murowania wypełnia się go zaprawą cementową (Lichołai, 2010).



Rys. 8. Bloczek Keramzytowy z ociepleniem ze styropianu (www.ekobudowanie.pl)

Parametry produktu:

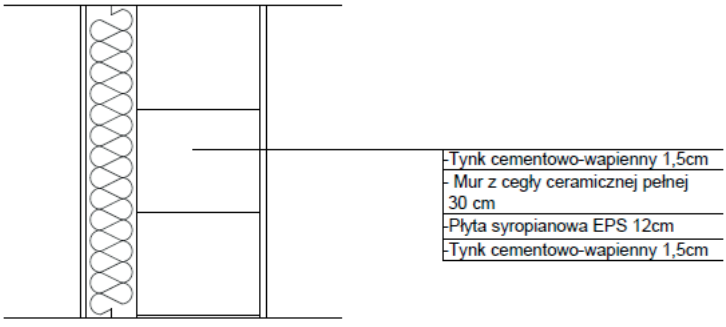
- współczynnik przenikania ciepła U – 0,15 W/m^{2}K
- wytrzymałość na ściskanie – 1,5 MPa
- absorpcja wody – poniżej 20%
- mrozoodporność – bloczki nie wykazują pęknięć i odprysków, ubytek masy: 0,3%
- materiał ognioodporny.

System ten umożliwia szybkie wybudowanie ciepłego i energooszczędnego domu (www.ekobudowanie.pl).

Obliczenia

Obliczenia cieplne

Współczynnik ciepła dla ściany ocieplanej metodą tradycyjną (U_{max}=0,25 W/m^{2}K od 01.01.2014)



Obliczenie współczynnika przenikania ciepła ściany trójwarstwowej
Oznaczenie symboli:

R_{si} – opór przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$

R_{se} – opór przejmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$

R_n – opór cieplny danej warstwy $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$

λ_n – obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła danej warstwy $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$

d_n – grubość danej warstwy $[m]$

u – współczynnik przenikania ciepła $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$

u_{max} – maksymalny współczynnik przenikania ciepła $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$

$$R_{si} = 0{,}13 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_{se} = 0{,}04 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

- tynk lub gładź cementowa

$$\lambda_1 = 1{,}000 \frac{W}{m \cdot K} \qquad d_1 = 0{,}015\ m \qquad R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0{,}015}{1{,}000} = 0{,}015 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

- mur z cegły ceramicznej pełnej

$$\lambda_2 = 0{,}770 \frac{W}{m \cdot K} \qquad d_2 = 0{,}30\ m \qquad R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0{,}30}{0{,}770} = 0{,}390 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

- płyta styropianowa EPS

$$\lambda_3 = 0{,}036 \frac{W}{m \cdot K} \qquad d_3 = 0{,}12\ m \qquad R_3 = \frac{d_3}{\lambda_3} = \frac{0{,}12}{0{,}036} = 3{,}333 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

- tynk lub gładź cementowa

$$\lambda_4 = 1{,}000 \frac{W}{m \cdot K} \qquad d_4 = 0{,}015\ m \qquad R_4 = \frac{d_4}{\lambda_4} = \frac{0{,}015}{1{,}000} = 0{,}015 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Opór całkowity ściany wynosi :

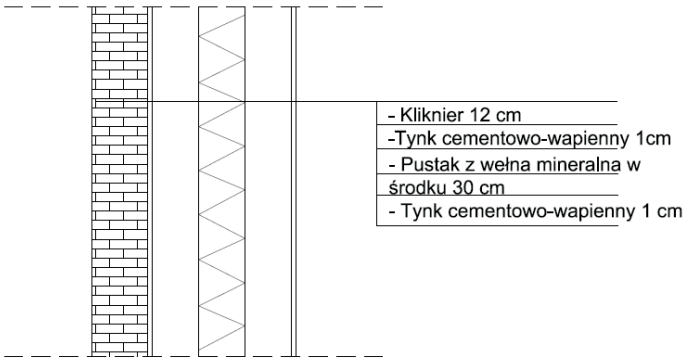
$$\sum R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{si} + R_{se} =$$

$$= 0{,}015 + 0{,}390 + 3{,}333 + 0{,}015 + 0{,}13 + 0{,}04 = 3{,}92 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Współczynnik przenikania ciepła ściany trójwarstwowej:

$$U = \frac{1}{\sum R} = \frac{1}{3{,}92} = 0{,}25\ \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Współczynnik ciepła dla ściany ocieplanej metodą nowoczesną. (U_{max}=0,25 W/m^{2}K od 01.01.2014)



Obliczenie współczynnika przenikania ciepła ściany trójwarstwowej
Oznaczenie symboli:

R_{si} – opór przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$

R_{se} – opór przejmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$

R_n – opór cieplny danej warstwy $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$

λ_n – obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła danej warstwy $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$

d_n – grubość danej warstwy $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$

u – współczynnik przenikania ciepła $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$

u_{max} – maksymalny współczynnik przenikania ciepła $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$

- klinkier

$$\lambda_1 = 0{,}37\ \frac{W}{m \cdot K} \qquad d_1 = 0{,}12\ m \qquad R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0{,}12}{0{,}37} = 0{,}324\ \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

- tynk cementowo-wapienny

$$\lambda_1 = 0{,}82\frac{W}{m\cdot K} \qquad d_1 = 0{,}01\ m \qquad R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0{,}01}{0{,}82} = 0{,}012\frac{m^2\cdot K}{W}$$

- pustak z wełna mineralna w środku

$$\lambda_1 = 0{,}070\frac{W}{m\cdot K} \qquad d_1 = 0{,}30\ m \qquad R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0{,}30}{0{,}070} = 4{,}28\frac{m^2\cdot K}{W}$$

- tynk cementowo-wapienny

$$\lambda_1 = 0{,}82\frac{W}{m\cdot K} \qquad d_1 = 0{,}01\ m \qquad R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0{,}01}{0{,}82} = 0{,}012\frac{m^2\cdot K}{W}$$

Opór całkowity ściany wynosi :

$$\sum R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{si} + R_{se} =$$

$$= 0{,}324 + 0{,}012 + 4{,}28 + 0{,}012 + 0{,}13 + 0{,}04 = 4{,}80\frac{m^2\cdot K}{W}$$

Współczynnik przenikania ciepła ściany trójwarstwowej:

$$\sum R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{si} + R_{se} =$$

$$= 0{,}324 + 0{,}012 + 4{,}28 + 0{,}012 + 0{,}13 + 0{,}04 = 4{,}80\frac{m^2\cdot K}{W}$$

Analiza porównawcza współczynników przenikania ciepła U dla ścian ocieplanych tradycyjnie i nowocześnie
(Norma PN-EN ISO 6946), (Dz.U. z dn. 15 czerwca 2002)

Ściana zewnętrzna				
Lp.	**Materiał**	**d[m]**	**λ[W/mK]**	**R[m²K/W]**
	Strona zewnętrzna			
1.	**Tynk lub gładź cementowa**	0,015	1,000	0,015
2.	**Mur z cegły ceramicznej pełnej**	0,300	0,770	0,390
3.	**Płyta styropianowa EPS**	0,012	0,036	3,333
4.	**Tynk lub gładź cementowa**	0,015	1,000	0,015
	Strona wewnętrzna			

Grubość: d=0,45 m

Całkowity opór: RT=3,92 m^2K/W

Całkowity współczynnik przenikania: U_C=0,25 W/m^2K

Opory cieplne: R_{se}=0,04 m^2K/W R_{si}=0,13 m^2K/W

Ściana zewnętrzna				
Lp.	**Materiał**	**d[m]**	**λ[W/mK]**	**R[m^2K/W]**
	Strona zewnętrzna			
1.	**Tynk lub gładź cementowo-wapienna**	0,010	0,820	0,012
2.	**Pustak z wełną mineralna w środku**	0,365	0,070	5,214
3.	**Tynk lub gładź cementowo-wapienna**	0,010	0,820	0,012
4.	**Mur z cegły klinkierowej**	0,120	0,370	0,324
	Strona wewnętrzna			

Grubość: d=0,51 m

Całkowity opór: RT=5,73 m^2K/W

Całkowity współczynnik przenikania: UC=0,17 W/m^2K

Opory cieplne: Rse=0,04 m^2K/W Rsi=0,13 m^2K/W

Wnioski

Zastosowane materiały do wznoszenia budynku jednorodzinnego metodą tradycyjną i nowoczesną spełniają aktualne wymagania cieplne nieprzekraczające minimalnego współczynnika przenikania ciepła Umax=0,25 W/m2K od 01.01.2014 (Dz.U. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Warszawa 13 sierpień 2013 r.).

W metodzie tradycyjnej użyto cegły ceramicznej pełnej oraz styropianu natomiast w nowoczesnej metodzie zastosowano pustaka z wełną mineralną w środku, którym posłużyć się można w budownictwie energooszczędnym.

W budownictwie tego typu można zmniejszyć nakłady inwestycyjne i jednocześnie obniżyć zużycie energii w budynku.

Bibliografia:

1. Markiewicz P.: *Budownictwo ogólne dla architektów*, Wydawnictwo „ARCHI-PLUS", Kraków 2011
2. Gaczek D.: *Systemy zewnętrznego ocieplania ścian budynków*, Materiały z Konferencji, Budma 2004
3. Broszura aplikacyjna, Firma Ursa
4. Praca zbiorowa pod kierunkiem Lichołai. L.: Budownictwo ogólne Tom3, Arkady, Warszawa 2008, 2010
5. Miesięcznik Ekonomiczno-Techniczny, Materiały Budowlane 4/2012
6. Miesięcznik Ładny dom, Budowa i Remont nr 3(173) marzec 2013
7. PN-EN ISO 6946: Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
8. Rozporządzenie ministra infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z dnia 15 czerwca 2002 r.).
9. www.dom.pl
10. www.ekobudowanie.pl

Liczba znaków ze spacjami: 23 951

BUDOWNICTWO BIONICZNE - NAŚLADOWANIE NATURY W ARCHITEKTURZE

Bartosz Zegardło, Edyta Wołosowicz, Wojciech Golec
Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej
Wydział Nauk Technicznych i Ekonomicznych, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska
e-mail: wojciechgolec1992@gmail.com

Streszczenie
W pracy przedstawiono idee projektowe obiektów, w których rozwiązania zarówno architektoniczne jak i konstrukcyjne inspirowane były światem organizmów żywych. Przedstawiono pojęcie bioniki, jako nowego nurtu w architekturze oraz wyjaśniono jej oddziaływanie na kształtowanie formy obiektów, konstrukcji oraz nowych materiałów budowlanych. Przedstawionymi przykładami analogii zaczerpniętej z natury do rozwiązań architektonicznych są m.in. natura ożywiona, nieożywiona i konstrukcje budowane przez zwierzęta. Głównym celem pracy jest zwrócenie uwagi na fakt, że pomimo daleko posuniętej specjalizacji różnych gałęzi nauki, istnieją pewne więzi łączące z pozoru niezwiązane ze sobą dziedziny takie jak biologia i architektura. Pomostem takim jest w tym wypadku bionika.

Słowa kluczowe: natura w budownictwie, bionika, architektura nowoczesna

Wstęp

Termin bionika wprowadził amerykański lekarz Jack E. Steele w 1958 roku. Oficjalnie po raz pierwszy użyto go w 1960 jako tytułu trzydniowego sympozjum (Chrostowski, Wieteska, 2012).

Bionika (od gr. bios-życie i mimesis- naśladować; inne nazwy: biomimetyka, biomimikra, inżynieria bioniczna) – jest to nauka interdyscyplinarna, badająca budowę, zasady działania i życia organizmów oraz ich adaptowanie i stosowanie do różnych kierunków nauki. Obecny postęp nauki i techniki umożliwia projektowanie konstrukcji budowlanych coraz wyższych, o coraz większych gabarytach oraz przenoszących coraz większe obciążenia pomimo zużycia mniejszych ilości materiałów.

Bionika w procesie tym ma bardzo duże znaczenie -szuka sposobów na budowę konstrukcji wytrzymałych, lekkich i energooszczędnych. Twierdzi się, że to natura wytworzyła najlepsze rozwiązania technologiczne, człowiek czerpie z niej jak z niekończącej się księgi (Sobczak, 2014).

Ludzie od wieków obserwowali zjawiska zachodzące w naturze i przyglądali się otaczającemu ich światu, próbując naśladować niektóre istniejące w nim rozwiązania. Zachowanie różnych organizmów oraz stosowane przez nich rozwiązania ułatwiające

im przeżycie studiowane jest od strony techniczno-inżynieryjnej od niedawna. Pionierem bioniki był z pewnością Leonardo da Vinci (1452-1519), malarz, rzeźbiarz, architekt a przede wszystkim wspaniały, wychodzący poza granice wyobraźni ówczesnego świata, wizjoner-wynalazca okresu renesansu. Uważał on, że im pełniejsza jest wiedza o świecie i przyrodzie, tym pełniejszą i lepszą będzie nauka i sztuka. Nauka i sztuka dążyły w jego pojęciu do jednego celu poznania i odtworzenia rzeczywistości. Interesowała go przy tym nie tylko strona wizualna tej rzeczywistości, lecz ukryte przyczyny, prawidłowości i mechanizmy zjawisk (Samek, 2010).

Bionika rozpatrywana, jako nauka dzielona jest na kategorie w zależności od stopnia analogii pomiędzy wzorcem a rozwiązaniem technicznym.

Wyróżnia się pięć takich kategorii:

– **Pełne naśladownictwo**

Obiekt techniczny pod względem strukturalnym, materiałowym i funkcjonalnym nie rożni się od wzorca zaczerpniętego z przyrody (pierwsze podejście do maszyn latających).

– **Naśladownictwo częściowe**

Obiekt techniczny jest zmodyfikowanym rozwiązaniem zaczerpniętym z wzorca przyrody (przykładem może być sztuczne drewno).

– **Analogia pomiędzy obiektem naturalnym a technicznym**

Analogia funkcjonalna nie koniecznie strukturalna (mechanizacja skrzydła).

– **Wykorzystanie wyodrębnionej struktury**

Wykorzystanie struktury rozwiązania abstrakcyjnego (zastosowanie włókien wzmacniających w materiałach wielowarstwowych).

– **Niezależna działalność**

Działalność niezależna jednak inspirowana analizą podobnych rozwiązań zaczerpniętych z natury (liczne rozwiązania w architekturze i budownictwie) (Samek, 2010).

Coraz silniejszą więź z bioniką wykazuje budownictwo, zwłaszcza w zakresie elementów konstrukcji. Naśladownictwo organizmów żywych w architekturze nadaje budynkom nowe niespotykane dotąd kształty i formy. Wreszcie rozwiązania techniczne z wykorzystaniem bioniki mają korzystny wpływ na ochronę środowiska i ekologię (Samek, 2010).

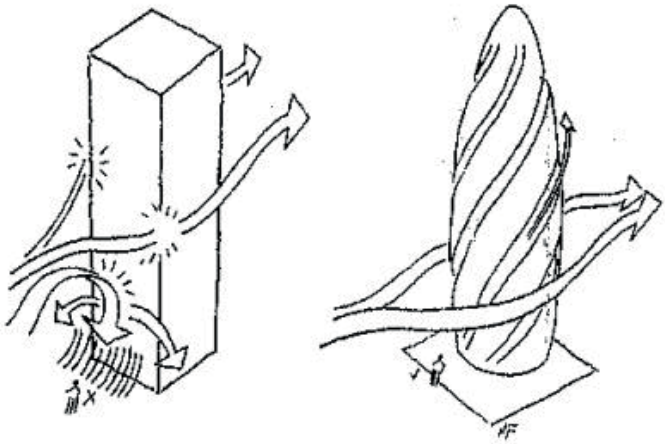
Naśladowanie natury w architekturze

Natura nieożywiona

Otaczający nas krajobraz kształtują wyraźnie czynniki zewnętrzne, które muszą poddać się działającym nań siłom. Doskonale przedstawia się to w formowaniu przez wiatr wydm pustynnych czy „rzeźbieniu" przez wodę otoczaków w strumieniu. Analogicznie wznosi się obiekty wysokie, nadając im opływowy kształt, aby zmniejszyć opory powietrza i co będzie skutkowało zwiększeniem trwałość całej konstrukcji.

Innym przykładem wykorzystania naśladownictwa natury nieożywionej jest kropla wody.

Niewielka ilość wody przyjmuje na płaskiej powierzchni formę kropli, którą projektanci wykorzystali przy tworzeniu zbiorników kroplo kształtnych do przechowywania cieczy. Struktura taka wykorzystuje zasadę napięcia powierzchniowego utrzymującego zawsze ten sam kształt kropli, pozwalającą na zmniejszenie do minimum grubości ścian zbiorników (we wszystkich punktach ścian panują jednakowe naprężenia południkowe i równoleżnikowe) (Sobczak, 2004).



Rys. 1. Aerodynamika budynków wysokich (Sobczak, 2004)

Następnym przykładem inspiracji zaczerpniętej z tego samego źródła jest przestawiony na Rys. 2 budynek muzeum. Budynek ten pod względem formy i kształtu jest wyjątkowy: ma kształt wielkiej, pofalowanej kropli, która sprawia wrażenie, jakby właśnie spadła na ziemię.

Muzeum łączy w sobie dwa style – nowoczesny, wielkomiejski charakter bryły godzi z naturalistycznym, skąpanym w świetle wnętrzem. W efekcie tego połączenia powstał budynek, który doskonale wpasowuje się w architekturę nowoczesnego miasta. Zewnętrzny wygląd budynku i jego wnętrze pomimo widocznych różnic pozostają ze sobą w ścisłym związku: galerie wewnątrz muzeum nawiązują do wyglądu bryły muzeum – zostały umieszczone w mniejszych kropelkach, połączonych ze sobą mostami.

Elewacja budynku pełni rolę metalowego pudełka, mającego osłaniać muzeum przed ostrymi zimami i burzami piaskowymi, częstymi w tym regionie; ma też znaczenie metaforyczne – może być odbierana, jako rodzaj tarczy obronnej, która zabezpiecza cenną kulturę i historię miasta. Muzeum zdaje się unosić się i falować jak wydma, co ma stanowić hołd dla krajobrazu regionu, który został wyparty przez panoramę nowoczesnego miasta (Chrostowski, Wieteska, 2014).



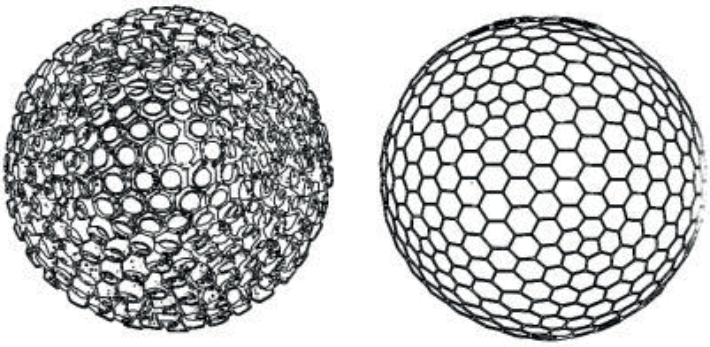
Rys. 2. Muzeum regionalne w chińskim Ordos (Chrostowski, Wieteska, 2014)

Natura ożywiona

Komórka, organizmy jednokomórkowe

Komórka jest podstawową jednostką budująca każdy ustrój. Jej forma ewoluowała na przestrzeni wieków, zawsze jednak posiadała pewne podstawowe cechy wspólne. Składa się ona z zespołu organelli zawieszonych w cytoplazmie i otoczonych ścianą lub błoną komórkową przyjmującą obły kształt. Właśnie ten kształt czyni komórkę podobną do konstrukcji pneumatycznych. W obu przypadkach forma zależy ściśle od różnicy ciśnień pomiędzy wnętrzem, a przestrzenią zewnętrzną i jest specyficznym kompromisem wynikającym z istniejącego rozkładu sił (Sobczak, 2004).

Niektóre organizmy jednokomórkowe, jak na przykład radiolaria, tworzą zadziwiające konstrukcje. Gdy przyjrzymy się im pod mikroskopem, mamy jednoznaczne skojarzenia z kopułowymi strukturami prętowymi o dużej nośności w stosunku do ciężaru samej konstrukcji. Zarówno natura, jak i konstrukcja architektoniczna wykorzystują tu zasadę ekonomii w wykorzystaniu materiału budowlanego (Sobczak, 2004).



Rys. 3. Budowa radiolarii i kopuły prętowej (Sobczak, 2004)



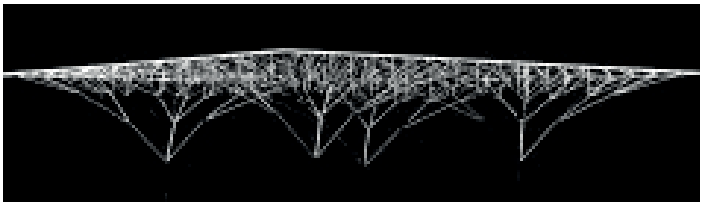
Rys. 4. Najsłynniejsze zbudowane dzieło Fullera - pawilon USA na Expo ‘67 w Montralu (Administrator, Niezwykłe budowle cz. 2, 2010)

Królestwo roślin

Procesem niezbędnym dla istnienia roślin jest przeprowadzenie fotosyntezy i wytworzenie dzięki temu energii. Wobec tego tak ważnym organem są dla nich liście, które przy wykorzystaniu zdolnościom fototropicznym „podążają” w kierunku promieni słonecznych. Powyższą zasadę wykorzystali twórcy pawilonu Wenezueli na wystawę Expo2000 w Hanowerze. Konstrukcja przypominająca wiązkę liści za pomocą komputera podnosi się lub opada, regulując dopływ promieni słonecznych (Sobczak, 2004).

Aby dać możliwość liściom na ruch rośliny wytworzyły tzw. żyłki, które są ich „zbrojeniem" i pozwalają im uzyskać większą sztywność, niezależnie od czynników zewnętrznych. Podobnie pracują żebra przenoszące w konstrukcji sklepień główne siły i niosące przeważającą część obciążenia. Dalszym udoskonaleniem wzmacniającym długie liście jest sam ich kształt. Większość z nich przybiera formę zbliżoną do tarczownicy, co zabezpiecza je przed łamaniem się pod własnym ciężarem (Sobczak, 2004). Rośliny trawiaste posiadają w dość regularnych odstępach charakterystyczne zgrubienia usztywniające je i chroniące od podmuchu wiatru. Architekci odkryli podobny sposób, aby poradzić sobie z problemem smukłości obiektów wysokich. Co kilka pięter stosują tzw. kondygnację techniczną, spełniającą podobną funkcję (Sobczak, 2010).

Prawdziwą inspiracją dla konstruktorów są drzewa. Począwszy od ich formy, która jest zwykłym wspornikiem, pracującym na tych samych zasadach, co maszty i wieże, kończąc na koronie będącej inspiracją do kreowania systemów stropów i fundamentów o dużej nośności dzięki równomiernemu rozłożeniu sił (Sobczak, 2004).



Rys. 5. Podpory w kształcie drzew (Sobczak, 2004)

Królestwo zwierząt

Żyjące w środowisku wodnym mięczaki o muszlach dwuklapowych stanowiłyby łatwy cel dla drapieżników, gdyby nie wytworzyły specyficznej konstrukcji ochronnej. Ich muszle w przekroju posiadają budowę zestawionych ze sobą powłok walcowych, wykorzystywanych często, jako przekrycia hal o dużych rozpiętościach, dzięki możliwości przenoszenia o wiele większych obciążeń, niż analogiczne przekrycie o płaskiej powierzchni oraz zdecydowanie lepszej sztywności. W naturze dość dużą grupę stanowią zwierzęta jajorodne. Swoje przyszłe potomstwo ukrywają one w skorupach jajek będących doskonałym przykładem powłok bardzo cienkich w stosunku do swoich pozostałych wymiarów. Na tej samej zasadzie architekci projektują kilkucentymetrowe powłoki żelbetowe o rozpiętości kilkudziesięciu metrów, a czasem więcej (Sobczak, 2004). Kolejną inspiracją dla konstruktorów mogą być nietoperze, szybujące w powietrzu dzięki rozpiętym między kończynami błoniastym, bardzo wytrzymałym skrzydłom. Podobne błony rozpina się pomiędzy specjalnymi masztami, budując wszelkiego rodzaju konstrukcje membranowe stanowiące lekkie przekrycia dla dużych rozpiętości (Sobczak, 2004).

Nie bez znaczenia jest fakt, iż wśród dużych zwierząt pionową pozycję na lądzie są w stanie utrzymać niemal wyłącznie kręgowce. Pozawala im na to kręgosłup usztywniający cały organizm. Taką samą funkcję pełni w budynkach wysokich trzon połączony z resztą konstrukcji i pracujący na zginanie (Sobczak, 2004). Dla celów naszych rozważań bardzo ciekawe mogą okazać się wyniki badań, które dowodzą, że w nasadzie kości udowej człowieka beleczki kostne układają się równolegle do głównych kierunków sił. Dzięki tej właściwości ich budowę można porównać do kratownicy przestrzennej, a beleczki kostne do prętów, gdyż wykorzystują tą samą zasadę konstrukcji (Sobczak, 2004).



Rys. 6. Przykład konstrukcji membranowej (Sobczak, 2004)

Konstrukcje budowane przez zwierzęta

Doskonałym przykładem konstrukcji cięgnowej stanowi pajęczyna. Dodatkowo pająki wykorzystują do jej wytworzenia bardzo wytrzymałą na rozciąganie nić. Jej długość zerwania jest zbliżony do włókna szklanego i wynosi około 70 km. Podobną strukturę, przypominającą opartą na masztach pajęczynę, zastosowano przy projektowaniu pawilonu niemieckiego na Wystawę Światową w Montrealu. Niektóre zwierzęta, jak na przykład termity żyją w koloniach przypominających ludzkie siedliska. Ich termitiery są proporcjonalnymi odpowiednikami naszych budynków wysokich z pełnym podziałem funkcji i kontrolą dostępu. Konstrukcja tych kolonii jest bardzo zbliżona do budowli murowych za sprawą wykorzystanej zasady budowania ścian o przekroju zmniejszającym się wraz ze wzrostem wysokości (Sobczak, 2004).

Sześciokąt regularny, inspirowany plastrem miodu jest doskonałą formą modułową. Ponieważ główną zasadą przyrody jest ekonomiczność zastosowań - regularne zestawienie graniastosłupów sześciobocznych zapewnia oszczędność pokrycia powierzchni. Graniastosłupy sześcioboczne występują np. w plastrach miodu czy też w strukturze układu naczyniowego roślin (Gołębiowska, 2014).

Budowa ciała

W Berlinie wzniesiono budynek, którego poziome, białe pasy, przypominają ludzkie włókna mięśniowe. Nie tylko jego zewnętrzna budowa przywodzi na myśl skojarzenia biologiczne. Budynek to nowoczesne Centrum Naukowe Technologii Medycznych. Jest to obiekt łączący w sobie wiele funkcji: przestrzeń wystawienniczą poświęconą anatomii i bionice, centrum konferencyjne i badawcze, a także przestrzeń warsztatową. Wygląd zewnętrzny Centrum, podobnie jak i wewnętrzny jest spójny z zawartością i funkcją, a wystawy dotyczące m.in. zasad ruchu ludzkiego ciała czy nowych rozwiązań technologicznych (Gołębiowska, 2014).



Rys. 7. Centrum Naukowe Technologii Medycznych przy Potsdamer Platz w Berlinie projektu Gnädinger Architects (Gołębiowska, 2010)

Bionika eksperymentalna w budownictwie

Na co dzień stykamy się ze zwykłymi, szarymi, pospolitymi budynkami, które w dużej mierze są podobne do siebie. Nie oznacza to jednak, że na świecie nie ma budowli, które są niepowtarzalne, niezwykłe, zadziwiające.

Bioekosystemy

Współcześni bionicy (biomimetycy), jak J. Beynous, J. Vincet, T. Hesselberg w koordynacji z bio-architektami (Michael Pawlyn, Bill Watts, Mick Pearce) rozróżniają w biomimetyce również tak zwane bioekosystemy. Są to innowacyjne projekty, w których dany element architektoniczny jest wzorowany na istniejących strukturach biologicznych. Dodatkowo projektowane bioekosystemy są w pełni samowystarczalne i współistnieją i współdziałają w obiegu zamkniętym, nie powodując powstawania odpadów (w rozumieniu definicji ustawy o odpadach). Poniżej kilka przykładów takich obiektów.

– „Zeltdach park olimpijski w Monachium, nie będący bioekosystem, ale wyglądający jak sieć pająka -jeden z pierwszych projektów bionicznych, który został zbudowany w 1972 r.;
– „Masdar City Center" - pierwsze na świecie ekologiczne miasto w Abu Dhabi (zakończenie budowy w 2020 r.), z parasolami otwierającymi się jak żółte kwiaty słoneczników, dzięki czemu chronią powierzchnię ziemi przed żarem słońca. Z kolei nocą składają się i ogrzewają otoczenie nagromadzoną wcześniej energią;
– „Eastgate w Harare w Zimbabwe kompleks wzorowany na kopcu termitów, w którym ściany są porowate, co umożliwia wentylację budynku i utrzymanie stałej temperatury przez cały rok;
– „Sahara Forest Project będący w trakcie realizacji projekt architektoniczny, wykorzystujący energię słońca, nowoczesną technologię produkcji biomasy i innowacyjny sposób pozyskiwania wody do stworzenia ekosystemu na pustyni (Samek, 2010).



Rys. 8. Bioekosystemy (Samek, 2010)

Architektura zainspirowana jajem

Budynek teatru, mieszczący się w Chinach, w Pekinie, wygląda niczym ogromne jajo. Wykonany został ze szkła i tytanu oraz otoczony sztucznym jeziorem. Jest jedną z najbardziej egzotycznych budowli na świecie. Niezwykle nowoczesny design robi ogromne wrażenie. Sztuczne jezioro podkreśla dodatkowo kształt tej wspaniałej budowli. Zielone tereny wokół oraz woda tworzą fantastyczny obraz (blog.expozycja.com, 2010).



Rys. 9. Narodowy Teatr Wielki w Pekinie (blog.expozycja.com, 2010)

Siedziba władz oraz burmistrza, znajdująca się w Wielkiej Brytanii, w Londynie, przypomina nieco skrzywione jajo. Ma bardzo nowoczesny design – stalową konstrukcję i szklane płytki. Prezentuje się bardzo widowiskowo, a charakterystyczny owalny kształt sprawia, że nie sposób nie zwrócić na nią uwagi (blog.expozycja.com, 2010).



Rys. 10. Ratusz w Londynie (blog.expozycja.com, 2010)

Inteligentny budynek, który mieści się w Indiach, w Bombaju to konstrukcja w kształcie kurzego jaja, która wykorzystuje o 10-20% mniej powierzchni w porównaniu z tradycyjnym budownictwem i zdecydowanie mniej energii elektrycznej. W tej budowli znajduje się 13 pięter z nowoczesnymi biurami. Konstrukcja ze szkła nie tylko wygląda nowocześnie i estetycznie, ale tworzy także niezwykły klimat w środowisku pracy.

Budynek wyposażany jest w inteligentny system monitorowania stanu zdrowia pracowników, wraz z ciśnieniem tętniczym krwi i kontrolą masy ciała. Wyniki te w razie potrzeby przesyłane są do lekarza.

Na szczycie znajduje się piękny ogród, a biurowiec został zaprojektowany tak, aby zmniejszyć zużycie energii elektrycznej. W tym celu na dachu zamontowano specjalne turbiny i panele oraz system filtracji wody (blog.expozycja.com, 2010).



Rys. 11. Cybernetyczne jajo w Bombaju (blog.expozycja.com, 2010)

Projekty przyszłości - mniej betonu, więcej ekologii

Wodny Dom Wczasowy (Water Building Resort) mieści pokoje hotelowe, centrum konferencyjne, sale wystawowe, restauracje, siłownie, spa oraz nietypowe oceanarium - przeszklony taras widokowy, znajdujący się w podwodnej części obiektu. Projekt budowli jest dziełem hiszpańskiego architekta, Orlando de Urrutii, który uważa, że przyszłością architektury jest jej całkowita integracja z naturą.

Tak też projektant wyobraża sobie działanie Water Building Resort, ustawionego na wodach każdej zatoki hotelu, który `współdziała` z otaczającym go krajobrazem i oczywiście go nie zanieczyszcza.

Budynek o kształcie kropli wody elewację południową ma w całości obłożoną ogniwami fotowoltaicznymi, które produkują energię na potrzeby hotelu; przeciwległa elewacja jest ażurowa - aby wpuszczała do wnętrza powietrze, a więc zapewniała wentylację bez użycia drogiej i szkodliwej klimatyzacji.

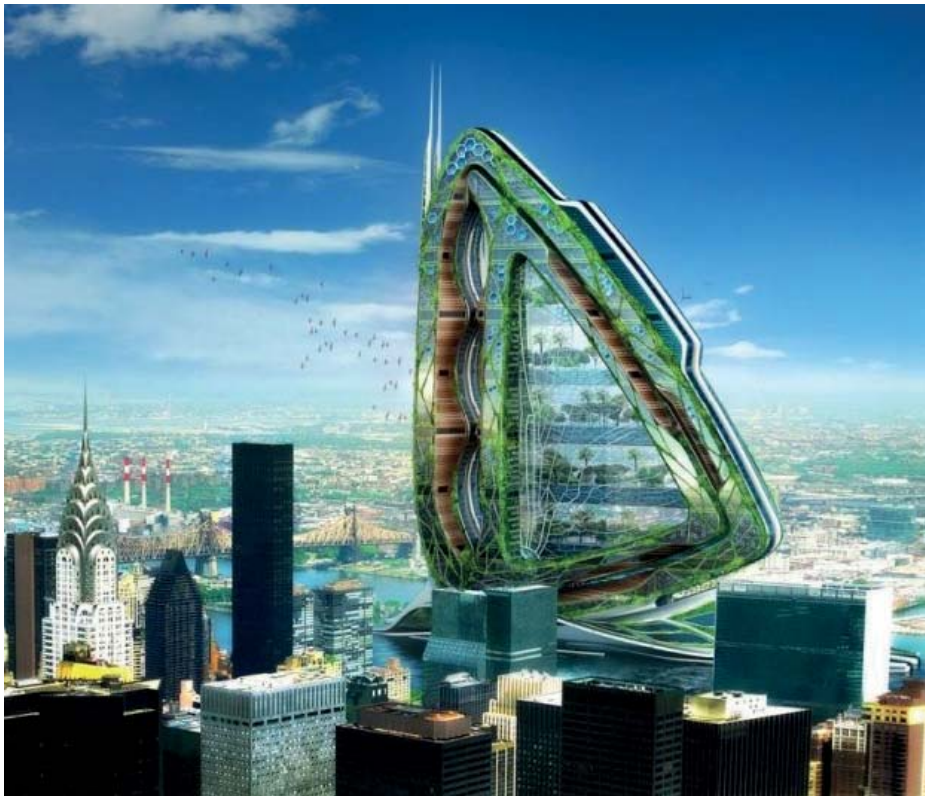
Jednak najbardziej rewolucyjnym rozwiązaniem w tym obiekcie ma być zastosowanie (po raz pierwszy na świecie) technologii TeexMicron, polegającej na produkcji krystalicznie czystej wody... z powietrza. Poprzez zbieranie i kondensację wilgotnego powietrza, jakie zawsze unosi się nad dużymi akwenami, specjalne maszyny (napędzane energią słoneczną) mają tu produkować czystą, nadającą się do picia wodę (www.bryla.pl).



Rys. 12. Wodny Dom Wczasowy, proj. Orlando de Urrutia (www.bryla.pl)

132 piętra, ponad 600m wysokości, kształt, przypominający skrzydło ważki - tak ma wyglądać pionowa farma, którą dla Nowego Jorku zaprojektował belgijski architekt-wizjoner, Vincent Callebaut. To nie kolejny drapacz chmur, jakich na Manhattanie nie brakuje, budynek Ważka (Dragonfly) miałby stanąć na południowym brzegu nowojorskiej Wyspy Roosevelta i pełnić bardzo nietypową rolę gospodarstwa rolnego. Callebaut we wnętrzu 600-metrowego wieżowca przewidział miejsce dla 28 różnych pól uprawnych, sadów czy miejsc do hodowli zwierząt. Od zasiewanych zbożem pól, przez warzywniaki i sady owocowe, po pastwiska dla zwierząt, wszystkie możliwe rolnicze specjalności miałby funkcjonować w zamkniętym budynku. Fakt odseparowania upraw od świeżego powietrza miałby tu być zaletą - wewnątrz Ważki panowałyby lepsze niż na zewnątrz warunki, pozbawione zanieczyszczeń, z odpowiednią temperaturą i ilością wilgoci.

Vincent Callebaut swój projekt przedstawia, jako ratunek dla współczesnych miast, które zmagają się jednocześnie z brakiem przestrzeni oraz trudnościami w dostępie do zdrowej żywności. Rolniczy wieżowiec, który zajmie nie więcej miejsca niż zwykły biurowiec, a dostarczy sprawdzonej i właściwie na oczach mieszkańców miasta wyhodowanej żywności może stać się rewolucyjną ideą dla wciąż rozrastających się miast (www.bryla.pl).



Rys. 13. Wieżowiec Ważka, Nowy Jork, USA, proj. Vincent Callebaut (www.bryla.pl)

Podsumowanie

Podsumowując całą pracę można stwierdzić, że budownictwo bioniczne cały czas się rozwija. Coraz więcej współczesnych architektów chcąc stworzyć niezwykłe, oryginalne i ekonomiczne obiekty inspiruje się otaczającą naturą. Naturalność i lekkość konstrukcji bionicznych oddana jest nie tylko przez organiczną, asymetryczną i dynamiczną formę, ale również przez innowacyjność konstrukcji.

Bibliografia:

1. Sobczak A. Bionika architektury, czyli jak wiele współcześni architekci i konstruktorzy zawdzięczają osiągnięciom natury [dostep: 05.01.2014] Dostępny w Internecie: http://www.kns.b2me.pl/art-bionika-architektury,143,1.html
2. Samek A., Bionika, Wiedza przyrodnicza dla inżynierów, Wydawnictwo AGH 2010 s. 26-28
3. Chrostowski J., Wieteska E. Bionika. Wielkie ściąganie, [dostęp: 05.01.2014] Dostępny w Internecie: http://www.wiz.pl/8,198.html
4. Gołębiowska A., Budowa żywego organizmu wzorem dla architektów, [dostęp: 05.01.2014] Dostępny w Internecie: http://portalaktywni.pl/aktualnosci/bionika-nawet-w-architekturze/
5. http://blog.expozycja.com/2011/12/muzeum-w-ordos/
6. http://www.bryla.pl/bryla/56,85298,10314474,Wodny_Dom_Wczasowy__proj__Orlando_de_Urrutia,,5.html
7. http://www.bryla.pl/bryla/56,85298,10314474,Wiezowiec_Wazka__Nowy_Jork__USA__proj__Vincent_Callebaut,,7.html
8. http://inteligentny-projekt.pl/old/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=49
9. http://oizet.p.lodz.pl/ins/zptiep/bionika.html
10. http://studentbuduje.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=169&Itemid=1
11. http://thekassablanca.blogspot.com
12. http://www.wedwoje.pl/narodowy;teatr;wielki;w;pekinie;architektura;zainspirowana;jajem,4,artykul,15235.html

Liczba znaków ze spacjami: 21 391

KOMFORT UŻYTKOWANIA, OSZCZĘDNOŚĆ ENERGII I OCHRONA ŚRODOWISKA - DOMY ENERGOOSZCZĘDNE I PASYWNE

Monika Jarosz-Hadam, Anna Rosa, Michał Drozd
Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej
Katedra Nauk Technicznych, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska
e-mail: michal.drozd@poczta.pl

Streszczenie
W pracy przedstawiono cechy i nowoczesne rozwiązania technologiczne występujące we współczesnym budownictwie domów jednorodzinnych energooszczędnych oraz pasywnych. Opracowany temat ma za zadanie zapoznać oraz zachęcić osoby niezwiązane z budownictwem do budowania domów w systemach oszczędzających energię na ogrzewanie, a w konsekwencji zmniejszania kosztów utrzymania takiego domu. W referacie skupiono się na trzech głównych aspektach: komforcie użytkowania, oszczędności energii oraz ochronie środowiska wykorzystując zagadnienia dotyczące m.in. nowoczesnej stolarki okienno-drzwiowej, kolektorów słonecznych i wpływu usytuowania budynku na działce na pasywność energetyczną.

Słowa kluczowe: domy energooszczędne, domy pasywne, komfort cieplny, pasywne źródła energii, kolektory słoneczne

Wstęp

Komfort cieplny od zawsze był ważny w naszym życiu, dlatego już człowiek pierwotny szukał schronienia w jaskiniach ogrzewanych ciepłem ogniska. Do czasów współczesnych wiele się w tej kwestii zmieniło patrząc z perspektywy zamieszkiwania domostw i ich ogrzewania, jednak w dalszym ciągu jednym z priorytetów jest zapewnienie ciepła zimą i schronienia przed upałami latem. W budownictwie mieszkaniowym największe koszty ponosi inwestor na zapewnienie ciepłej wody użytkowej oraz ciepła w okresie grzewczym. W tych obszarach także czyni się największe szkody środowiskowe chcąc zaspokoić wspominane potrzeby. Z powodu ponoszonych kosztów finansowych oraz środowiskowych coraz częściej na polskim rynku budowlanym zaobserwować można budowę budynków energooszczędnych, oraz pasywnych. Budynek energooszczędny to budynek którego zapotrzebowanie na energię do ogrzania kształtuje się na poziomie od 30 do 70 kWh/m^2/rok. Natomiast budynek pasywny charakteryzuje się rocznym zapotrzebowaniem na energię cieplną do ogrzewania nie przekraczającą 15 kWh/(m^{2}a) oraz w którym całkowite zapotrzebowanie na energię pierwotną na

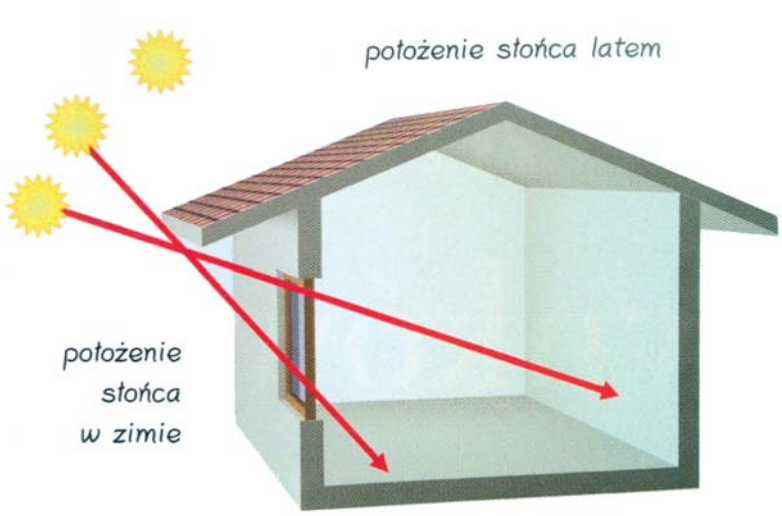
wszystkie potrzeby związane z utrzymaniem budynku (c.o., c.w.u., energia elektryczna) nie przekracza 120 kWh/(m^2a) a komfort cieplny zapewniony jest przez pasywne źródła ciepła. Aby obniżyć zużycie energii, w domach niskoenergetycznych, podobnie jak w domach pasywnych, powszechnie stosuje się kolektory słoneczne, pompy ciepła, rekuperatory czy gruntowe wymienniki ciepła służące do pozyskiwania energii termalnej ze źródeł nie zapominając o buforach (akumulatorach) ciepła.

„W procesie projektowania budynków energooszczędnych i pasywnych staramy się uzyskać następujące efekty:

- jak najniższe straty energii przez obudowę zewnętrzną,
- jak najniższe straty energii przez systemy wentylacyjne i instalacje,
- jak najniższe uzależnienie od energii pochodzącej ze spalania tradycyjnych paliw nieodnawialnych,
- jak najlepsze wykorzystanie dostępnych zysków i energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych" (Markiewicz, 2011).

Kształt i orientacja budynku oraz rozmieszczenie pomieszczeń.

Aby efektywnie korzystać z dobrodziejstw domów energooszczędnych i pasywnych należy zacząć od dobrego rozplanowania inwestycji. Domy energooszczędne i pasywne powinno projektować się wraz z zagospodarowaniem działki, tak by świadomie wykorzystać warunki naturalne (drzewa, wzniesienia) do obniżenia poziomu wpływu niekorzystnych warunków atmosferycznych. Warto jest na etapie projektowania dokonać oceny położenia projektowanego budynku na działce w stosunku do stron świata, tak by w okresie zimowym obniżyć koszty ogrzewania poprzez zastosowanie przeszkleń, a latem zapewnić użytkownikom komfort cieplny bez użycia urządzeń chłodzących (Fic, 2012). Dlatego też należy pamiętać o takim zaplanowaniu okapu dachu by podczas miesięcy letnich nie dopuszczał do zbytniego nasłonecznienia okien zasłaniając je przed wysokim kątem padania promieni słonecznych, natomiast w miesiącach zimowych, kiedy kąt padania promieni słonecznych jest mniejszy nie stał na drodze do ogrzania pomieszczeń (Wnuk, 2006).

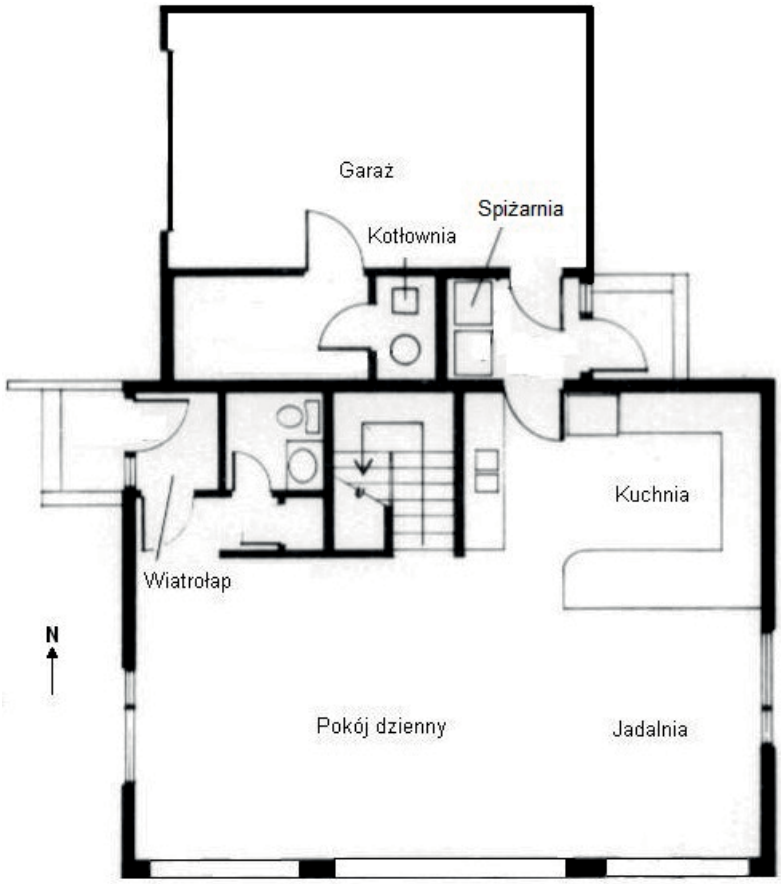


Rys. 1. Wpływ okapu na dostęp promieni słonecznych do pomieszczeń domu pasywnego (Wnuk, 2006)

Powinny być one tak zaplanowane by pomieszczenia dzienne takie jak jadalnia, czy pokoje dzienne były skierowane na południe a pomieszczenia gospodarcze, garderoby, garaże tworzyły naturalną strefę buforową od strony północnej.

Dobrze jest tak zaplanować garaż, jako najchłodniejszą strefę termiczną budynku, by był on też izolowany cieplnie od reszty domu, a jego konstrukcja była oparta o niezależne ściany nośne. Temperatura powietrza wewnętrznego w garażu wynosi zwykle od 5° do 8°C. Straty przez przenikanie ciepła z budynku do garażu w przypadku niewystarczającego zaizolowania ścian mogą więc osiągać znaczne wartości powodując uczucie dyskomfortu obniżając temperaturę pomieszczeń mieszkalnych, a w skrajnych przypadkach przy nieodpowiedniej wentylacji wywołać pleśń. Oddzielną konstrukcję powinny stanowić także balkony oraz tarasy, które po przytwierdzeniu do bryły budynku śrubami i kotwami pozwolą uniknąć mostków cieplnych.

Rys. 2. przedstawia przykładowe rozwiązanie usytuowania budynku na działce wraz z rozplanowanym rozkładem pomieszczeń.



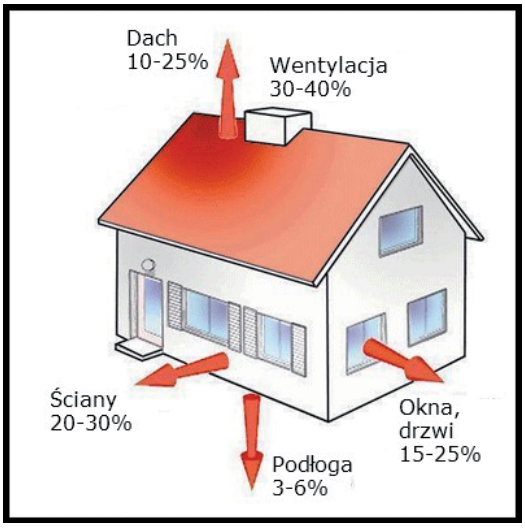
Rys. 2. Przykładowy rozkład pomieszczeń w domu pasywnym.

W obu typach rozwiązań budowlanych systemów energooszczędnych istotne jest również takie rozplanowanie przeszkleń by maksymalnie wykorzystać promienie słoneczne, mogące pokryć, jak wynika z analizy zysków energii cieplnej, zapotrzebowanie na energię nawet do 47%, (Brzyski, 2012) w części dziennej domu, i ograniczenie do minimum okien i drzwi od strony północnej budynku. Istotną kwestią oprócz wspomnianego rozplanowania pomieszczeń budynku jest takie zaprojektowanie domu by jego bryła była jak najbardziej prosta i zwarta. Zaleca się wręcz by domy energooszczędne miały ściany i dach z doprowadzoną do minimum ilością załamań, a bryła domu pasywnego oparta była na planie prostokąta z jedno lub dwuspadowym dachem, tak by stosunek wszystkich powierzchni zewnętrznych (A) do objętości ogrzewanych pomieszczeń (V) był jak najmniejszy, (Fic, 2012) gdyż straty ciepła budynku są wprost proporcjonalne do powierzchni jego przegród zewnętrznych.

Straty ciepła w budynku oraz sposoby ich eliminacji

W budynkach pasywnych oraz energooszczędnych jak wynika z nazwy, należy ograniczyć stratę energii cieplnej tak ważnej dla komfortu użytkowania. Ciepło często traci się przez punktowe lub liniowe mostki termiczne, które w większości da się wyeliminować poprzez dokładną obróbkę termoizolacyjną w danym miejscu oraz unikanie błędów podczas budowy. Pozostawienie mostków cieplnych powoduje obniżenie temperatury w danym miejscu co w konsekwencji może prowadzić do powstawania np. pleśni. Najczęściej występują w miejscu przerwania warstwy izolacji np. w przypadku płyty balkonowej połączonej ze stropem w budynku, naroża budynku czy miejsca dookoła okien i drzwi (www.dolinka.eu Jadwiga Górnicz).

Biorąc pod uwagę nieuniknioną ucieczkę ciepła z budynku tradycyjnego przez dach traci się od 10 do 20%, przez wentylację 30-40%, ściany 20-30%, okna i drzwi 15-25%, podłoga 3-6% energii cieplnej. W budynku pasywnym straty te są zdecydowanie zmniejszone, a największa różnica jest widoczna na wentylacji, porównując wentylację grawitacyjną lub zwykłą mechaniczną do wentylacji z rekuperacją gdyż strata spada o około 90-95%. Wielkość strat zależy w dużej mierze od jakości i ilości materiałów izolacyjnych, ich poprawnego zamontowania oraz odpowiedniego zaprojektowania budynku (www.ekooszczedni.pl).



Rys. 3. Straty ciepła w budynku tradycyjnym (www.borocert.pl)

Projekty domów energooszczędnych i pasywnych zakładają eliminację mostków cieplnych min. poprzez docieplenie ścian czy dobór i prawidłowy montaż stolarki okienno-drzwiowej.

Nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne stolarki okienno-drzwiowej dla domów pasywnych i energooszczędnych

Otwory okienne i drzwiowe mają zasadniczy wpływ na właściwości termoizolacyjne całego budynku ze względu na możliwość dużych straty ciepła, spowodowanych min. wysokim współczynnikiem U, czy niewłaściwym montażem. Dlatego warto zainwestować w drzwi i okna pasywne pamiętając o prawidłowym i w dokonanym odpowiednim czasie montażu stolarki otworowej zewnętrznej. W przeciwnym wypadku spodziewać się możemy w domu pleśni, nieprzyjemnej woni, a także wysokich kosztów ogrzewania. Nowoczesny dom pasywny nie mógłby istnieć gdyby nie zaawansowane technologicznie okna oraz drzwi o zmniejszonej w stosunku do zwykłych przepuszczalności ciepła. Przykładowym rozwiązaniem problemu energooszczędności okien są produkty z serii energeto® firmy Aluplast. W oknach tego producenta zastosowano dwie innowacyjne techniki: „bonding inside", specjalne skrzydła z zastosowaniem techniki klejenia szyb oraz „powerdur inside", nowy rodzaj ram opracowany we współpracy z firmą BASF z zastosowaniem tworzywa sztucznego Ultradur® High Speed, który zastępuje wzmocnienia stalowe stosowane w konwencjonalnych ramach. Okna charakteryzują się niskim współczynnikiem przenikania ciepła U ram na poziomie 0,94 W/m^{2}K, natomiast wykorzystując technologię „foam inside" można uzyskać współczynnik dla całego okna o wartości U=0,61 W/m^{2}K co zostało potwierdzone przez Instytut Domów Pasywnych w Darmstadt, który wydał na okna w systemie energeto® 8000 /foam inside certyfikat rekomendujący je jako doskonałe rozwiązanie do domów pasywnych. Trzeba również pamiętać o zastosowaniu zewnętrznych drzwi energooszczędnych, przez nie także ucieka ciepło. Na rynku dostępne są drzwi charakteryzujące się niskim współczynnikiem U czego przykładem są produkty m.in. firmy CAL z kolekcji Arktycznej, która została specjalnie przeznaczona do domów pasywnych oraz energooszczędnych. Drzwi wykonane są z drewna sosnowego z zastosowaniem nowoczesnych materiałów termoizolacyjnych, uszczelniających oraz okuciowych charakteryzują się współczynnikiem U na plasującym się poziomie 0,71 W/m^{2}K. Zapotrzebowanie rynku w dziedzinie budownictwa pasywnego stale rośnie wiec można się spodziewać niższych wyników współczynnika przenikania ciepła U osiągając lepsze właściwości izolacyjne budynku. Należy pamiętać że przy zastosowaniu bardzo szczelnej stolarki okienno-drzwiowej budynek nie może obejść się bez odpowiedniej wentylacji.

Aby wymienić zużyte powietrze z domu na świeże z zewnątrz bez utraty ciepła należy zastosować rekuperator. Jest to zaawansowane urządzenie wentylacji mechanicznej pozwalające na odzysk ciepła z powietrza zużytego jednocześnie dogrzewając powietrze pochodzące z zewnątrz budynku. Nowoczesne rekuperatory posiadają sprawność na poziomie ok. 90% oszczędzając energię i zmniejszając koszty ogrzewania (www.aluplast.pl).

Zapewnienie komfortu cieplnego

W tradycyjnym budownictwie najczęściej stosowane systemy grzewcze bazują na nieodnawialnych źródłach energii (węgiel, olej opałowy, gaz) (Feist, 2008), w budownictwie energooszczędnym na źródłach odnawialnych zakumulowanych najczęściej w powietrzu, wodzie i ziemi poprzez stosowanie nowoczesnych urządzeń o wysokiej sprawności takie jak kotły kondensacyjne czy pompy ciepła. Na rynku dostępne są różne typy pomp ciepła takie jak: powietrze-woda, woda-woda, solanka-woda, bezpośrednie parowanie- woda (Mileńczuk, 2003).

Natomiast w budownictwie pasywnym można całkowicie zrezygnować z aktywnej instalacji grzewczej i korzystać z pasywnych źródeł energii takich jak zyski ciepła od urządzeń, oświetlenia, nasłonecznienia i ludzi przebywających w budynku- zyski wewnętrzne i od nasłonecznienia przegrody nieprzezroczyste i przezroczyste - zyski zewnętrzne (Raczkowski, 2012).

Z poniżej prezentowanych tabel wynika, że już mała aktywność życiowa człowieka w połączeniu z używanym w domu urządzeniem technicznym jest źródłem ciepła, a technologia domów pasywnych czerpie z nich przynosząc inwestorowi znaczne zyski w wydatkach na ogrzewanie. Przykładowe zyski można wyliczyć z przytoczonych poniżej tabel i wzorów.

Tab. 1. Jednostkowy strumień ciepła oddawany do otoczenia przez ludzi w zależności od rodzaju aktywności oraz temperatury w pomieszczeniu („Rynek instalacyjny" 2008)

aktywność	czynność	temperatura powietrza °C																				
mała 0–200W	odpoczynek w pozycji siedzącej	95	93	92	90	87	85	82	79	76	72	68	64	59	54	48	42	35	27	19	10	0
	odpoczynek w pozycji stojącej	106	103	101	98	94	91	87	83	79	75	70	65	60	54	48	41	34	27	19	10	1
	bardzo lekka praca fizyczna (praca biurowa, szwaczka)	116	113	109	106	101	94	92	87	82	76	71	65	59	53	46	40	33	27	20	13	6
	lekka praca fizyczna (sprzedawca, prasowaczka, obsługa biurowa)	130	125	119	113	108	102	96	90	84	77	71	65	59	52	46	40	34	28	22	16	10

średnia 200–300W	średnio ciężka praca fizyczna (kowal, tokarz, aptekarz)	135	130	125	119	113	107	100	93	86	79	72	65	58	52	46	40	35	31	27	24	22
	średnio ciężka praca fizyczna (kelner)	165	159	152	144	137	129	121	112	104	95	87	78	70	61	53	44	36	28	20	12	5
duża> 300W	ciężka praca fizyczna (np. tragarz, ładowacz)	189	181	172	163	155	146	138	130	122	114	106	98	90	82	75	67	60	53	46	39	32
	ciężka praca fizyczna (np. taniec)	238	225	212	201	190	180	171	163	154	146	138	135	121	112	103	93	81	69	56	41	25
mała 0–200W	odpoczynek w pozycji siedzącej	26	28	31	34	37	41	45	49	54	60	66	73	80	88	97	107	117	129	141	154	169
	odpoczynek w pozycji stojącej	31	35	39	43	48	53	59	64	70	77	84	92	101	111	121	133	145	159	174	189	207
	bardzo lekka praca fizyczna (praca biurowa, szwaczka)	41	46	52	58	64	71	78	85	93	101	110	119	128	137	146	156	166	176	186	196	207
	lekka praca fizyczna (sprzedawca, prasowaczka, obsługa biurowa)	66	74	83	92	100	109	119	128	137	147	157	167	177	188	199	210	221	233	244	257	269
średnia 200–300W	średnio ciężka praca fizyczna (kowal, tokarz, aptekarz)	88	94	102	110	119	129	139	149	160	171	182	193	205	215	226	237	247	257	267	275	284
	średnio ciężka praca fizyczna (kelner)	130	139	150	161	172	184	196	208	221	234	247	260	273	286	299	312	324	337	349	361	372
duża > 300W	ciężka praca fizyczna (np. tragarz, ładowacz)	178	191	205	218	230	243	256	268	289	292	305	316	328	340	352	363	375	386	397	408	420
	ciężka praca fizyczna (np. taniec)	254	274	293	311	326	341	355	368	380	392	405	417	430	444	458	474	491	510	531	554	579

Podane w tabelach wartości dotyczą mężczyzn. Dla kobiet wielkości odczytane z tabel należy zmniejszyć o 10 %, natomiast dla dzieci od 20 do 40 % w zależności od wieku.

Zyski ciepła od urządzeń i maszyn

Wartości zysków ciepła od urządzeń i maszyn zaleca się przyjmować na podstawie mocy rzeczywistej urządzeń zainstalowanych w pomieszczeniu.

Tab. 2. Orientacyjne zyski ciepła od urządzeń

Typ urządzenia	Moc nominalna	Czas wykorzystania urządzenia	Zyski ciepła jawnego
	W	min	W
komputer PC	100 ÷ 150	60	100 ÷ 150
terminal	60 ÷ 90	60	60 ÷ 90
drukarki igłowe	20 ÷ 30	15	5 ÷ 7
drukarki laserowe	800	15	200
ploter	20 ÷ 60	15	5 ÷ 15
skaner	180	30	90
kopiarka	1600 ÷ 1700	45 ÷ 55	1200 ÷ 1550
elektryczna maszyna do pisania	50	60	50

Zyski ciepła przez przegrody przezroczyste w wyniku nasłonecznienia (okna)

Zyski ciepła powstające w wyniku nasłonecznienia okien oblicza się na podstawie wzoru:

$$Q_{OK} = F \cdot [\Phi_1 \cdot \Phi_2 \cdot \Phi_3 (k_c \cdot R_s \cdot I_{cmax} + k_r \cdot R_c \cdot I_{rmax}) + U \cdot (t_z - t_p), W$$

gdzie:
F – powierzchnia okna w świetle muru, m^2,
Φ_1 – współczynnik udziału powierzchni szkła w powierzchni całkowitej okna,
Φ_2 – współczynnik ze względu na położenie obiektu nad poziomem morza,
Φ_3 – współczynnik ze względu na rodzaj zastosowanego oszklenia oraz występowanie urządzeń przeciwsłonecznych,

R_s – stosunek powierzchni nasłonecznionej do całkowitej okna,
R_c – stosunek powierzchni zacienionej do całkowitej okna ($R_s + R_c = 1$),
I_{cmax}, I_{rmax} – wartości maksymalnego natężenia promieniowania całkowitego i rozproszonego dla szkła gr. 3 mm w danym miesiącu, W/m^2,
k_c, k_r – współczynniki akumulacji,
U – współczynnik przenikania ciepła przez szyby, W/(m^2 • K),
t_z – obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego, K,
t_p – obliczeniowa temperatura powietrza w pomieszczeniu, K.

Tab. 3. Wartości współczynnika Φ1

Rodzaj oszklenia	Powierzchnia otworu okiennego w świetle muru F/V, m^2									
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
okno drewniane pojedynczo lub podwójnie oszklone	0,50	0,60	0,65	0,68	0,70	0,73	0,75	0,76	0,77	0,80
okno drewniane skrzynkowe podwójnie oszklone	0,40	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,71	0,72	0,73	0,75
okno metalowe wystawowe, świetlik	0,90–1,00									
otwory oszklone pustakami szklanymi	1,00									

Tab. 4. Wartości współczynnika Φ2

Współczynnik korygujący	Współczynnik położenia budynku nad poziomem morza, [m]				
	0	500	1000	1500	2000
Φ2	1,00	1,02	1,04	1,06	1,09

Tab. 5. Wartości współczynnika Φ3

Rodzaj szkła lub oszklenia	Okna bez zasłon	Współczynnik dla okien zaopatrzonych w zasłony przeciwsłoneczne											
		żaluzje wewnętrzne ustawione pod kątem 45°		żaluzje pod kątem 45° między szybami	żaluzje zewnętrzne ustawione pod kątem 45°		markizy przewietrzane ze szczelinami	rolety listewkowe całkowicie zamknięte		zasłony z włókna szklanego	zasłony z bawełny	zasłony z bawełny	
		kolor											
		jasny o dużym połysku	jasny o umiar. połysku	jasny	jasny	dość jasny	jasny	ciemny	jasny	dość jasny	jasny	jasny	ciemny
okno pojedynczo oszklone: szkło do 3 mm szkło do 6 mm	1,0 0,94	0,56 0,55	0,65 0,64	– –	0,45 0,14	0,13 0,12	0,20 0,19	0,25 0,24	0,41 0,41	0,62 0,62	0,55 0,55	0,68 0,68	0,80 0,80
okno podwójnie oszklone: szkło do 3 mm szkło do 6 mm	0,90 0,80	0,54 0,52	0,61 0,59	0,28 0,21	0,14 0,12	0,12 0,11	0,18 0,16	0,22 0,20	0,39 0,37	0,58 0,56	0,52 0,50	0,65 0,63	0,78 0,76
okno pojedynczo oszklone, szkło pochłaniające promieniowanie: 40÷48 % 48÷56 % 56÷70 %	0,80 0,73 0,62	– – –	– – –	– – –	0,12 0,11 0,10	0,11 0,10 0,10	0,16 0,15 0,12	0,20 0,18 0,16	0,41 0,39 0,37	0,59 0,56 0,51	– – –	– – –	– – –
okno podwójnie oszklone od wewnątrz szkło zwykłe, od zewnątrz szkło pochłaniające	0,52	0,36	0,39	–	0,10	0,10	0,10	0,13	0,26	0,37	–	–	–
szkło malowane: farbą jasną farbą ciemną	0,28 0,50	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
szkło barwione: ciemnoniebieskie, ciemnoczerwone mlecznobiałe	0,60 0,56 0,43	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –
szkło zbrojone pojedyncze oszklenie gr. 7 mm	0,85	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Zyski od oświetlenia elektrycznego

Zyski ciepła od oświetlenia elektrycznego oblicza się na podstawie wzoru:

$$Q_o = N \cdot \varphi \cdot \alpha \cdot k, W$$

gdzie:
N – całkowita moc oświetlenia zainstalowanego w pomieszczeniu, W,
φ – współczynnik jednoczesności wykorzystania zainstalowanej mocy w pomieszczeniu,
α – współczynnik uwzględniający odprowadzenie ciepła przez oprawy wentylowane (dla opraw niewentylowanych α = 1),
k – współczynnik akumulacji ciepła w przegrodach budowlanych. [miesięcznik „Rynek Instalacyjny" numer 12/2008"

Największe nakłady na utrzymanie domu inwestor przeznacza na ogrzewanie oraz zapewnienie ciepłej wody użytkowej. W budynkach tradycyjnych obie potrzeby zaspakajane są wspomnianymi już źródłami nieodnawialnymi (c.o. i c.w.u. dostarczane są za pomocą węgla, oleju opałowego, gazu lub prądu), natomiast w budynkach energooszczędnych czy pasywnych do zapewnienia ciepłej wody użytkowej w znacznym stopniu montuje się wspomniane pompy ciepła typu powietrze-powietrze zasilane ciepłem z powietrza odprowadzanego z układu wentylacji bądź systemy solarne. Instalacje solarne składają się z czterech podstawowych elementów do których należą: kolektor, zbiornik solarny ciepłej wody użytkowej lub zewnętrzne przepływowe wymienniki ciepła, zespół pompowy (przyłączeniowo - zabezpieczający) oraz układ sterujący (Mileńczuk, 2003). Na rynku dostępne są nasypujące rodzaje kolektorów: kolektory próżniowe (rurowe), oraz panelowe (płaskie). Celowość ich funkcjonowania jest prosta: zebranie i przetworzenie promieni słonecznych na ciepło użyteczne. Aby praca kolektorów była efektywna konieczny jest prawidłowy montaż instalacji. Z założenia kolektory montuje się w miejscach, gdzie najlepiej będą mogły zebrać padające promienie słoneczne, najczęściej są to dachy i elewacje budynków (Raczkowski, 2012) od strony południowej. Należy pamiętać, że opłacalność wykorzystania kolektorów słonecznych do zaspokojenia potrzeb uzyskania ciepłej wody zależy od wielkości zapotrzebowania na ciepłą wodę oraz od ceny energii, należy pamiętać, że czas zwrotu nakładów poniesionych na realizację instalacji jest tym krótszy im zapotrzebowanie na ciepłą wodą użytkowa jest większe (Nalewaj, 2012).

Podsumowanie

Rozwój budownictwa energooszczędnego i pasywnego jest nieunikniony. Dzięki budynkom wznoszonym w tych technologiach inwestor jest w stanie znacznie zminimalizować koszty utrzymania inwestycji. Odpowiednie zaplanowanie i wykonanie inwestycji pozwala w znacznym stopniu oszczędzić pieniądze i środowisko naturalne poprzez ograniczenie wydatków na dogrzewanie budynku instalacją opartą na nieodnawialnych źródłach energii, których ceny ciągle rosną a zasoby maleją. Zastosowanie pomp ciepła czy też kolektorów słonecznych wykorzystujących pasywne źródła energii pozwoli zapewnić komfort użytkowania i znacznie zmniejszyć wydatki przeznaczane na utrzymanie budynku, wzniesionego z myślą o długoletnim użytkowaniu. Odpowiednia izolacja, stolarka okienno-drzwiowa i eliminacja mostków cieplnych dopełnią inwestycję. Budynki energooszczędne i pasywne są bez wątpienia przyszłością budownictwa mieszkaniowego.

Bibliografia:

1. Brzyski P. Charakterystyka energetyczna budynku pasywnego na przykładzie projektu domu jednorodzinnego. [w:] Energy-saving and Ecological Materials, Installations and Technology in Construction, Fic S. (red.), Państwowa Szkoła Wyższa, Biała Podlaska 2012,
2. Feist W. Domy pasywne w Europie Środkowej; tłumaczenie Tomasz Mielczyński, http://www.dompasywny.com/dom_pasywny/artyku_-1-.html [dostęp 28 grudnia 2013]
3. Fic S. Zasady zrównoważonego rozwoju w budownictwie a budynki niskoenergetyczne i pasywne [w:] Energy-saving and Ecological Materials, Installations and Technology in Construction, Fic S. (red.), Państwowa Szkoła Wyższa, Biała Podlaska 2012,
4. Markiewicz P.: Innowacyjne rozwiązania projektowe dla budynków energooszczędnych i pasywnych", [w:] Czasopismo techniczne, zeszyt 11 rok 2011, wydawnictwo Politechniki Krakowskiej miesięcznik „Rynek Instalacyjny" numer 12/2008"
5. Mileńczuk F., Zawadzki M., Matusik J,(red.) Kolektory słoneczne, pompy ciepła na tak, Warszawa 2003
6. Murator poradnik czerwiec 2012
7. Nalewaj K., Energia słońca [w:] Energie odnawialne. Przegląd technologii i zastosowań (red.) H. D. Stryczewskiej, wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin 2012
8. Pieprzyk R. „Budownictwo Pasywne-energooszczędność i ekologia w praktyce", „forum czystej energii" POLEKO Poznań, 20-23 Listopada 2007 Politechnika Poznańska Centrum Budownictwa Pasywnego

9. Piotrowski R., Dominiak P. (2006) Budowa domu pasywnego krok po kroku. Przewodnik budowlany
10. Raczkowski A., Budownictwo pasywne, Wykład tematyczny dla Studentów PSW w Białej Podlaskiej 2012.
11. Wnuk R., Budowa domu pasywnego w praktyce, Przewodnik Budowlany, Warszawa 2006.
12. www.aluplast.pl,
13. www.bartosz.com.pl
14. www.dolinka.eu Jadwiga Górnicz,
15. www.drzwi-cal.pl,
16. www.ekooszczedni.pl
17. www.energeto.pl

Liczba znaków ze spacjami: 22 619

SKUTECZNOŚĆ ZARZĄDZANIA ROSZCZENIAMI W BUDOWNICTWIE

Artur Maik, Martyna Dębska
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, ul. Żeromskiego 5, 25-369 Kielce
e-mail: arturmaik@gmail.com

Streszczenie
W niniejszym opracowaniu zaprezentowano kluczowe zagadnienia zarządzania roszczeniami w projektach budowlanych. Przedstawiono cele, rodzaje, a także strategię gospodarki roszczeniowej przedsiębiorstw. Opisano także koncepcję metodyki dostosowanej do aktualnych warunków gospodarczych w obszarze zarządzania roszczeniami. Przedstawiono wyniki badań wstępnych oraz efekty czynności pilotażowych w przedsiębiorstwie budowlanym.

Słowa kluczowe: zarządzanie roszczeniami, budownictwo, zarządzanie

Wstęp

W dzisiejszych czasach zakończenie projektu sukcesem w budownictwie staje się coraz bardzie trudniejsze. Złożoność określonych prac na placach budów, konieczność stosowania wymagających i specjalistycznych technologii robót budowlanych, nierytmicznie i nieregularnie zasilany budżet, oraz stale skracany możliwy czas realizacji projektu, a także silna konkurencja wywiera presję współzawodnictwa przyczyniając się pośrednio do spadku zysków, wymuszając stosowanie niskich, przetargowych – graniczących opłacalnością marż. W skutek czego, przedsiębiorcy budowlani są obecnie zmuszeni do tworzenia ofert w których kalkulują swoje określone koszty w pobliżu granicznych wartości, a także z czasem zmuszeni do sięgania po nadwątlone rezerwy. W niektórych przypadkach należy się także liczyć z możliwością zaistnienia takiej sytuacji w projekcie, gdzie przedsiębiorstwo realizujące będzie musiało dopłacić do projektu, aby nie stracić potencjalnego klienta w przyszłości i nie wypaść z rynku. W efekcie prowadzi to do stawiania większego nacisku na stosowanie konkretnych i zdefiniowanych metod zarządzania biznesowego w realizacji projektów. Od kilku lat coraz bardziej rośnie znacznie wątku w którym poprzez wykorzystanie zaburzeń oraz niepełnego sprecyzowania kontraktowych warunków w projekcie można osiągnąć wzrost efektywności projektu. Klient bardzo często ma swoje własne odrębne potrzeby oraz dodatkowe oczekiwania, które oznajmia w początkowych etapach realizacji projektu. Pociąga to za sobą kilka kolejnych kwestii, przykładowo zmianę treści umowy,

a także zwiększenie zakresu świadczonych usług. Zamawiający musi wówczas liczyć się także z faktem, że zapłaci dodatkowe należności, ponieważ konkretne zmiany ustaleń kontraktu powodują powstanie nieprzewidzianych wcześniej w projekcie kosztów, a także mogą one generować opóźnienia w jego realizacji. Jednakże konsekwencje które wynikają z naliczeń dodatkowych kosztów wywołanych zmianą dotyczące dostaw oraz świadczenia usług w umowie, niechętnie są akceptowane przez inwestora. Inwestor, jako strona zamawiająca nie chce za nie płacić. Jednakże dzięki aktywnemu wykorzystaniu należności kierownictwo projektu uzyskuje określoną pomoc finansową, która jest dodatkowym i jakże potrzebnym wsparciem finansowym projektu. Należy więc zadbać o to, aby korzyści tych nie utracić. Jest to powód ciągle rosnącego zainteresowania w budownictwie zarządzania roszczeniami, które to zaś z powodzeniem wykorzystuje jego praktyczne formy. Zdeterminowane i we właściwy sposób zdefiniowane zarządzanie roszczeniami w biznesie projektu jest konieczne i działa w połączeniu z zoptymalizowanym zarządzaniem zmianami. Dlatego też czym wcześniejsze wykrycie danej zmiany w projekcie, tym mniejsze koszty i mniejsza dezorganizacja całego przedsięwzięcia. Publikacja ta stara się zaprezentować kwestie obsługi roszczeń poprzez odpowiednie kierowanie zaleceniami i procedurami w zarządzaniu procesami projektu i w rezultacie zapewnienie ukończenia sukcesem jego całkowitej realizacji. Opracowanie jest podzielone na cztery części: pierwsza z nich definiuje zagadnienia oraz mówi o podstawach zarządzania roszczeniami. Kolejna, druga część wskazuje na rodzaje roszczeń, a także kwestie z tym związane. Trzecia część skupia uwagę czytelnika na metodyce zarządzania roszczeniami w projektach. Wreszcie w podsumowaniu przedstawione zostaną efekty badawczo-wdrożeniowe, które znajdują się w fazie początkowej oraz wnioski końcowe.

Definiowanie zarządzania roszczeniami (ang. Claim Management)

Trudno jest jednoznacznie określić, czy też zdefiniować pojęcie „zarządzanie roszczeniami". Jak dotąd nie wypracowano jednolitej treści określenia dla „Claim Management", pomocne w zrozumieniu tego pojęcia może okazać się także porównanie dwóch koncepcji, które zostało ukazane w Rys. 1.

Źródło	Określenie pojęcie „Claim Mangement”
Franke/ Keese / Rohrmann 1994	(...) „Zarządzanie roszczeniami ... jest narzędziem do przeforsowania lub odparcia dodatkowych żądań...”
Schulte/Stumme 1998	(..) „Strategia zarządzania żądaniami oparta jest o harmonogram i negocjacje do sprawiedliwego potraktowania oraz udokumentowania wzajemnych roszczeń i żądań wynikających z zakłóceń z nieodpowiednich umownych regulacji w trakcie realizacji umowy”

Rys. 1. Porównanie definiowania pojęcia zarządzania projektami (Böker, 2003)

Zarządzanie roszczeniami obejmuje wszystkie środki, które są skierowane do aktywnego oraz także wczesnego wykrywania sytuacji roszczeniowych. Służy to do optymalnego egzekwowania wierzytelności, jak również do obrony i jeśli jest to w pewien sposób możliwe do zapobiegania żądaniom roszczeniowym. Claim Management powinno być także postrzegane jako pewnego rodzaju część zintegrowanego systemu PM (zarządzania projektami – Project Management). Przykładem zastosowania może być sytuacja, kiedy zarządzanie roszczeniami włączane jest do organizacji projektu przez kierownictwo, gdy naruszane są reguły z nim związane.

Cele zarządzania roszczeniami

W budownictwie sytuacja rynkowa może mieć duży wpływ na kalkulowanie ofert, tak by pozostały one nadal konkurencyjne w kwestii stosunku do innych ofert jednostek konkurencyjnych z danej branży. Trzeba bronić budżet, który i tak jest uszczuplony, aby nie narazić go na jeszcze większe straty. Małe zmiany wprowadzone w procesie realizacji projektu mogą doprowadzić do roszczeń inwestora, wówczas wynik finansowy danego przedsięwzięcia będzie zagrożony. Może to być spowodowane także poprzez przykładowo: niekontrolowane świadczenie nieodpłatnych, dodatkowych produktów i usług, które nie wynikają bezpośrednio z opóźnienia, jak też nie wynikają z dodatkowych roszczeń. W ramach wyspecjalizowanego zarządzania roszczeniami rozpatrywane są dodatkowe należności, w oparciu o udokumentowane określone ustalenia wynikające z treści umowy. Główne cele zarządzania roszczeniami to przede wszystkim:

- żądanie zwrotu dodatkowych kosztów poniesionych przez danego wykonawcę i nie kalkulowanych, odrębnych (nie znajdujących odwzorowania w umowie) nakładów;
- obrona przed wnioskami roszczeniowymi w kontekście tych nieuzasadnionych;
- unikanie zmniejszenia kalkulowanego rezultatu projektu (Schimmel, 2003).

Poprzez zarządzanie roszczeniami dochodzi do uzgadniania możliwości aktywnego udziału otoczenia w ich kształtowaniu.

Rodzaje roszczeń

Roszczenia są bardzo często definiowane w kontekstach – przyczyn ich wywołania lub też charakteru odszkodowawczego. Zwykło się mówić o trzech głównych roszczeń odszkodowawczych:

- finansowe;
- rzeczowe;
- planowania.

Ten podział roszczeń umożliwia zmniejszenie złożoności poszczególnych struktur, a także jednocześnie uwzględnienie przyczyn oraz powodów powstawania.

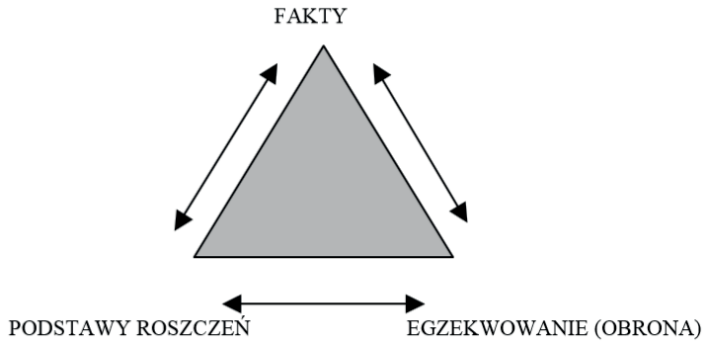
Poniżej przedstawione zostało porównanie odmiennego podejścia do wyróżnienia rodzajów roszczeń.

Rodzaje roszczeń

Roszczenia rzeczowe	Roszczenia finansowe	Roszczenia w kwestii harmonogramu

Warto podkreślić, że rzeczowe roszczenia mogą mieć wpływ na przekroczenie harmonogramu, a także nakładów finansowych. Podobnie, opóźnienia czasowe mogą spowodować, czy też doprowadzić do roszczeń w zakresie finansowych. Inny podział związany jest z aspektem merytorycznym, tj. zróżnicowania pomiędzy kapitałem i wierzytelnościami. W egzekwowaniu własnych praw, a także poniekąd obronie roszczeń wykonawcy wobec roszczeń, które pochodzą z zewnątrz mogą być wykorzystane poszczególne należności finansowe.

Trzy podstawowe elementy zarządzania roszczeniami to przede wszystkim: fakty, podstawy roszczeń oraz egzekwowanie. Aby dochodzenie roszczeń było możliwe, bardzo istotne jest zachowanie równowagi pomiędzy trzema jej filarami. Współzależności przedstawiono graficznie poniżej w postaci trójkąta na Rys. 2. Te trzy podstawowe elementy wzajemnie na siebie oddziałują, a także są powiązane. Bez odpowiednich dokumentów i wyjaśnień faktycznego stanu rzeczy, egzekucja roszczeń jest niemożliwa – nawet jeżeli pokrzywdzona strona miała rzeczywistą rację. Jeśli nie ma określonych podstaw do roszczenia, to dalsze starania do ich egzekwowania są pozbawione jakiegokolwiek sensu (Schimmel, 2003).



Rys. 2. Trzy podstawowe elementy procesu zarządzania roszczeniami (Claim, 2003)

Metodyka zarządzania roszczeniami w firmie budowlanej

Zalecenia gospodarki roszczeniowej w danym projekcie mają przyczynić się do fundamentalnego sukcesu w biznesie przez jego zabezpieczenie oraz powiększenie zysku uzyskanego z jego wyznaczonej realizacji. Kalkulacja wszystkich możliwych korzyści, powiązane jest z tym, iż zalecenia są zawarte w ofercie, w umowie fazy projektowania oraz w końcowej fazie cyklu realizacji projektu. Do zrealizowania zamówień muszą zostać zrealizowane następujące cele projektu:
Cel rzeczowy – spełnienie wymagań klienta, realizacja zapotrzebowań wynikających z preferencji klienta;
Cel czasowy – zgodność z uzgodnionym i wypracowanym czasem projektowym;
Cel ekonomiczny – osiągnięcie jak największych zysków ekonomicznych;
Wykonanie kontraktu – zgodność z obowiązującymi przepisami, a także indywidualnymi warunkami umów (Forst, 1994).

Należy zauważyć, że zarządzanie roszczeniami jest wymagające, a także należy w ten proces zaangażować kierownictwo. Musza oni posiadać wysokie doświadczenie, jak i umiejętności oraz znajomości poszczególnych metodyk, procedur i zachowań w tym zakresie. Znaczenie zarządzania roszczeniami powiązane jest z celami projektu. Wyróżniamy określone cele projektu:

- nacisk na skracanie terminu;
- rozwój i zapotrzebowanie na jakość w projekcie;
- większa liczba zainteresowanych stron zarówno z zewnątrz, jak i wewnątrz;
- coraz bardziej surowe warunki umowy i regulacje ustawowe;
- niższe cena oraz rosnące koszty (Schimmel, 2003).

Postępowanie w zarządzaniu roszczeniami w przedsięwzięciu

Rozróżnia się profilaktyczne, dokładniej prewencyjne oraz zapobiegawcze, a także aktywne zarządzanie roszczeniami. Zróżnicowany potencjał roszczeniowy występuje w fazie projektowania danej oferty, jak i samej umowy. Prewencja w zarządzaniu roszczeniami może także odnosić się do procedury przetargowej, występować w fazie projektowania danej umowy, a także w początkowej fazie realizacji. Przez określone i zgłoszone uwagi w przypadku dużych projektów, faza przetargu może przedłużyć się nawet do jednego roku. Na tym konkretnym etapie koszt zatrudnionych wysoko wykwalifikowanych specjalistów, a także koszty przygotowania wniosków, mogą wynosić od 3% do 5% wartości projektu. Pojęcia i zagadnienia wprowadzane w fazie negocjacji i fazie projektowania jako elementy przedsięwzięcia powinny skutkować formalnym zawarciem spisanej umowy. Faza projektowania umowy stanowi największy potencjał podstawy do określonych roszczeń. Ponieważ w trakcie realizacji złożonych projektów wymagane pozostają zmiany biznesowe w ich podstawowej konfiguracji, powoduje to aktywne zarządzanie danymi roszczeniami. Wszystkie określone zmiany muszą być dokładnie zrealizowane, określone w katalogach i opisane. „Celem zarządzania roszczeniami w trakcie realizacji zlecenia jest dostarczenie strategii postępowania do podjęcia obrony własnych roszczeń i odparcia ataku roszczeń zewnętrznych, bez uszczerbku dla realizacji całości zamówienia". Po zakończeniu danego przedsięwzięcia należy przestrzegać określonych zasad analizowania, jak i archiwizowania danych, które pochodzą z procesu realizacji. Wyniki obserwacji powinny służyć dla kolejnych projektów, a także pomocy technicznej w ciągłym procesie doskonalenia czynności projektowych. Procedurę zalecaną w zarządzaniu określonymi roszczeniami podzielono na poszczególne fazy, rozciągających się na cały toku realizacji projektu (Gierszewska, 2001).

Środki zapobiegawcze w fazie przygotowania oferty/umowy

Umowa budowlana opiera się przede wszystkim na przepisach kodeksu cywilnego, przepisach prawa budowlanego i zagospodarowania przestrzennego i przepisach prawnych dotyczących zamówień publicznych, ponieważ biorą one pod uwagę względy specjalne w branży budowlanej, a także są w stanie sprecyzować rodzaj robót oraz ich zakres. Prawnie uregulowane w umowie budowlanej są obowiązki wykonawcy, a także obowiązek zapłaty przez klienta. Fundamentalna analiza oferty, jak i samej umowy jest absolutnie niezbędna do określenia ryzyka zaistnienia zagrożeń oraz do możliwości ich odpowiedniego wykrywania. Zawarta w umowie obrona przed ryzykiem wymaga ścisłej współpracy z zakładową obsługą prawną do rzeczywistego opracowania jednolitej strategii do obrony przed żądaniami. Dlatego też wszelkiego rodzaju umowy są indywidualnie analizowane w celu wykrycia określonych i potencjalnych roszczeń. Warto także zwrócić uwagę, że określone zasady strategii typu obronnego lub ofensywnego roszczeń muszą być przestrzegane oraz

systematycznie stosowane, posługując się podejściem metodologicznym w wykorzystaniu pierwotnej zdolności do obrony. Ważną rzeczą jest, aby zrozumieć omawiany kontrakt jako zbiór danych reguł i zasad. Optymalizacja umowy powinna być sprecyzowana i wystawiona na pierwszy plan i jest ona obowiązującym prawem umawiających się obydwu stron. Podczas spotkania otwierającego dany projekt lub po złożeniu konkretnego zamówienia, powinna być wyjaśniona zasada, iż w przepisach „regulaminu wewnętrznego" umowy istnieje możliwość określonego (po spełnieniu proceduralnych wymogów) dokonania zmian w jej treści. Analiza tej dokumentacji projektowej służy do optymalizacji wszystkich procesów i jest podstawą do osiągnięcia sukcesu w zarządzaniu roszczeniami. Według trzech żądań - egzekwowanie roszczeń jest niemożliwe bez odpowiedniej weryfikacji i udokumentowania spraw z nimi związanych. Należy ukierunkować określoną selekcję akt w dokumentacji projektowej, aby ułatwić znalezienie rozstrzygającego i pewnego dowodu do zaspokojenia żądania lub do obrony przed konkretnym roszczeniem (Schimmel, 2003).

Prace wdrożeniowe metodyki zarządzania roszczeniami

Pilotażowym pracom wdrożeniowym konkretnej metodyki zarządzania roszczeniami poddano firmę budowlaną o średniej wielkości (zatrudniającej około 80 pracowników). Przedsiębiorstwo to realizuje kilka budów jednocześnie na obszarze województwa świętokrzyskiego i województw bliskich-ościennych. Zarząd przedsiębiorstwa po przedstawieniu celów i oczekiwanych korzyści z wdrożenia metodyki zarządzania roszczeniami, zaakceptował tę inicjatywę, a także wyraził zgodę na wprowadzenie zmian. W przedsiębiorstwie tym zostało przeprowadzone szkolenie z zakresu omawianego tematu. Następstwem szkolenia było zaprowadzenie ksiąg CM na każdej z budów oraz w działach biorących udział w eksperymencie w celu rejestrowania i monitorowania działań związanych z problemami generującymi roszczenia napotkanymi w działalności firmy. Pracownik zajmujący się na co dzień przygotowaniem kontraktów do umów i ich weryfikacji otrzymał nowy poszerzony zakres obowiązków o zadania Claim Managera. Ponadto do agendy narad produkcyjnych dodano stały punkt spotkań poświęcony roszczeniom, które zostały odnotowane w księgach CM. Podczas tych sesji kierowniczej dokonywana jest wspólna analiza zaistniałych roszczeń oraz opracowywany sposób postępowania, aby dokonać skutecznego wykorzystania własnych roszczeń i odeprzeć roszczenia zewnętrzne. Wnioski oraz zalecenia z narady są realizowane przez wyznaczonych pracowników, których obowiązkiem jest składanie raportu o efektach ich działań do zakładowej komórki CM. Ostateczne rozliczenie załatwienia spraw związanych z gospodarką roszczeniami przedstawia zarządowi „kierownik roszczeniowy" przedsiębiorstwa. Proces wdrażania zarządzania roszczeniami jest poddawany obserwacji z pomocą kwestionariusza kontrolnego kierowanego do konkretnej i odpowiedniej grupy docelowej. Zebrane kwestionariusze są analizowane i oceniane miernikami skuteczności podjętych działań.

Odpowiedzi na pytania zawarte w kwestionariuszu służą do oceny potencjału zarządzania roszczeniami w tym konkretnym przedsiębiorstwie budowlanym. Okres trzech miesięcy od konkretnej daty w roku 2013, to jest od momentu rozpoczęcia wdrażania metodyki zarządzania roszczeniami jest krótkim okresem badawczym. Zebrano na chwilę obecną po trzy kwestionariusze z każdej jednostki objętej programem wdrażania Claim Management w przedsiębiorstwie. Te materiały, jak i wywiad kierunkowy przeprowadzony z kierownictwem zarządu spółki pozwalają prognozować powodzenie zastosowania metodyki CM. Poniższy rysunek przedstawia konkretne zależności, który były badane w tym konkretnym przykładzie.

Σ (suma)	+ (znak)	Roszczenie egzekucji praw własności wobec klienta
Σ	-	Utracone roszczenia zewnętrzne na rzecz klientów
Σ	+	Roszczenia egzekucji praw własności wobec dostawców
Σ	-	Utracone roszczenia zewnętrzne na rzecz dostawców
Σ	-	Koszty rozstrzygnięć roszczeń
Σ	**=**	**Wyniki oceny (pozytywne lub negatywne)**

Rys. 3. Zależności podczas badań nad procesami zarządzaia roszczeniami (opracowanie własne)

Wnioski końcowe

Zebranie kwestionariuszy oraz poddanie ich wyników danej analizie potwierdzają stan ciągłego doskonalenia procesów zarządzania roszczeniami w działalności zarządzającej przedsiębiorstwem. Już wstępna analiza tych konkretnych materiałów wskazuje na pozytywne, przekraczające oczekiwania - dane efekty. W początkowej fazie z uwagi na brak nawyków w prowadzeniu dokumentacji projektowej zarządzania omawianymi roszczeniami konieczne było przeprowadzenie szkoleń z tego zakresu (również w celu zmiany mentalności kadry kierowniczej). Po tym okresie w wprowadzonych księgach CM znalazły się pierwsze opisy danych zdarzeń podlegających analizie, a później podejmowano stosowne kroki w celu uzyskania wymiernych korzyści dla danej jednostki. Trzymiesięczny okres wdrażania został przez kierownictwo firmy oceniony bardzo przychylnie. Stwierdzono, że aktualna polityka przed wdrożeniem programu w zakresie roszczeń była przypadkowa i chaotyczna. Tylko w danych ewidentnych przypadkach roszczeń głównie zewnętrznych podejmowano kroki obronne, a także rzadkimi przypadkami było egzekwowanie roszczeń własnych. Po wprowadzeniu systematycznego dokumentowania roszczeń wiele z nich przyniosło dodatnie efekty, chroniąc swoje przedsiębiorstwo przed nieoczekiwanymi stratami oraz przysparzając dodatkowych zysków głównie wynikających z tytułu podejmowanych koniecznych, dodatkowych prac. Kierownictwo przedsiębiorstwa zaakceptowało kształtującą się powoli strategię zarzą-

dzania roszczeniami, a także postanowiło włączyć jej treść do strategii firmy. Jednocześnie ukształtowała się świadomość o jej ciągłym możliwym doskonaleniu z uwagi na krótki okres jej stosowania. Jednocześnie dla autorów niniejszego opracowania będzie to doskonały obszar badawczy. Niechętnie na początku wdrożeń przyjmowane zmiany przez pracowników do przemian z obojętnej na uczestniczącą aktywnie i kreatywnie w zarządzaniu określonymi roszczeniami. Te stwierdzenia mówią o określonym właściwym kierunku prac wdrożeniowych Claim Management i wskazane jest zainteresowanie tymi działaniami większej liczby firm budowlanych.

Bibliografia:

1. Böker L., Vertragsrecht und Claim Management. Grundlagen für eine gesicherte, zielorientierte Auftragsabwicklung. Wydanie III zmienione, Expert-Verlag Gmbh, Reinnigen/Malmsheim 2003.
2. Forst H-J., Projektmanagement im Anlagenbau. Wydanie I, VDE Verlag, Berlin 1994.
3. Gierszewska G., Romanowska M., Analiza strategiczna przedsiębiorstwa, PWE, Warszawa 2001.
4. Hamrol A., Zarządzanie jakością z przykładami, PWN, Warszawa 2007.
5. Matuszczak-Flejszman A., Łuczak J., Metody i techniki zarządzania jakością, Kompendium wiedzy Quality Progress, Poznań 2007.
6. Shimmel U., Projektmanagement, Wydanie I, Weka Media, Kissing 2003.

Liczba znaków ze spacjami: 21 629

PROBLEMATYKA ZASOLENIA I ZAWILGOCENIA MURÓW ZABYTKOWEGO SPICHLERZA W KAZIMIERZU DOLNYM

[1]Danuta Barnat-Hunek, [2]Agnieszka Karwacka
[1]Politechnika Lubelska, Katedra Budownictwa Ogólnego
Wydział Budownictwa i Architektury, ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin
e-mail: d.barnat-hunek@pollub.pl
[2]Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej
Wydział Nauk Ekonomicznych i Technicznych, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska
e-mail: a.karwacka@dydaktyka.pswbp.pl

Streszczenie:
W pracy scharakteryzowano główne czynniki powodujące niszczenie obiektów zabytkowych Kazimierza Dolnego wykonanych z opoki wapnistej. Woda, sole w niej rozpuszczalne, zmiany temperatury i działalność mikroorganizmów to główne przyczyny niszczenia elementów kamiennych. Oddziaływanie wymienionych czynników może być związane również z wieloma błędami konserwatorskimi podczas remontów zabytkowych obiektów. W roku 2010 przeprowadzono ocenę stanu technicznego murów zabytkowego Spichlerza Ulanowskich. Wykonano badania stopnia zasolenia i wilgotności zabytkowych murów spichlerza. Podano charakterystykę mineralogiczno-petrograficzną opoki wapnistej. Na podstawie wyników badań sformułowano ogólne zalecenia dotyczące zakresu prac remontowych fasady budynku.

Słowa kluczowe: opoka wapnista, zasolenie, zawilgocenie

Wstęp

Niekorzystną cechą opoki wapnistej z okolic Kazimierza Dolnego jest porowata struktura, która przekłada się na jej niską odporność na działanie wody. Nieodporny na wodę i mróz kamień ulega przyspieszonej destrukcji zwłaszcza, gdy znajdują się w nim sole rozpuszczalne w wodzie, które dodatkowo potęgują procesy jego niszczenia.

Opoka wapnista, z której zbudowano większość ówczesnych obiektów zabytkowych jest kamieniem szczególnie trudno poddającym się zabiegom renowacyjnym i konserwacyjnym. Jej specyficzny skład mineralny, struktura, oraz nierzadko zła konserwacja, wadliwe i nie zawsze zgodne z zaleceniami konserwatorskimi remonty są przyczyną postępujących zniszczeń obiektów (Barnat – Hunek D., Franus W., Klimek B., 2006).

Za postępującą degradację obiektów odpowiadają najczęściej:

- łuszczenie powierzchni kamienia związane ze zróżnicowaną rozszerzalnością cieplną materiałów użytych do wzniesienia murów (szczególnie widoczne na południowych fasadach), sztuczna patyna przejawiająca się szarymi, „brudnymi" wykwitami, nalotami, nawarstwieniami, korozja biologiczna: porosty, algi, mchy, duże zawilgocenie i zasolenie obiektu.

Przyczyny zniszczenia zmieniały się w czasie, tak jak zmieniało się przeznaczenie obiektów (część obiektów stanowiło magazyny nawozów sztucznych), sposób ich użytkowania, wpływ środowiska naturalnego, koryto Wisły itp.

Największym i niezmiennym czynnikiem niszczącym oprócz intensywnego wietrzenia (Pinińska J., Łukaszewski P., 2005) jest woda, która przez wiele lat rozpuszczała, wymywała, spęczniała składniki mineralne nieodpornego kamienia (Domasłowski W., 1993). Bezpośredniej przyczyny zniszczeń należy szukać w niskiej mrozoodporności kamienia, na którą niezaprzeczalny wpływ ma wysoka porowatość i nasiąkliwość wapienia. Wykonane badania porozymetryczne opoki wapnistej wykazały największą zawartość mezoporów, czyli porów o średnicach od 2 do 50 nm. Taka mikrostruktura kamienia sprzyja wchłanianiu wody kapilarnej, która podczas zamarzania rozsadza kamień. Skutki działania mrozu są szczególnie widoczne na nieosłoniętych fragmentach elewacji budynków, jak gzyms czy attyka, które narażone są na wody opadowe zawierające szkodliwe związki chemiczne (Płuska I., 2005). Zniszczenia spowodowane zanieczyszczeniami atmosferycznymi można zauważyć między innymi na pokaźnym szczycie najstarszego XVI-wiecznego spichlerza (Rys. 2).

Zniszczeń dokonują nie tylko temperatury ujemne, ale gwałtowne wahania temperatury, wielokrotne cykle zamarzania i odmarzania, co szczególnie uwidacznia się na południowych elewacjach budynków. Tam z reguły zniszczenia są największe, obserwuje się dezintegrację tynków, zapraw i samego kamienia (Rys. 7, 8).

Na wielu obiektach tynk wapienny nie wykazuje prawie żadnej przyczepności do podłoża jakim jest opoka wapnista (Rys. 8). Często brak oryginalnych tynków, a te które zachowały się wykazują duży stopień zwietrzenia.

Poważnym źródłem uszkodzeń związanym z wodą jest zjawisko migracji, a następnie krystalizacji soli (Rys. 12) rozpuszczalnych w wodzie (Skibiński S. 1985). Źródłem zasolenia jest między innymi zanieczyszczone powietrze w związku z bliskim sąsiedztwem Zakładów Azotowych w Puławach, które powodowało duże stężenie siarki i azotu w powietrzu. Wiele obiektów nie posiada żadnej izolacji przeciwwilgociowej, co stwarza dogodne warunki do migracji soli podciąganych kapilarnie z gruntu. W konsekwencji prowadzi to do poważnych uszkodzeń wypraw tynkarskich i samego podłoża.

W trakcie przemieszczania się na wysokości muru sole ulegają frakcjonowaniu. Zjawisko to jest wynikiem różnicy rozpuszczalności soli. Można wyróżnić trzy strefy segregacji (Adamowski J., Wydra W., 1999). W najbliższej ziemi strefie odkładają się węglany wapnia i magnezu oraz siarczan wapnia, czyli gips. Strefa druga położona nad strefą pierwszą i wykazuje największe uszkodzenia. Spowodowane jest to tym, że zalegają w niej najbardziej szkodliwe siarczany – magnezu i bezwodnego sodu. Mogą w niej również występować wykwity azotanu potasu. W ostatniej, najwyżej położonej strefie dominują azotany: wapnia, magnezu, sodu, a także chlorki potasu i sodu (sól kuchenna). Jednocześnie jest to strefa charakteryzująca się największym zawilgoceniem.

Produkty przejścia soli z fazy ciekłej do stałej zwiększają swoja objętość. Prowadzi to bezpośrednio do wywierania ciśnienia na otaczający materiał. Ciśnienie to osiąga na tyle znaczące wartości, że po kilku cyklach krystalizacji i ponownego rozpuszczenia soli następuje dezintegracja granularna.

Czynnikiem destrukcyjnym i mało estetycznym elewacji jest korozja biologiczna, a zwłaszcza drobnoustroje autotroficzne i heterotroficzne (Domasłowski W., 1993). Algi, porosty jak i grzyby powodują powstawanie kwasów organicznych rozpuszczających składniki wypraw i samego podłoża. Na murach wapiennych można zaobserwować między innymi grzyby sadzakowate w postaci ciemnych, szpecących elewację plam. Jednym z przykładów jest południowo – wschodnia ściana spichlerza w Kazimierzu Dolnym, która sąsiaduje z wysoka zalesiona skarpą. Na rys. 9 przedstawiono bardzo niekorzystny wpływ skrajnych warunków ekspozycji zewnętrznej budynku. Czarne plamy przypominają raczej zacieki spowodowane zanieczyszczeniami atmosferycznymi i brakiem obróbki blacharskiej, niż korozję biologiczną.

Za obecny stan zachowania zabytkowych elewacji w Kazimierzu Dolnym i okolicach nie mogą ponosić odpowiedzialność tylko specyficzne właściwości kamienia; jak wysoka porowatość, niska mrozoodporność, czy też zanieczyszczenia środowiska itp. Niedopuszczalne są przede wszystkim błędy wykonawcze podczas remontów oraz zabiegów konserwatorskich. Wadliwy dobór technologii, nieodpowiednio zastosowane materiały budowlane (tynki cementowe na wapieniu, farby o niskiej paroprzepuszczalności, brak obróbek blacharskich), często nie stosowanie kompleksowych systemów naprawczych, przypadkowy dobór materiałów, przeprowadzanie remontu bez wykonania właściwej izolacji przeciwwilgociowej prowadzi do jeszcze większych, czasem nieodwracalnych szkód (Barnat – Hunek D., Franus W., Klimek B., 2006).

Opoka wapnista z której zbudowano większość obiektów Kazimierza Dolnego i okolic jest dobrym materiałem budowlanym i architektonicznym pod warunkiem zastosowania pełnej izolacji od wód opadowych i gruntowych. Wytrzymałość mokrej opoki spada nawet do 50%, a wyprawy tynkarskie nie wykazują należytej przyczepności. Za zawilgocenie murów w znacznej mierze odpowiadają niewłaściwie wykonane, bądź uszkodzone izolacje przeciwwilgociowe.

W celu oceny stanu zachowania skorodowanych murów z opoki w roku 2010 przeprowadzone badania zawilgocenia i stopnia zasolenia elewacji jednego z najstarszych obiektów Kazimierza Dolnego. Wykonano badania mineralogiczno – petrograficzne w celu dokładnej charakterystyki opoki wapnistej, zapraw i tynków użytych do wzniesienia obiektu. Na podstawie wyników badań sformułowano ogólne zalecenia dotyczące zakresu prac remontowych murów spichlerza.

Charakterystyka obiektu

Przedmiotem badań jest zabytkowy szesnastowieczny Spichlerz Ulanowskich przy ul. Puławskiej w Kazimierzu nad Wisłą (Fot. 1,2), zwany dawniej jako Spichlerz Mikołaja Przybyły. Jest to najstarszy spichlerz w tej miejscowości, wybudowany w II połowie XVI w., od II połowy wieku XIX do I wojny światowej użytkowany był jako garbarnia. W latach 1946-49 przeszedł remont, a od 1975 służył jako magazyn nawozów sztucznych Gminnej Spółdzielni Samopomoc Chłopska. Aktualnie obiekt jest własnością Muzeum Nadwiślańskiego i mieści się w nim Muzeum Przyrodnicze.



Rys. 1. Spichlerz Ulanowskich – widok ogólny



Rys. 2. Trzykondygnacyjny szczyt z bogatymi sterczynami

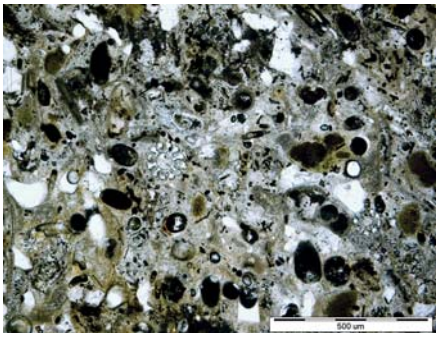
Spichlerz Ulanowskich jest budynkiem trójkondygnacyjnym, murowanym, niepodpiwniczonym. Obiekt położony jest na terenie płaskim. Spichlerz usytuowany jest kilkadziesiąt metrów od koryta Wisły tuż przy zalesionym wzgórzu. Ściany wzniesiono z opoki wapnistej – materiału charakterystycznego dla rejonu Kazimierza Dolnego. Budulec pochodzi z pobliskich kamieniołomów, które funkcjonowały jeszcze na początku XX wieku. Grubość ścian w przyziemiu waha się od około 1,00 do 1,30m. W wyższych partiach obiektu są one o około 10-15cm cieńsze. Dekoracyjne partie szczytu murowano z cegły. Więźba dachowa drewniana storczykowa z pokryciem dachówką holenderką. Elewacje budynku tynkowane w kolorze piaskowym. Tynki zewnętrzne wapienne i miejscowo cementowo – wapienne na siatce z tworzywa sztucznego pochodziły z okresu remontu w 1992 roku. Podwalina dachu zwieńczona na całym obwodzie ozdobnym gzymsem, na ścianach szczytowych zwieńczonym dachówką. Szczyty bogato zdobione sztukaterią kamienną. Od frontu na narożach znajdowały się imitacje pierwotnie występujących tutaj boni (tzw. sgraffit) (Chmielewski Ł., Gnat K., Barnat – Hunek D., 2006). W ostatnich latach przeprowadzono rewitalizację całego obiektu.

Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna opoki wapnistej

W celu zebrania danych dotyczących struktury podłoża, jego składu mineralnego i cech fizycznych wykonano badania oznaczenia składu mineralnego pobranych materiałów wykorzystując mikroskopię optyczną w świetle spolaryzowanym (Rys. 3), skaningową mikroskopię elektronową (Rys. 4) oraz dyfraktometrię rentgenowską XRD (Rys. 5). Badania mineralogiczne kamienia uzupełniono oznaczeniami teksturalnymi, wykorzystując porozymetrię rtęciową (Rys. 6).

Na dyfraktogramie składu mineralnego stwierdzono obecność kalcytu, kwarcu, glaukonitu i opalu, z którego zbudowane są igły gąbek i pancerzyki okrzemek. Potwierdziły to obrazy mikroskopu optycznego.

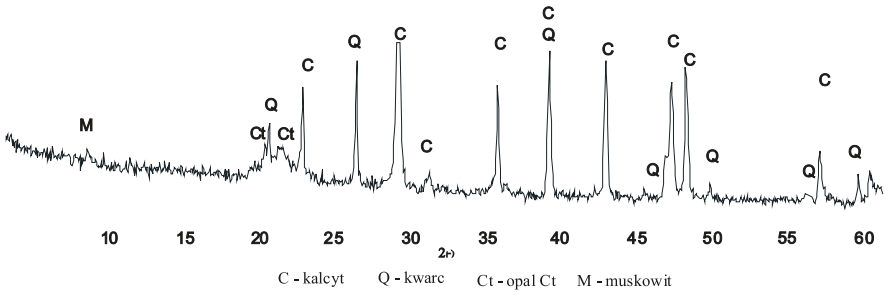
Skład chemiczny opok to węglany, głównie wapnia ($CaCO_3$) i magnezu ($MgCO_3$). Obok nich istotnym składnikiem jest krzemionka (SiO_2), które razem stanowią blisko 94%. Domieszka trójtlenku glinu (Al_2O_3), czyli korundu nie przekracza 5%. Pozostałe minerały stanowią co najwyżej 1% składu opok.



Rys. 3. Obraz mikroskopowy opoki.
Mikroskop optyczny, XN



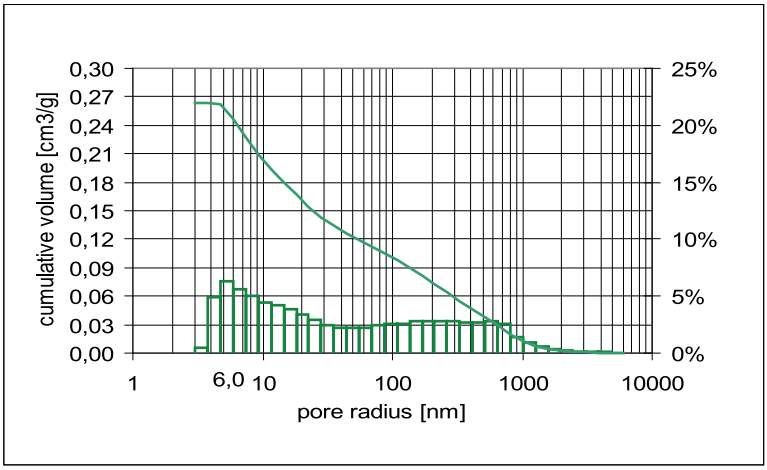
Rys. 4. Porowata struktura opoki –skaningowa mikroskopia elektronowa SEM (x1000)



Rys. 5. Dyfraktogram składu mineralnego opoki

Zaprawa i tynk pobrane z murów spichlerza wykazują charakter wapienny. W składzie mineralnym dominuje kalcyt, któremu towarzyszą kwarc i skalenie związane głównie z wypełniaczem.

Porozymetria rtęciowa wykazała, iż w badanej skale dominują pory o średnicy 8-10 nm (Rys. 6). Są to wielkości charakterystyczne dla mezoporów zgodnie z klasyfikacją IUPAC. Porowatość tego wapienia waha się w granicach od 39,75 do 40,04 %. Gęstość właściwa wynosi od 2,48 do 2,81 g/cm^3, zaś gęstość pozorna od 1,49 do 1,67 g/cm^3 (badania wykonane zgodnie z PN-EN 1936:2010).



Rys. 6. Porozymetria rtęciowa opoki wapnistej z murów Spichlerza

Właściwości fizyczne i mechaniczne opok są zmienne w czasie. Opoki w złożu są skałami miękkimi, a twardnieją i stają się zwięzłe dopiero po wydobyciu na powierzchnię. Zasadnicze zmiany cech fizycznych zachodzą w przeciągu pierwszych sześciu miesięcy od wydobycia na powierzchnię. Parametry fizyczne i skład chemiczny opok pochodzących z kamieniołomów z okolic Kazimierza Dolnego zestawiono w Tabeli 1.

Tab. 1. Parametry fizyczne i skład chemiczny opok z okolic Kazimierza Dolnego (praca zbiorowa pod redakcją S. Kozłowskiego, 1984)

Parametr	**Kazimierz Dolny**	**Piotrowin (Piotrawin)**	**Nasiłów**
CaO [%]	34,0 – 42,7	25,3 – 34,4	19,6 – 45,2
MgO [%]	0,7 – 0,9	0,2 – 3,3	0,4 – 1,1
SiO_2 [%]	17,1 – 31,9	29,6 – 46,2	14,5 – 51,6

Fe_2O_3 [%]		1,1 – 3,9	0,8 – 3,1	1,1 – 3,9
Al_2O_3 [%]		1,3 – 2,0	1,2 – 5,2	1,0 – 4,1
$CaCO_3 + MgCO_3$ [%]		70,9	53,4	67,4
Gęstość [t/m^3]	zakres	2,4 – 2,6	2,2 – 2,6	2,5 – 2,6
	średnia	2,5	2,5	2,6
Gęstość pozorna [t/m^3]	zakres	1,3 – 1,7	1,1 – 1,5	1,3 – 1,6
	średnia	1,5	1,3	1,4
Nasiąkliwość wagowa [%]	zakres	14,1 – 29,6	22,7 – 36,8	10,5 – 30,1
	średnia	23,2	31,7	23,2
Nasiąkliwość objętościowa [%]	zakres	–	–	10,7 – 50,0
	średnia	–	–	26,7
Porowatość [%]	zakres	35,4 – 50,1	37,9 – 50,6	40,4 – 51,1
	średnia	42,3	46,5	46,2
Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	średnia	15,5	13,6	14,7
	na sucho	2,6 – 19,0	–	1,5 – 18,0
	na mokro	11,8	–	9,7
Ścieralność na tarczy Bohmego [cm]	zakres	0,4 – 1,3	0,8 – 1,8	0,5 – 1,8
	średnia	0,8	1,2	1,1

Stan zachowania murów spichlerza

Główną przyczyną zawilgocenia i zasolenia murów zabytkowego spichlerza są wpływy środowiska, a także specyficzny mikroklimat panujący w Kazimierzu Dolnym. Woda zawarta w glebie i powietrzu przez dziesięciolecia ingerowała w konstrukcję budynku. Niska mrozoodporność kamienia oraz nadmierna insolacja powodują dezintegrację zabytkowych murów z opoki. Nierozłączny związek z obiegiem wody ma migracja soli zawartych w glebie i zanieczyszczonej atmosferze. Za zły stan murów spichlerza odpowiadają także występujące na elewacjach grzyby, glony i porosty. Wydzielane przez nie związki o charakterze kwasowym rozpuszczają strukturę wapienia, co w konsekwencji zwiększa jego porowatość i obniża mrozoodporność.

Elewacja północno – zachodnia (frontowa): Można zaobserwować na niej liczne ubytki i spękania tynku na siatce, który można ręcznie odspoić (Rys. 8). Odpadająca złuszczona farba, ciemne naloty (Rys. 7). Najbardziej zniszczone są partie przyziemia. Widoczne silne zawilgocenie, a miejscami zasolenie murów. Od strony północnej ele-

wacja zachowała się w dobrym stanie, walory estetyczne zostały zachwiane przez szare nawarstwienia. Jednak podczas pobierania próbek zaprawy wiertnicą wolnoobrotową dało się zauważyć ruch pojedynczych elementów muru co pozwala stwierdzić, że nie ma między nimi silnego powiązania.



Rys. 7. Destrukcyjne działanie wody i soli



Rys. 8. Uszkodzenia tynków wapiennych na siatce – elewacja frontowa

Elewacja południowo – zachodnia: W strefie rozbryzgowej zaobserwowano ubytki tynku i farby. Elewacja ta jest najbardziej narażona na wahania temperatury i wpływ insolacji (w południe, zwłaszcza w okresie letnim dochodzi do silnego nagrzewania się muru) co szczególnie przejawia się na kamiennej przyporze (Rys. 1). W godzinach porannych panuje duża wilgotność związana z obecnością zalesionej skarpy. Na odsłoniętych fragmentach muru z opoki wapnistej występuje silne zasolenie. W budynku brak izolacji przeciwwilgociowych, a miejscami pozostały jej nieliczne fragmenty.

Elewacja południowo – wschodnia: Największe zniszczenia i ubytki tynku, łuszcząca się farba. Zawilgocenie i zasolenie murów. Na całej wysokości ściany wykwity, porosty i grzyby. Dodatkowo niszczenie elewacji powoduje woda spływająca ze stalowej konstrukcji schodów prowadzących na poddasze. Kilkanaście metrów od obiektu znajduje się zalesiona skarpa sprzyjająca korozji biologicznej (Rys. 9).



Rys. 9. Wynik działania wody, soli i korozji biologicznej

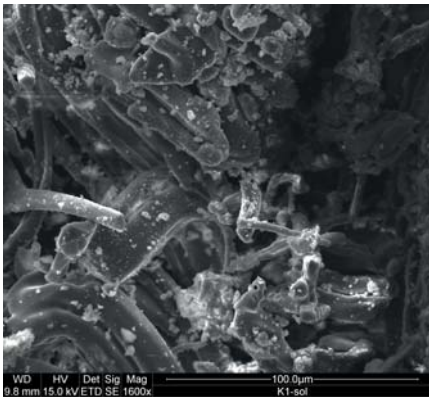


Rys. 10. Korozja biologiczna tynków przyziemia spichlerza

Elewacja północno – wschodnia: Elewacja w ciągu całego roku pozostaje zacieniona w związku z tym wpływ naprężeń termicznych jest znikomy. Występują sprzyjające warunki do rozwoju drobnoustrojów (Rys. 10). Po tej stronie obiektu występuje średnie zawilgocenie rzędu 7%. Tynki dość mocno spękane wykazują lepszą przyczepność do podłoża niż na elewacji południowej.



Rys. 11. Miejsce wykazujące największe zawilgocenie i zasolenie muru (nr 2) na elewacji północno – zachodniej (Rys. 7)

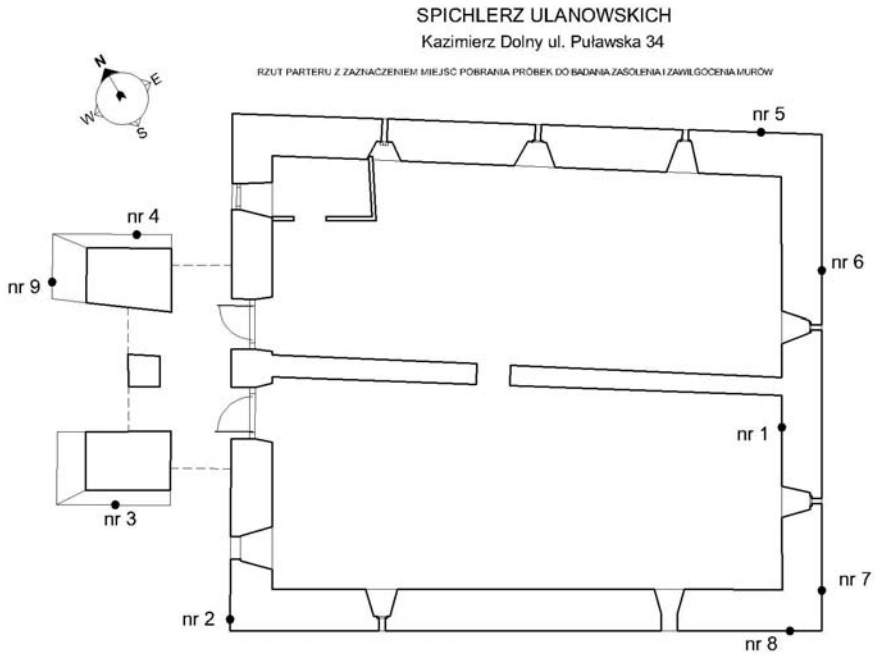


Rys. 12. Krystalizacja soli wewnątrz opoki pobranej z murów spichlerza - halit (NaCl) (x1600)

Badania wilgotności oraz stopnia zasolenia murów spichlerza

Badania próbek kamienia, zapraw i tynku pobranych z murów Spichlerza Ulanowskich przeprowadzono na przełomie czerwca i lipca 2010r.

Próbki do badań pobrano z dziewięciu stanowisk badawczych rozmieszczonych wewnątrz i na zewnątrz budynku. Miejsca poboru próbek przedstawiono na szkicu parteru spichlerza (Rys. 13).



Rys. 13. Rzut parteru spichlerza z oznaczeniem miejsc pobrania próbek do badań (Chmielewski Ł., Gnat K., Barnat – Hunek D., 2006)

O wyborze miejsca wykonania odwiertu decydował stan zachowania murów oraz występujące uszkodzenia mechaniczne i biologiczne. Odwierty badawcze wykonano przy pomocy wiertnicy wolnoobrotowej na głębokość od 5 do 18 cm na wysokości od 20 do 180 cm nad poziomem gruntu.

Badania zawilgocenia muru oraz wilgotności próbek zostały przeprowadzone przy użyciu miernika Protimeter Surveymaster SM–BLD 5350. Ponadto w warunkach laboratoryjnych wilgotność próbek została oznaczona metodą wagowo - suszarkową, która potwierdziła wskazania miernika.

Określono zawartości chlorków metodą miareczkowania argentometrycznego wobec dwufenylokarbazonu, azotanów i siarczanów metodą półilościową, kolorymetryczną. W celu oceny stopnia zasolenia przyjęto niemiecką skalę WTA – Merkblatt 2-6-99.

Do badań użyto gotowych odczynników firmy Merck pozwalających na wykrycie odpowiednich jonów oraz ich zawartości w roztworze wyrażonej w mg/l.

Wyniki przeprowadzonych oznaczeń i badań zestawiono w tabeli (Tab. 2).

Tab. 2. Wyniki badań wilgotności i stopnia zasolenia murów Spichlerza Ulanowskich.

Nr próbki	Zawartość soli						pH	Wysokość pobrania [cm]	Wilgotność**	
	Azotany [NO_3^-]		Siarczany [SO_4^{2-}]		Chlorki [Cl^-]				%	zawilgocenie
	%	Zasolenie*	%	Zasolenie*	%	Zasolenie*				
1	>0,05	niski	<1,00	średni	0,05	niski	6,0	148	10,5%	mzw
2	**0,50**	**wysoki**	1,00	średni	**0,80**	**wysoki**	6,0	163	11,6%	mzw
3	<0,05	niski	1,00	średni	0,06	niski	6,5	90	3,8%	pw
4	<0,05	niski	1,00	średni	0,04	niski	6,0	40	7,0%	szw
5	<0,05	niski	>1,20	średni	0,04	niski	7,0	25	7,2%	szw
6	<0,05	niski	**>1,70**	**wysoki**	0,05	niski	6,0	35	3,9%	pw
7	0,05 - 0,12	niski do średniego	<1,00	średni	>0,10	niski	6,0	147	8,5%	mzw
8	<0,05	niski	<0,50	niski	0,05	niski	6,0	20	9,2%	mzw
9	<0,05	niski	>1,42	średni	0,03	niski	6,0	180	5,8%	szw

* Ocena stopnia zasolenia na podstawie WTA 2-6-99-D.
** wilgotność badano metodą wagowo - suszarkową
pw – podwyższona wilgotność, szw – średnie zawilgocenie, mzw – mocne zawilgocenie.

W Spichlerzu Ulanowskich żadna z pobranych próbek nie wykazała dopuszczalnego stopnia zawilgocenia (3-5%). Stopień zawilgocenia mieścił się w przedziale od 3,8 do 11,6%.

W większości próbek nie stwierdzono obecności chlorków i azotanów. Z całej próby tylko jedna próbka pobrana ze zniszczonego, północno-zachodniego narożnika budynku (nr 2) odznaczała się bardzo dużą obecnością chlorków i azotanów.

Odmiennie jest z zawartością siarczanów. Występują one niemal we wszystkich badanych próbkach za wyjątkiem jednej (nr 8). Większość próbek odznacza się umiarkowaną zawartością soli siarczanowych, jednak trzy próbki posiadają dużą lub bardzo dużą zawartość tych soli (numery 5, 6, 9).

Rozkład zasolenia oraz stężenie oznaczanych jonów w murze Spichlerza jest bardzo zróżnicowany, czego przykładem są chociażby próbki o numerach 2 i 8. Pierwsza odznacza się bardzo dużą zawartością soli azotanowych podobnie jak chlorkowych, natomiast próbka ósma jako jedyna spośród badanych zawierała śladowe ilości wszystkich rodzajów soli tj. chlorków, siarczanów i azotanów. Wysoki stopień zasolenie nie można w tym przypadku wiązać wyłącznie z wodą podciąganą kapilarnie z gruntu, gdyż miejsce o najniższym zasoleniu znajduje się około 20 cm nad terenem. Natomiast największe zniszczenia spowodowane wodą i zasoleniem zlokalizowane są na elewacji frontowej163 cm nad poziomem gruntu (Rys. 7, 11).

Podsumowanie

Stan zachowania murów i wypraw tynkarskich wielu obiektów zabytkowych Kazimierza Dolnego jest niezadowalający. Charakter opoki wapnistej zbliżony do nieodpornych na wodę wapieni oraz jej wysoka porowatość i nasiąkliwość powodują, że kamień jest podatny na działanie niszczących czynników atmosferycznych. Specyficzne właściwości podłoża, jakim jest opoka utrudniają dobór odpowiednich metod konserwatorskich.

Analizując w 2010 roku stan murów spichlerza można zalecić między innymi następujące etapy prac renowacyjnych: skucie tynków i zaprawy na głębokość 2 cm; oczyszczanie, odsalanie, odgrzybianie, uzupełnienie spoin i ubytków kamienia, hydrofobizację (zrezygnowanie z tynkowania, gdyż dotychczasowe próby tynkowania nie przyniosły oczekiwanych efektów) lub wykonanie tynków wykazujących dobrą przyczepność do opoki.

Warunkiem skutecznej renowacji będzie wykonanie izolacji przeciwwilgociowej poziomej i pionowej strefy rozbryzgowej i ścian fundamentowych oraz wykonanie obróbek blacharskich i odpowiedniego odprowadzenia wody z dachu.

Nadrzędnym celem działań konserwatorskich powinna być likwidacja i ograniczenie skutków i źródeł zawilgocenia oraz zasolenia.

Podziękowania

Wyniki prac były finansowane w ramach środków statutowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr S/14/2014

Bibliografia:

1. Barnat – Hunek D., Franus W., Klimek B., 2006: Stan zachowania i przyczyny niszczenia zabytkowych budynków z opoki wapnistej w Kazimierzu Dolnym i okolicach. Polska Mineralogia 2006. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. PAN. Kraków 18-20.09.2006.
2. Pinińska J., Łukaszewski P., 2005: Wietrzeniowa degradacja obiektów kamiennych na przykładzie wapienia detrytycznego z Józefowa. Konferencja Naukowa: Historia i współczesność górnictwa na terenie Lubelszczyzny. 7 – 8. 12. 2005 Kazimierz Dolny n. Wisłą.
3. Domasłowki W., 1993 - Profilaktyczna konserwacja kamiennych obiektów zabytkowych. Wyd. UMK Toruń, Skrypty i teksty pomocnicze, s. 1-253.
4. Płuska I., 2005: Konserwacja kamienia w architekturze i sztuce. Renowacje i Zabytki 1 (13)/2005

5. Skibiński S., 1985: Udział soli rozpuszczalnych w wodzie w procesach niszczenia kamiennych obiektów zabytkowych oraz konserwatorskie sposoby ograniczania ich działania. *Ochrona Zabytków*, Vol. 3-4 (1985), pp. 244-257.
6. Adamowski J., Wydra W., XIII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Ustroń 25-27.02.1999r. – źródło: H. Reul, Handbuch Batenschultz, Bausanierung. Leitfaden für die Sainerungsbranche, Rudolf Müller, Köln 1991
7. Chmielewski Ł., Gnat K., Barnat – Hunek D., 2006: Na ratunek zabytkom. Cz. II – Zasolenie i zawilgocenie murów z opoki wapnistej. Kalejdoskop Budowlany 2/2006. 72-76.
8. PN-EN 1936:2010 Metody badań kamienia naturalnego. Oznaczanie gęstości i gęstości objętościowej oraz całkowitej i otwartej porowatości.
9. WTA 2–6–99–D „Erganzungen zum Merkblatt 2–2–99–D „Sanierputzsysteme".
10. Praca zbiorowa pod redakcją S. Kozłowskiego, Surowce mineralne środkowowschodniej Polski, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1984r.

Liczba znaków ze spacjami: 23 033

ENERGIA SŁONECZNA JAKO ENERGIA PRZYJAZNA ŚRODOWISKU W WOJEWÓDZTWIE LUBELSKIM

Anna Jakubowicz
Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej
Wydział Nauk Technicznych i Ekonomicznych, Katedra Nauk Technicznych
Zakład Budownictwa, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska
e-mail: a.jakubowicz@dydaktyka.pswbp.pl

Streszczenie
W pracy przedstawiono wybrane projekty związane z energią słoneczną realizowane na terenie województwa lubelskiego w oparciu o Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Lubelskiego na lata 2007-2013, w Osi Priorytetowej VI: Środowisko i czysta energia, Działanie 6.2. Energia przyjazna środowisku.
W pracy ukazano ilość zestawów solarnych zainstalowanych w ramach tegoż działania, zarówno w budynkach prywatnych mieszkalnych jak i w budynkach użyteczności publicznej. W szczególności wskazano projekty farm fotowoltaicznych zrealizowanych w ramach tegoż działania na terenie Lubelszczyzny.

Słowa kluczowe: fundusze europejskie, energia słoneczna, energia odnawialna

Wstęp

Jak wskazuje Ministerstwo Gospodarki w strategii „*Polityka energetyczna Polski do 2030 roku*", kierunkami polskiej polityki energetycznej są między innymi: *„... wzrost bezpieczeństwa dostaw paliw i energii, rozwój wykorzystania odnawialnych źródeł energii czy ograniczenie oddziaływania energetyki na środowisko...*[1] *".* Ponadto jak utrzymuje powyższy dokument, energetyka odnawialna ma istotne znaczenie dla realizacji celów polityki energetycznej. Energetyka odnawialna to jednostki ulokowane blisko odbiorcy, co z jednej strony zmniejsza straty przesyłowe a z drugiej podnosi bezpieczeństwo energetyczne. Dodatkowo tak wytwarzana energia charakteryzuje się niską emisją zanieczyszczeń. Wśród głównych celi w zakresie rozwoju wykorzystania odnawialnych źródeł energii zawartych w „*Polityce energetycznej Polski do 2030 roku*" znajdują się: „*wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w finalnym zużyciu energii co najmniej do poziomu 15% w 2020 roku*[2] ".

W związku z powyższym polityka energetyczna państwa ma na celu zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii.

[1] *Polityka energetyczna Polski do 2030 roku*. Warszawa, Ministerstwo Gospodarki, 2009, s. 4-5
[2] *Polityka energetyczna Polski do 2030 roku*. Warszawa, Ministerstwo Gospodarki, 2009, s. 19

Program operacyjny województw lubelskiego

Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego poprzez Regionalny Program Operacyjny Województwa Lubelskiego na lata 2007-2013 zakładał cel główny - *Podniesienie konkurencyjności Lubelszczyzny prowadzące do szybszego wzrostu gospodarczego oraz zwiększenia zatrudnienia z uwzględnieniem walorów naturalnych i kulturowych regionu* poprzez realizację trzech celi szczegółowych, w tym celu szczegółowego numer 2 – *poprawa warunków inwestowania w województwie z poszanowaniem zasady zrównoważonego rozwoju*[3].

Cel główny i cele szczegółowe były realizowane w ośmiu Osiach Priorytetowych: przedsiębiorczość i innowacje, infrastruktura ekonomiczna, atrakcyjność obszarów miejskich i tereny inwestycyjne, społeczeństwo informacyjne, transport, środowisko i czysta energia, kultura, turystyka i współpraca między regionalna, infrastruktura społeczna i pomoc techniczna.

Promowaniem, między innymi, energii słonecznej będącej energią „czystą" zajmowała się Oś Priorytetowa VI: Środowisko i czysta energia, która realizowała między innymi cel szczegółowy 2, której celem było – *poprawa stanu, zachowanie bioróżnorodności oraz zapobieganie degradacji środowiska naturalnego*[4]. W ramach tego priorytetu wspierane były projekty dotyczące wymiany lub zastępowania standardowych źródeł ciepła na źródła alternatywne. Beneficjentami tegoż priorytetu były jednostki samorządu terytorialnego, a energia pochodząca z wybudowanej infrastruktury nie jest przeznaczona na rynek. Cel tej Osi Priorytetowej zostanie osiągnięty poprzez poprawę jakości środowiska naturalnego, jak również poprzez zwiększenie wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych, w tym energii słonecznej.

Oś Priorytetowa VI została podzielona następujące działania: 6.1. – ochrona i kształtowanie środowiska, 6.2. – energia przyjazna środowisku.

Celem działania 6.2. było zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii, co przyczynia się do zwiększenia wykorzystania tej energii w regionie lubelskim, zmniejszy degradację środowiska naturalnego, jak również przyczyni się do realizacji zobowiązań akcesyjnych w zakresie zwiększenia udziału energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych[5].

W ramach tego działania beneficjentami mogą być: jednostki samorządu terytorialnego, związki, porozumienia i stowarzyszenia jednostek samorządu terytorialnego, samorządowe jednostki organizacyjne sektora finansów publicznych posiadające osobowość prawną, spółki prawa handlowego, w których większość udziałów lub akcji posia-

[3] Regionalny Program Operacyjny Województwa Lubelskiego na lata 2007-2013, http://www.rpo.lubelskie.pl, s. 94

[4] Regionalny Program Operacyjny Województwa Lubelskiego na lata 2007-2013, http://www.rpo.lubelskie.pl, s. 141

[5] Szczegółowy opis osi priorytetowych RPO województwa lubelskiego na lata 2007-2013, http://www.rpo.lubelskie.pl, s. 122

dają jednostki samorządu terytorialnego lub ich związki, podmioty działające w oparciu o ustawę z dnia 19 grudnia 2008 r. o partnerstwie publiczno-prywatnym (Dz. U. z 2009 r., Nr 19, poz. 100)[6].

Projekty realizowane w ramach działania 6.2. mogły mieć maksymalna wartość 20 mln złotych. Kwota dofinansowania maksymalnie 85% wartości projketu. Całkowita alokacja w ramach tego działania to 79,39 mln Euro.

Poniższa tabela przedstawia listę projektów zrealizowanych bądź realizowanych w ramach działania 6.2. Energia przyjazna środowisku związanych z energia słoneczną.

Tab. 1. Wykaz projektów dofinansowanych w ramach działania 6.2 Energia przyjazna środowisku w województwie lubelskim, ich wartość, wartość dofinansowania oraz procent dofinansowania

Lp.	Nazwa projektu	Beneficjent	Wartość projektu w PLN	Wartość dofinansowania UE w PLN	% dofinansowania
1.	Wykorzystanie energii przyjaznej środowisku poprzez montaż instalacji solarnych w Biłgoraju	Gmina Miasto Biłgoraj	16 681 649,05	14 179 401,69	85,00%
2.	Poprawa warunków środowiskowych gminy Księżpol wskutek wykorzystania energii słonecznej	Gmina Księżpol	11 929 089,54	10 139 726,10	85,00%
3.	Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń w gminie Biłgoraj poprzez zastosowanie przyjaznej środowisku energii słonecznej	Gmina Biłgoraj	11 034 422,10	9 374 073,72	84,95%
4.	ECO - ENERGETYCZNY JANÓW LUBELSKI	Gmina Janów Lubelski	10 815 850,60	9 193 473,01	85,00%
5.	Czysta Energia w Dolinie Piwonii i Zielawy	Gmina Parczew	9 999 735,00	8 499 774,75	85,00%
6.	Energia przyjazna środowisku w Gminie Mełgiew	Gmina Mełgiew	8 523 630,97	7 245 086,32	85,00%
7.	NOWA ENERGIA DLA KRAŚNIKA	Miasto Kraśnik	7 749 530,00	6 587 100,50	85,00%

[6] Szczegółowy opis osi priorytetowych RPO województwa lubelskiego na lata 2007-2013, http://www.rpo.lubelskie.pl, s. 125

Lp.	Nazwa projektu	Beneficjent	Wartość projektu w PLN	Wartość dofinansowania UE w PLN	% dofinansowania
8.	EKO - ENERGIA W GMINIE KONOPNICA I JASTKÓW	Gmina Konopnica	7 645 786,46	6 498 918,49	85,00%
9.	Wykorzystanie naturalnych źródeł energii słonecznej jako alternatywy dla energii węglowej w gminie Biszcza.	Gmina Biszcza	7 570 837,99	6 435 212,29	85,00%
10.	Kolektory słoneczne jako ekologiczna i odnawialna forma dostarczania energii w gminie Potok Górny.	Gmina Potok Górny	7 470 944,71	6 347 710,50	84,97%
11.	ECO-EFEKTYWNA GMINA NIEMCE	Gmina Niemce	7 230 673,00	6 146 072,03	85,00%
12.	Ochrona środowiska naturalnego w Gminie Ostrów Lubelski poprzez wykorzystanie odnawialnych źródeł energii	Gmina Ostrów Lubelski	7 115 875,50	6 048 494,17	85,00%
13.	Wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych w trosce o środowisko naturalne na terenie gmin Bełżyce, Bychawa i Zakrzew w Powiecie Lubelskim	Gmina Zakrzew	6 850 247,54	5 822 710,38	85,00%
14.	Wykorzystanie energii słonecznej szansą na poprawę jakości środowiska w gminie Kłoczew	Gmina Kłoczew	6 836 425,42	5 810 961,60	85,00%
15.	Poprawa czystości powietrza na terenie gminy Wola Uhruska w Dolinie Bugu poprzez wykorzystanie biomasy i energii słonecznej jako alternatywnych źródeł ciepła	Gmina Wola Uhruska	6 906 725,00	5 397 074,98	78,14%

Lp.	Nazwa projektu	Beneficjent	Wartość projektu w PLN	Wartość dofinansowania UE w PLN	% dofinansowania
16.	ECO - EFEKTYWNY Frampol	Gmina Frampol	6 311 020,00	5 364 367,00	85,00%
17.	Montaż kolektorów słonecznych w gminie Zakrzówek drogą do zwiększenia wykorzystania odnawialnych źródeł energii	Gmina Zakrzówek	6 055 892,00	5 147 508,20	85,00%
18.	Budowa i modernizacja infrastruktury umożliwiającej wykorzystanie energii przyjaznej środowisku w Gminie Goraj i Gminie Turobin	Gmina Goraj	5 484 745,54	4 662 033,70	85,00%
19.	Odnawialne źródła energii w Gminie Tarnogród	Gmina Tarnogród	5 432 011,50	4 617 209,77	85,00%
20.	Eko Szczebrzeszyn - ciepło w promieniach słońca	Gmina Szczebrzeszyn	4 835 821,60	4 110 448,36	85,00%
21.	Ochrona walorów środowiskowych Gminy Ruda-Huta poprzez zmniejszenie emisji szkodliwych związków do atmosfery	Gmina Ruda-Huta	4 790 920,00	4 072 282,00	85,00%
22.	ECO ENERGIA W GMINIE JÓZEFÓW	Gmina Józefów	4 309 988,80	3 663 490,48	85,00%
23.	Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii poprzez montaż kolektorów słonecznych na terenie Gminy Kraśnik	Gmina Kraśnik	3 909 536,45	3 312 308,16	84,72%
24.	Budowa farmy fotowoltaicznej o mocy 1,4 MW w Dolinie Zielawy	Energia Dolina Zielawy sp. z o.o. w organizacji	9 537 410,01	3 192 651,83	33,48%

Lp.	Nazwa projektu	Beneficjent	Wartość projektu w PLN	Wartość dofinansowania UE w PLN	% dofinansowania
25.	ECO - LOGICZNY ZWIERZYNIEC	Gmina Zwierzyniec	3 525 746,40	2 975 954,02	84,41%
26.	Energia przyjazna środowisku w Gminie Izbica	Gmina Izbica	3 277 636,00	2 785 990,60	85,00%
27.	Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń w gminie Biłgoraj poprzez zastosowanie przyjaznej środowisku energii słonecznej - etap II	Gmina Biłgoraj	3 345 553,22	2 521 575,96	75,37%
28.	Gmina Uścimów przyjazna środowisku	Gmina Uścimów	2 948 407,19	2 506 146,11	85,00%
29.	EKO-ENERGIA W GMINIE PONIATOWA	Gmina Poniatowa	2 612 595,20	2 220 705,92	85,00%
30.	Energia odnawialna w gminie Kraśniczyn	Gmina Kraśniczyn	1 623 291,65	1 379 797,90	85,00%
31.	BUDOWA ELEKTROWNI FOTOWOLTAICZNEJ W GMINIE WOLA UHRUSKA	Gmina Wola Uhruska	3 858 903,80	1 275 425,00	33,05%
32.	Montaż kolektorów słonecznych na terenie gminy Sosnowica	Gmina Sosnowica	1 207 530,00	1 026 400,50	85,00%
33.	Energia słońca dla juniorów i seniorów powiatu włodawskiego	Powiat Włodawski	1 416 131,55	465 624,05	32,88%

Źródło: opracowanie własne na podstawie http://mapa.rpo.lubelskie.pl

Na zwrócenie uwagi zasługuje również ukazanie, w szczególności, liczby zestawów solarnych produkujących czysta energię odnawialną zrealizowanych w ramach przedstawionych powyżej projektów.

Poniżej zaprezentowano liczbę instalacji solarnych w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej zrealizowanych w ramach działania 6.2. Energia przyjazna środowisku w województwie lubelskim.

Tab. 2. Liczba instalacji solarnych zainstalowanych w ramach projektów z działania 6.2. Energia przyjazna środowisku w budynkach prywatnych i użyteczności publicznej

Nazwa projektu	liczba instalacji solarnych prywatnych	liczba instalacji solarnych użyteczności publicznej
Wykorzystanie energii przyjaznej środowisku poprzez montaż instalacji solarnych w Biłgoraju	1830	2
Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń w gminie Biłgoraj poprzez zastosowanie przyjaznej środowisku energii słonecznej	1334	36
Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń w gminie Biłgoraj poprzez zastosowanie przyjaznej środowisku energii słonecznej - etap II	1334	29
ECO - ENERGETYCZNY JANÓW LUBELSKI	1037	3
Poprawa warunków środowiskowych gminy Księżpol wskutek wykorzystania energii słonecznej	976	16
NOWA ENERGIA DLA KRAŚNIKA	878	0
EKO - ENERGIA W GMINIE KONOPNICA I JASTKÓW	864	0
Kolektory słoneczne jako ekologiczna i odnawialna forma dostarczania energii w gminie Potok Górny	806	19
Energia przyjazna środowisku w Gminie Mełgiew	700	8
Wykorzystanie energii słonecznej szansą na poprawę jakości środowiska w gminie Kłoczew	700	0
Wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych w trosce o środowisko naturalne na terenie gmin Bełżyce, Bychawa i Zakrzew w Powiecie Lubelskim	628	8

Nazwa projektu	liczba instalacji solarnych prywatnych	liczba instalacji solarnych użyteczności publicznej
ECO - EFEKTYWNY Frampol	615	7
Eko Szczebrzeszyn - ciepło w promieniach słońca	613	0
Ochrona walorów środowiskowych Gminy Ruda-Huta poprzez zmniejszenie emisji szkodliwych związków do atmosfery	512	0
Ochrona środowiska naturalnego w Gminie Ostrów Lubelski poprzez wykorzystanie odnawialnych źródeł energii	503	3
ECO ENERGIA W GMINIE JÓZEFÓW	478	4
Montaż kolektorów słonecznych w gminie Zakrzówek drogą do zwiększenia wykorzystania odnawialnych źródeł energii	476	0
Odnawialne źródła energii w Gminie Tarnogród	474	10
Poprawa czystości powietrza na terenie gminy Wola Uhruska w Dolinie Bugu poprzez wykorzystanie biomasy i energii słonecznej jako alternatywnych źródeł ciepła	450	15
Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii poprzez montaż kolektorów słonecznych na terenie Gminy Kraśnik	413	14
ECO - LOGICZNY ZWIERZYNIEC	385	5
EKO-ENERGIA W GMINIE PONIATOWA	303	2
Gmina Uścimów przyjazna środowisku	301	0

Nazwa projektu	liczba instalacji solarnych prywatnych	liczba instalacji solarnych użyteczności publicznej
Energia przyjazna środowisku w Gminie Izbica	276	2
Czysta Energia w Dolinie Piwonii i Zielawy	218	10
Budowa i modernizacja infrastruktury umożliwiającej wykorzystanie energii przyjaznej środowisku w Gminie Goraj i Gminie Turobin	160	60
Energia odnawialna w gminie Kraśniczyn	120	0
Montaż kolektorów słonecznych na terenie gminy Sosnowica	98	6
ECO-EFEKTYWNA GMINA NIEMCE	77	3
Energia słońca dla juniorów i seniorów powiatu włodawskiego	0	4
suma	17559	266

Źródło: opracowanie własne na podstawie stron internetowych projektów lub urzędów gmin

Jak przedstawia powyższa tabela w ramach działania 6.2. Energia przyjazna środowisku Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Lubelskiego na lata 2007 – 2013 zainstalowano na terenie województwa lubelskiego 17 559 zestawów solarnych na budynkach mieszkalnych i 266 na budynkach użyteczności publicznej.

Przykłady projektów

Jednym z największych beneficjentów działania 6.2. Energia przyjazna środowisku była gmina **Biłgoraj**, która zrealizowała projekt: „Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń w gminie Biłgoraj poprzez zastosowanie przyjaznej środowisku energii słonecznej" współfinansowany jest ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Lubelskiego na lata

2007 - 2013. Celem ogólnym projektu była poprawa jakości życia mieszkańców Gminy Biłgoraj przy zachowaniu wielofunkcyjnego rozwoju obszarów wiejskich, w tym polityki energetycznej i jednoczesnym zapobieganiu degradacji środowiska naturalnego. Celem bezpośrednim było pozyskanie i wykorzystanie alternatywnego źródła energii - energii słonecznej. Projekt polegał na montażu zestawów solarnych dla potrzeb przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych[7]. Poniżej zdjęcia z realizacji:









Inna gmina **Sosnowica** zrealizowała projekt „Montaż kolektorów słonecznych na terenie gminy Sosnowica". Planowany okres realizacji od 23.09.2013r. do 30.06.2014r. Celem nadrzędnym Projektu była poprawa stanu środowiska naturalnego w gminie Sosnowica przy jednoczesnym wspieraniu wielofunkcyjnego rozwoju obszarów wiejskich z podniesieniem jakości życia lokalnej społeczności. Celem głównym była dywersyfikacja źródeł energii w gminie Sosnowica poprzez wykorzystanie energii promieniowania słonecznego. W ramach realizacji projektu zostało zamontowanych 104 sztuki zestawów solarnych, w tym 98 sztuk dotyczy obiektów mieszkalnych będących wła-

7 http://www.solarybilgoraj.pl

snością osób fizycznych. Pozostałe dotyczą obiektów użyteczności publicznej: Zespół Szkół Publicznych w Sosnowica, Urząd Gminy w Sosnowicy, Przedszkole w Sosnowicy, Gminny Ośrodek Kultury w Sosnowicy, Szkoła Podstawowa w Zienkach oraz Świetlica w Nowym Orzechowie[8].

Kolejna gmina leżąca bliżej Białej Podlaskiej, **Gmina Wisznice** zrealizowała projekt „Czysta energia w Dolinie Zielawy", którego celem była: poprawa stanu środowiska naturalnego obszaru turystycznego Dolina Zielawy, poprzez rozwój i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii oraz ograniczenie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Realizacja przedsięwzięcia opierała się na montażu kolektorów słonecznych na budynkach użyteczności publicznej oraz domach prywatnych zlokalizowanych na terenie pięciu gmin z dwóch powiatów: bialskiego i parczewskiego: Wisznice, Rossosz, Sosnówka oraz Podedwórze i Jabłoń. Montaż kolektorów słonecznych ograniczy wykorzystanie energii cieplnej pozyskiwanej z tradycyjnych źródeł na rzecz energii odnawialnej. Łącznie zostanie zamontowanych 925 zestawów solarnych. Wg szacunkowych obliczeń z ciepłej wody z kolektorów będzie korzystało ponad 4 000 osób w domach prywatnych i ponad 2 200 w obiektach instytucji publicznych. Docelowo będzie funkcjonowało 2941 jednostek wytwarzania energii cieplnej przy wykorzystaniu promieniowania słonecznego, a ich całkowita moc wyniesie 4,26 MW[9].

Gmina **Włodawa** zrealizowała projekt „Energia słońca dla juniorów i seniorów powiatu włodawskiego" dotyczący zaprojektowania i wykonania kompletnej instalacji kolektorów słonecznych na dachach budynków: internatu przy I LO we Włodawie o pow. 67,27 m2, internatu przy ZSZ Nr 1 i II LO we Włodawie o pow. 138,17m2, SOSW we Włodawie o pow. 84,5 m2 i DPS w Różance o pow. 209,06 m2 o łącznej mocy zainstalowanej ponad 270 kW.

Jednym z projektów gminy **Wola Uhruska** był projekt pt. „Poprawa czystości powietrza na terenie gminy Wola Uhruska w Dolinie Bugu poprzez wykorzystanie biomasy i energii słonecznej jako alternatywnych źródeł ciepła" obejmujący swoim zasięgiem 17 miejscowości gminy Wola Uhruska. Niektóre miejscowości, m.in.: Siedliszcze, Uhrusk, Wola Uhruska, Bytyń, Majdan Stuleński, Małoziemce, Stulno, Zbereże, Kosyń, przylegają bądź są zlokalizowane bezpośrednio w obszarach chronionych sieci Natura 2000, przez co wymagają one szczególnej dbałości o stan środowiska naturalnego. W ramach projektu wykonano 605 indywidualnych instalacji wykorzystujących odnawialne źródła energii o łącznej mocy zainstalowanej 4,4 MW, w tym: 465 instalacje kolektorów słonecznych do podgrzewania ciepłej wody użytkowej o zainstalowanej mocy 1,7 MW oraz 140 instalacje kotłów centralnego ogrzewania wykorzystujących biomasę o zainstalowanej mocy 2,7 MW.

8 http://www.sosnowica.pl

9 http://www.wisznice.pl

Farmy fotowoltaiczne

Z kolei projekt „Elektrownia słoneczna w Dolinie Zielawy" to projekt pięciu gmin - **Rossosza, Wisznic, Sosnówki, Jabłonia** oraz **Podedwórza** działających w porozumieniu partnerskim Dolina Zielawy. Mając na uwadze troskę o środowisko naturalne, w oparciu o zdobyte doświadczenie, partnerstwo gmin postanowiło wybudować elektrownię fotowoltaiczną. W tym celu powołano spółkę Energia Dolina Zielawy, będącą w pełni spółką samorządową należącą do pięciu gmin partnerstwa. Celem projektu była budowa farmy fotowoltaicznej o mocy 1,4 MW w Dolinie Zielawy. W elektrowni powstającej w Bordziłówce zainstalowanych zostanie 5 628 paneli fotowoltaicznych, rozmieszczonych na obszarze około 3,5 ha [10].

Zdjęcia z realizacji:





Kolejna farma fotowoltaiczna powstanie w Woli Uhruskiej. Całkowita wartość projektu to prawie 3,9 mln złotych, z czego dofinansowanie Unii Europejskiej to prawie 1,28 mln złotych.

Wnioski

Jak pokazują zamieszczone powyżej dane, rynek kolektorów słonecznych jest bardzo szybko rozwijającą się branżą. System oparty na zestawach solarnych jest szybki do zbudowania i jednocześnie uruchamia inicjatywy samorządów lokalnych. Systemy solarne tworzą z jednej strony bezpieczeństwo energetyczne mieszkańców i zapewniają im przyjazne środowisko i klimat. Dodatkowo taka instalacja nie wymaga nakładów na budowę i utrzymanie linii energetycznych.

[10] http://www.rossosz.pl

Oddolne działania samorządów lokalnych należy docenić, z nadzieją, że na takim etapie się to nie skończy. Okazuje się, iż wsparcie otrzymane od samorządów spotkało się z dużym zainteresowaniem ich mieszkańców i gdyby nie to, na wielu domach takie instalacje solarne nigdy by nie powstały.

Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego poprzez Regionalny Program Operacyjny Województwa Lubelskiego na lata 2007-2013 w szczególności Działanie 6.2. Energia przyjazna środowisku, zaowocuje wieloma korzyściami gospodarczymi, społecznymi i ekologicznymi. Redukcja emisji spalin jest naturalna konsekwencją tegoż działania i jego największą wartością. Bez ponoszenia dużych kosztów i w krótkim okresie, jesteśmy w stanie zmniejszać emisje CO_2, zwiększać niezależność energetyczną mieszkańców i wprowadzać do energetyki nowoczesne technologie.

Odejście od tradycyjnego podejścia do energetyki oraz wyczerpywanie się tradycyjnych źródeł i zasobów energii, pozwala na wykorzystanie niewyczerpanych odnawialnych zasobów energii dostępnych dla każdego mieszkańca. Montaż zestawów solarnych to pierwszy krok do odblokowania potencjału odnawialnych źródeł energii, w szczególności energii słonecznej.

Bibliografia:

1. *Polityka energetyczna Polski do 2030 roku*. Warszawa, Ministerstwo Gospodarki, 2009
2. *Regionalny Program Operacyjny Województwa Lubelskiego na lata 2007-2013*, http://www.rpo.lubelskie.pl
3. www.rossosz.pl
4. www.rpo.lubelskie.pl
5. www.solarybilgoraj.pl
6. www.sosnowica.pl
7. www.wisznice.pl

Liczba znaków ze spacjami: 20 691

KOLEKTORY SŁONECZNE JAKO ALTERNATYWNE ŹRÓDŁO CIEPŁA W PROCESIE PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ

Michał Drozd, Anna Rosa
Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej
Katedra Nauk Technicznych, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska
e-mail: michal.drozd@poczta.pl

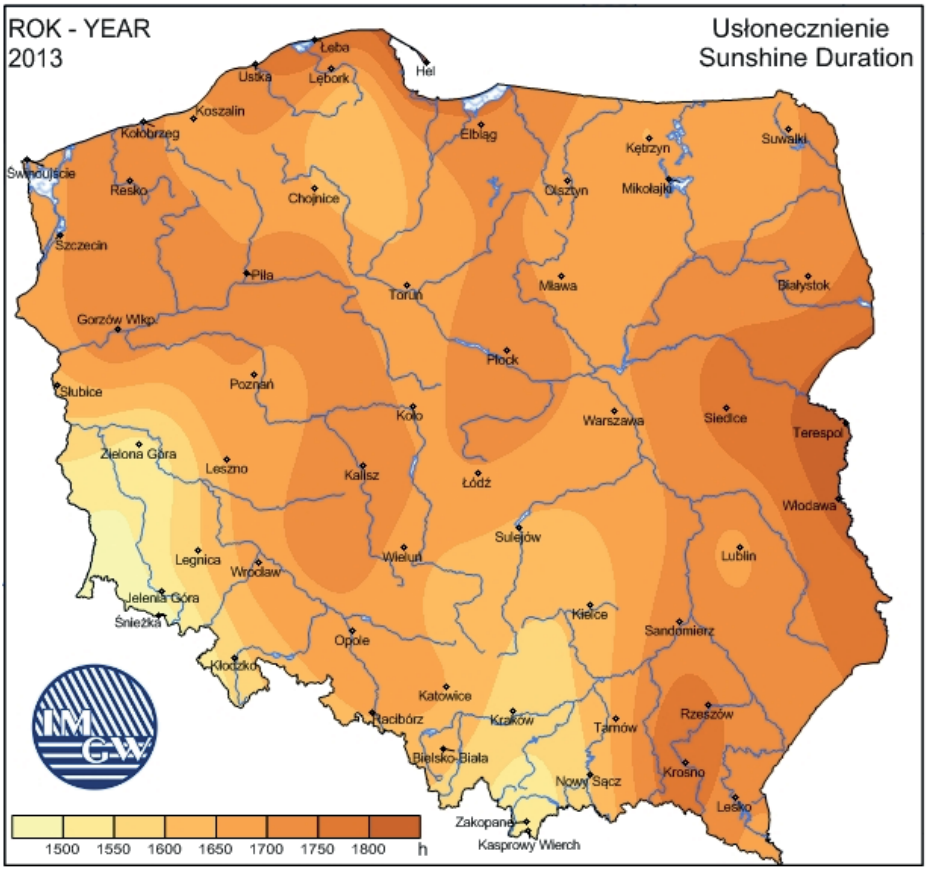
Streszczenie
W artykule przedstawiono zagadnienie uzyskania ciepłej wody użytkowej w domu jednorodzinnym z odnawialnych źródeł energii na przykładzie kolektorów słonecznych. Wykonano i przedstawiono analizę przykładowego rozwiązania zapewnienia c.w.u. dla czteroosobowej rodziny 2+2 za pomocą instalacji solarnych. Zaprezentowano wnioski oraz zalety w zestawieniu z wadami omawianych rozwiązań.

Słowa kluczowe: kolektory słoneczne, źródła odnawialne, instalacja solarna, ciepła woda użytkowa

Wstęp

Obok zapewnienia komfortu cieplnego i energetycznego, zagwarantowanie ciepłej wody użytkowej jest jednym z największych i najdroższych elementów zapewnienia komfortu użytkowania osobom eksploatującym budynek. W praktyce ciepłą wodę do codziennego użytku standardowe gospodarstwa domowe wytwarzają za pomocą tradycyjnych technologii jakimi są: zasobniki ciepłej wody opalane kotłami na paliwo stałe, ogrzewacze przepływowe, gazowe lub elektryczne. Od kliku lat na rynku budowlanym, za sprawą unijnych dopłat dostrzeżono duży wzrost instalacji solarnych. Popularne solary bazują na dostępnej energii słonecznej, która w przeciwieństwie do tradycyjnych źródeł energii jest bezpłatna, ogólnie dostępna i z odroczonym terminem wyeksploatowania. Krzysztof Nalewaj z Politechniki Lubelskiej zwraca jednak uwagę na pewne „ograniczenia w zastosowaniu technologii przetwarzającej energie słoneczną na energie cieplną i elektryczną" będące następstwem realiów ekonomicznych (Nalewaj, 2012). Przyszłością wykorzystywania energii słonecznej zdaje się być poszukiwanie możliwości pozyskiwania, przetwarzania i akumulowania energii. Na dzień dzisiejszy z powodzeniem korzysta się z energii słońca w instalacjach solarnych wykorzystujące kolektory słoneczne do produkcji ciepłej wody użytkowej. W Polsce, mimo nie tak korzystnego położenia geograficznego jakim cieszą się na przykład kraje śród-

ziemnomorskie w roku 2013 usłonecznienie czyli średnioroczne sumy promieniowania słonecznego, określające liczbę godzin promieniowania słonecznego w ciągu roku (przy natężeniu promieniowania słonecznego>200W/m^2) (Nalewaj, 2012), prezentuje poniższa mapa wygenerowana na stronie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego:



Rys. 1. Nasłonecznienie Polski w roku 2013, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego

Z powyższej grafiki można wywnioskować iż, w 2013 roku wysokość sumy usłonecznienia w zależności od regionu kraju i mieściła się w granicach od 1450 do 1850 godzin.

Należy pamiętać, iż mimo względnej ogólnodostępności energii słonecznej, jej dopływ do powierzchni Ziemi jest zróżnicowany i zależny od szerokości geograficznej oraz nachylenia osi ziemi (Nalewaj, 2012). Szerokość geograficzna w jakiej znajduje się Polska, daje możliwość podziału jej terytorium na 4 strefy natężenia promieniowania słonecznego:

- poniżej 996 kWh/m^2/rok, tj. ok. 9,75MJ/m^2/dobę
- 996-1022 kWh/m^2/rok, tj. ok. 9,75-10 MJ/m^2/dobę
- 1022-1048 kWh/m kWh/m^2/rok, tj. ok. 10-10,25 MJ/m^2/dobę
- powyżej 1048 kWh/m^2/rok, tj. ponad 10,25 MJ/m^2/dobę. (Zimny, 2013),

co znacząco ułatwia dobór odpowiedniej instalacji solarnej w zależności od strefy w jakiej usytuowany jest budynek.

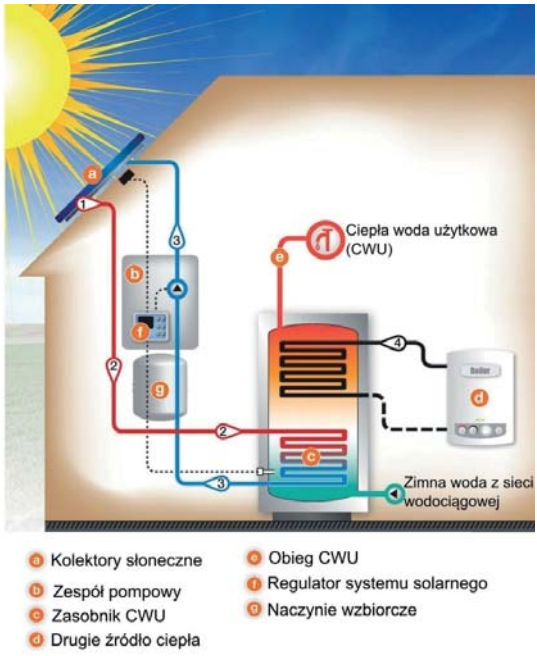
Rodzaje kolektorów słonecznych

W literaturze przedmiotu wyróżnia się podziały kolektorów ze względu na temperaturę czynnika roboczego na wyjściu z urządzania (nisko-, średnio- i wysoko temperaturowe), ze względu na kryterium rodzaju czynnika roboczego (kolektory cieczowe i powietrzne) (Wnuk, 2007), dzielone dalej na kolejne typy ze względu na budowę i przeznaczenie. Przykładem są: kolektory cieczowe: płaskie, próżniowe, magazynujące, elastyczne oraz kolektory powietrzne: z absorberami płaskimi, porowatymi, z absorberami o powierzchni rozwiniętej jaki kolektory nadciśnieniowe (Smolec, 2000).

Bez względu na rodzaj i typ kolektora, jego zadaniem jest zebranie i przetworzenie promieni słonecznych na ciepło użyteczne wykorzystywane dalej zwykle do podgrzania wody użytkowej.

Budowa i zasada działania

Instalacja solarna składa się z kolektorów słonecznych, w których energia słoneczna zamieniana jest na ciepło, zestaw pompowy, regulator solarny (sterownik), zasobnik c.w.u. do ogrzewania oraz magazynowania wody, rezerwowe źródło ogrzewania, armatura, zabezpieczenia chroniące przed przegrzaniem (Nowicka, 2012).



Rys. 2 Uproszczony schemat instalacji solarnej służącej do przygotowania ciepłej wody użytkowej

Zasada działania kolektorów słonecznych opiera się na konwersji energii promieni słonecznych na ciepło, czyli na zjawisku konwersji fototermicznej. Promieniowanie słoneczne jest absorbowane przez ciemny absorber, przekazujący swoje ciepło rurkom miedzianym w których znajduje się płyn – glikol. Następnie jest on transportowany przewodami rurowymi do zasobnika ciepłej wody gdzie będąc zamkniętym w rurach pełni rolę grzałki oddając ciepło zimniejszej wodzie, ogrzewając ją. Schłodzony glikol wraca za pomocą pomp z powrotem do kolektora, aby powtórzyć proces.

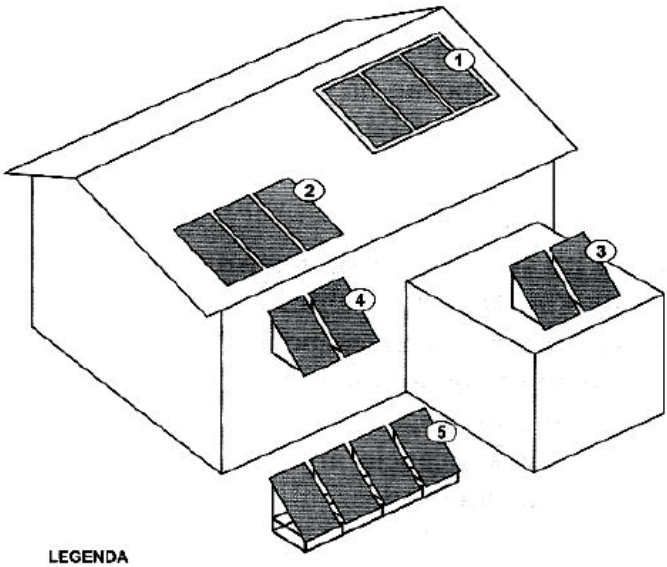
Wężownica glikolu znajduje się na dnie zbiornika wody, aby ogrzać zimniejszą jej część. Pod wpływem ogrzewania, staje się cieplejsza oraz tym samym lżejsza unosząc się w górę zasobnika skąd jest zaczerpywana do instalacji c.w.u.

Sposoby montażu instalacji solarnych

Biorąc pod uwagę położenie Polski na kuli ziemskiej oraz jej nasłonecznienie instalacja solarna powinna być, tak skierowana by najefektywniej korzystać z zasobów słonecznych. Dlatego podobnie jak to mam miejsce w założeniach budynków energooszczędnych i pasywnych kolektory słoneczne powinny być wyeksponowane i ukierun-

kowane na południe. Istotny wpływ na efektywność pracy sytemu solarnego ma kąt odchylenia kolektora od poziomu połaci dachowej. W zależności od pory roku i kąta padania wówczas promieni słonecznych przyjmuje się, że w instalacjach przeznaczonych do użytku w porach letnich kąt odchylenia baterii od poziomu powinien wynosić 30°, a 60° w tych przeznaczonych do użytku w porze zimowej. Natomiast w zdecydowanej większości, tj. w instalacjach całorocznych stosuje się pochylenie baterii pod kątem 40°- 45° (Zawadzki, 2003).

Obecnie kolektory słoneczne montowane mogą być niemalże wszędzie, przy spełnieniu wspomnianych wcześniej warunków (południowe ukierunkowani, brak elementów zasłaniających, oraz kąt nachylenia), obok najpopularniejszych dachów, instalacje montuje się też na ścianach, tarasach, dachach budynków towarzyszących, czy gruncie (Kordek B., 2011). W zależności od rodzaju budynku, konstrukcji jego dachu, zabudowy wraz z ukształtowaniem terenu czy przeznaczeniem stosowanej instalacji (Zawadzki, 2003) sposób zamontowania baterii słonecznych może być inny. W literaturze przedmiotu znaleźć można dwa rozwiązania techniczne montażu instalacji solarnej są nimi kolektory „wbudowane" w połać dachu oraz kolektory na stelażach.

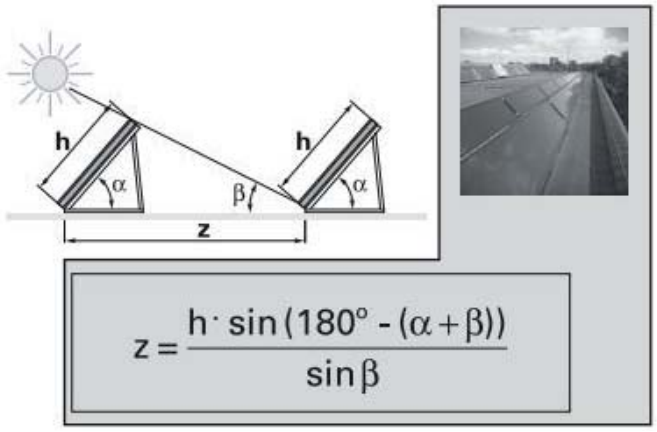


LEGENDA

1. kolektory zabudowane w połaci dachowej;
2. kolektory na stelażu bezpośrednio nad połacią dachową;
3. kolektory na stelażu kierunkowym nad połacią dachową;
4. kolektory na stelażu na fasadzie budynku;
5. kolektory na stelażu wolnostojącym.

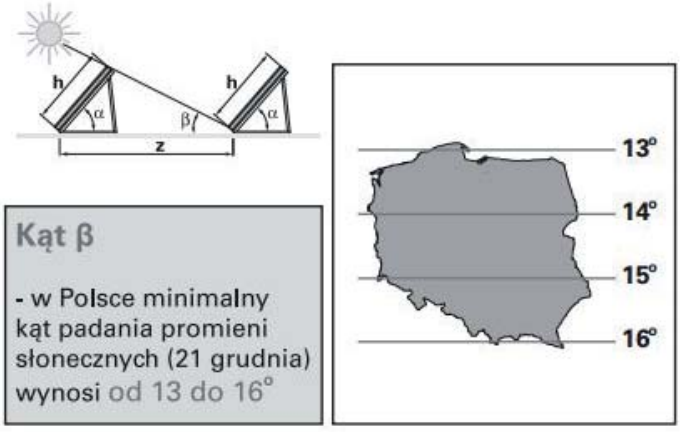
Rys. 3. Warianty montażu kolektorów słonecznych (Zawadzki, 2003)

Aby kolektory najlepiej spełniały swoją funkcję, należy obliczyć ich rozstaw na powierzchni montażowej należy stosować wzór:



Rys. 4. Sposób obliczania odstępów pomiędzy rzędami kolektorów montowanych na konstrukcjach wsporczych (Viessmann, 2006)

Zasada obliczeń bazuje na znajomości kąta nachylenia kolektorów do poziomu oraz najniższego kąta padania promieni słońca β w dniu najgorszych warunków oświetleniowych czyli najkrótszego dnia w roku – 21 grudnia, w momencie kiedy słońce znajduje się w ciągu dnia najniżej nad linią horyzontu. Kąt β zależy to od pory roku oraz szerokości geograficznej na świecie. W Polsce orientacyjny kąt β można określić z rysunku poniżej:



Rys. 5. Najniższy kąt padania promieni słonecznych w ciągu roku dla Polski (Viessmann, 2006)

Biorąc pod uwagę położenie Polski na kuli ziemskiej, nasłonecznienie oraz temperaturę powietrza, kolektory słoneczne w skali całego roku nie są w stanie pokryć całkowitego zapotrzebowania na energię potrzebną do ogrzania ciepłej wody użytkowej ponieważ średniorocznie zapewniają maksymalnie około 60% wymaganej energii. Jeżeli kolektory zamontujemy płasko na dachu, zysk zmniejszy się o około 15%, natomiast pionowo na ścianie budynku o około 30% (Viessmann, poradnik projektanta 2006). W miesiącach letnich wartość ta może osiągać 100%, a nawet więcej kierując ku przegrzaniu się glikolu i uszkodzeniu kolektorów. W związku z sezonowością podwyższonego nasłonecznienia latem oraz obniżonego zimą, do ogrzania wody należało by mieć dodatkowe (rezerwowe) źródło ciepła w przypadkach, kiedy kolektory nie będą w stanie dostatecznie ogrzać wody. W tym celu można zastosować kocioł gazowy, olejowy, pompę ciepła lub grzałkę elektryczną. Taki biwalentny system grzewczy, zautomatyzowany, wyposażony w regulatory oraz zabezpieczenia uniemożliwiające przegrzanie jest w stanie zapewnić komfort użytkownikom przez cały rok.

Analiza przypadku domu dla czteroosobowej rodziny

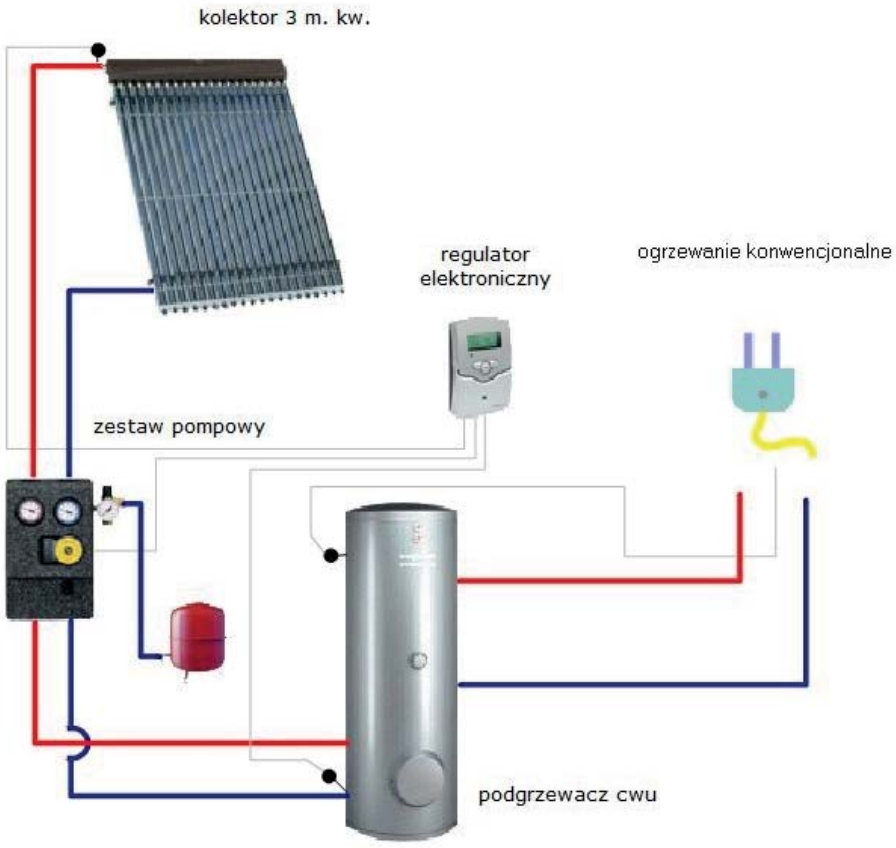
Korzystając z kalkulatora doboru kolektorów słonecznych firmy Viessmann wykonano przykładową kalkulację instalacji solarnej dla domu jednorodzinnego. Do symulacji przyjęto, budynek zlokalizowany w Białej Podlaskiej z kolektorami orientowanymi na południowy zachód. Poniżej przedstawiono szczegółowe założenia oraz wyniki symulacji (Kalkulator Viessmann).

Dane wejściowe:

Miejsce	Biała Podlaska
Nasłonecznienie roczne kolektorów słonecznych	1220.4 kWh/m^2 na rok
Typ wybranego kolektora słonecznego	kolektor próżniowy VITOSOL 300
Nachylenie kolektora słonecznego do poziomu	45°
Skierowanie kolektora na stronę świata	45° Południowy Zachód
Podstawowe źródło ciepła	energia elektryczna
Zapotrzebowanie ciepłej wody użytkowej	200 litrów/dzień
Temperatura ciepłej wody użytkowej	45°
Cyrkulacja ciepłej wody użytkowej	jest

Wyniki doboru:

Typ wybranego kolektora słonecznego	kolektor próżniowy VITOSOL 300
Zalecana powierzchnia kolektorów	3 m^2
Możliwy wariant wyboru kolektorów	1 x 3 (łącznie 3) m^2
Zalecana pojemność podgrzewacza wody	200

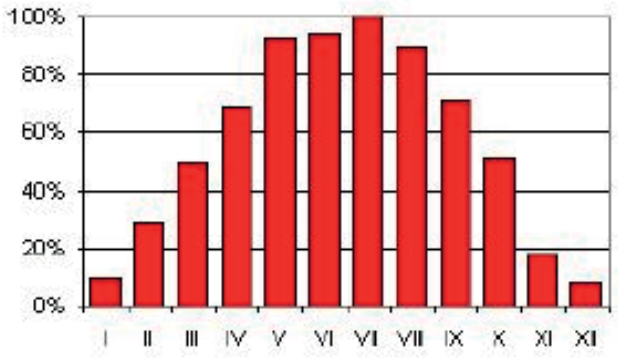


Rys. 6. Schemat instalacji solarnej

Program skonfigurował instalację solarną zgodnie z wprowadzonymi danymi do obliczeń.

Należy wziąć pod uwagę, że dobór prowadzony był w oparciu o dane meteorologiczne uśrednione dla kilkunastu lat obserwacji klimatu. Rzeczywiste efekty pracy mogą się różnić w zależności od charakterystyki klimatu danego roku kalendarzowego. Powierzchnia kolektorów słonecznych obliczana jest w sposób dokładny. W rzeczywistości dobiera się powierzchnię kolektorów w zależności od dostępnych wielkości danego kolektora słonecznego firmy Viessmann.

Ekonomia i ekologia



Rys. 7. Przewidywane miesięczne procentowe oszczędności ciepła na potrzeby podgrzewu ciepłej wody użytkowej

Wykres przedstawia przewidywane miesięczne procentowe oszczędności ciepła dzięki pracy kolektorów słonecznych na potrzeby podgrzewu ciepłej wody użytkowej. Wielkość instalacji solarnej powinna być tak dobrana aby stopień pokrycia potrzeb nie przekraczał latem 100%. Zabezpiecza to instalację przed przegrzewaniem i zapewnienia wysoką sprawność jej pracy. Pokrycie potrzeb ciepła dla podgrzewu wody użytkowej dla całego roku (jako średnia ze wszystkich miesięcy) jest szacowane na: 60,77%.

Zastosowanie kolektorów słonecznych przynosi wymierne korzyści w zakresie ochrony środowiska naturalnego. Dzięki zmniejszeniu zużycia ciepła przez tradycyjne źródła ciepła, zmniejszają się emisje substancji szkodliwych do atmosfery.

Tab. 1. Ilość emisji substancji szkodliwych do atmosfery

	Bez kolektorów słonecznych	Z kolektorami słonecznymi
Dwutlenek węgla CO_2 (kg/rok)	3019	1208
Tlenek węgla CO (g/rok)	39067	15627
Tlenki azotu NO_x (g/rok)	14206	5682
Dwutlenek siarki SO_2 (g/rok)	śladowe	śladowe

Zalety i wady instalacji kolektorów słonecznych

Wszystkie stosowane obecnie metody pozyskiwania ciepłej wody użytkowej mają swoje wady i zalety. Do zalet instalacji solarnej zastosowanej do uzyskania c.w.u. zalicza się:

- najmniejszy ujemny wpływ na środowisko spośród źródeł niekonwencjonalnych
- brak emisji szkodliwych substancji
- nieograniczone zasoby słoneczne (źródło odnawialne)
- możliwe wykorzystanie w każdym miejscu na ziemi (słońce oświetla całą planetę)
- oszczędność kosztów ogrzewania
- praca także w ujemnych temperaturach
- nowoczesna, rozwijająca się technologia
- stosunkowo szybki zwrot kosztów inwestycji
- programy dofinansowujące z Unii Europejskiej

Natomiast do wad i pewnych zagrożeń takiego sposobu zapewnia c.w.u.:

- cykliczność i nierównomierność promieniowania słonecznego
- wydajność uzależniona od wielu czynników (pogoda, zapylenie, usytuowanie na działce itp.)
- niska wydajność w okresie największego zapotrzebowania
- specyficzny wygląd kolektorów mogący psuć architektoniczną formę budynku (np. starego dworku)
- ciężar kolektorów obciąża konstrukcję dachu
- stosunkowo wysoki koszt inwestycji (Jastrzębska, 2007)

Podsumowanie

W artykule starano się zaprezentować możliwości przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynkach jednorodzinnych za pomocą instalacji solarnych w warunkach polskiej strefy klimatycznej. Przeprowadzona przykładowa analiza doboru kolektorów słonecznych dla budynku jednorodzinnego wykazała, iż szacowane pokrycie potrzeb c.w.u. dla całego roku wynosi niewiele ponad 60% i wydaje się w Polskich warunkach klimatyczno-geograficznych niewystarczające, zwłaszcza w okresie zimowym. Jednakże, ze względu na swoje zalety instalacje solarne mogą w pełni spełniać funkcje układów uzupełniających innych systemów grzewczych (Jastrzębska, 2007). Pewnym jest, iż moment w którym technologia układów solarnych będzie umożliwiała pozyskiwanie, kumulowanie i przechowywanie energię słoneczną kolektory słoneczne staną się wiodącym systemem zapewnienia ciepłej wody użytkowej.

Bibliografia:

1. Jastrzębska G., *Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 2007
2. Kalkulator doboru kolektorów http://salon.viessmann.com.pl/kalkulatory/kolektor/
3. Kordek B., *Usytuowanie i sposób montażu kolektorów, Kąt na dachu*., w: *Magazyn* Instalatora, nr 11 (159), listopad 2011
4. Nalewaj K. *Energia słoneczna* w: *Energie odnawialne. Przegląd technologii i zastosowań*. (red) Starczewska H.D. Politechnika Lubelska, Lublin 2012
5. Nowicka D., Zasada działania instalacji solarnej, www.poradnik.sunage.pl
6. Smolec W., *Fototermiczna konwersja energii słonecznej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000
7. Viessmann – poradnik projektanta 2006
8. Wnuk R. *Instalacje w domu pasywnym i energooszczędnym, przewodnik budowlany*
9. Zawadzki M. *Kolektory słoneczne i pompy ciepła na tak,* Polska Ekologia 2003
10. Zimny J., Brzegowy R., Bielik S. *Kolektory słoneczne. Podstawy teoretyczne, budowa, badania*.,2013

Liczba znaków ze spacjami: 23 070

BADANIA BELEK ŻELBETOWYCH Z BETONU WYSOKOWARTOŚCIOWEGO Z DODATKIEM WŁÓKIEN STALOWYCH I POLIPROPYLENOWYCH

Piotr Smarzewski, Monika Szafraniec
Politechnika Lubelska, Wydział Budownictwa i Architektury
Katedra Konstrukcji Budowlanych, ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin
e-mail: p.smarzewski@pollub.pl

Streszczenie:
W artykule przedstawiono wyniki badań i analizy belek żelbetowych z fibrobetonu wysokowartościowego z włóknami stalowymi i polipropylenowymi. Belki poddano zginaniu w schemacie 4-punktowym aż do ich zniszczenia. Badania wykonano dla trzech elementów o zmiennej ilości i zróżnicowanym rodzaju zbrojenia. W jednym elemencie skonstruowano typowe zbrojenie prętami stalowymi. W dwóch kolejnych pręty górne i strzemiona zastąpiono zbrojeniem rozproszonym o zmiennej procentowej objętości włókien stalowych i polipropylenowych. Do wyznaczenia stanu deformacji i odkształcenia wykorzystano system ARAMIS do trójwymiarowych bezkontaktowych pomiarów pól przemieszczeń i odkształceń.

Słowa kluczowe: belka żelbetowa, fibrobeton wysokowartościowy, włókno stalowe, włókno polipropylenowe, system ARAMIS

Wstęp

Mniejsza trwałość istniejących konstrukcji z betonu zwykłego w warunkach coraz większego skażenia środowiska naturalnego wytycza nowe trendy badań w kierunku poprawy jego jakości (Glinicki i in. 2001, Cladera, Mari 2005, Koksal 2008). Naukowcy prowadzą eksperymenty na betonach nowej generacji o wysokiej wytrzymałości i trwałości. W latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku na większą skalę zaczęto stosować betony wysokowartościowe w konstrukcjach budowlanych. W technologii betonu zaczęto używać terminu technologia trwałości oznaczającego wykonanie wysokiej jakości kompozytu betonowego o dużej wytrzymałości i szczelności, odporności na agresje chemiczne i ścieranie oraz pełnej mrozoodporności. Ostatnio coraz większe zainteresowanie wywołują betony wysokowartościowe z dodatkiem różnych odmian włókien pełniących funkcję zbrojenia rozproszonego. Klasyfikację włókien wraz z ich charakterystykami technicznymi przedstawiono w pracy Łapko, Karwowskiej 2011. Wpływ najczęściej stosowanych włókien stalowych i syntetycznych na właściwości elementów betonowych był przedmiotem wielu badań m. in. Ashour i in.

1992, Gustafsson, Noghabai 1999, Ulańskiej i in. 2000. Włókna dodawane są w ilości gwarantującej pozytywny efekt wytrzymałościowy lub polepszenie innych własności mechanicznych, a ich rozkład w elemencie jest losowy i zależy od stopnia zagęszczenia mieszanki betonowej.

Przedmiotem pracy są trzy belki żelbetowe (oznaczone symbolami B1÷B3) o wymiarach 2500 x 400 x 200 mm, różniące się ilością i rodzajem zbrojenia. W belce B1 zastosowano typowe zbrojenie prętami stalowymi, a w B2 i B3 użyto dwóch prętów dołem i zbrojenia rozproszonego włóknami stalowymi i polipropylenowymi o zmiennej procentowej objętości.

W artykule przedstawiono analizę stanu odkształcenia i deformacji powyższych belek poddanych zginaniu w schemacie 4-punktowym. Badania przeprowadzono z użyciem systemu ARAMIS do bezkontaktowych trójwymiarowych pomiarów pól odkształceń.

Badania doświadczalne

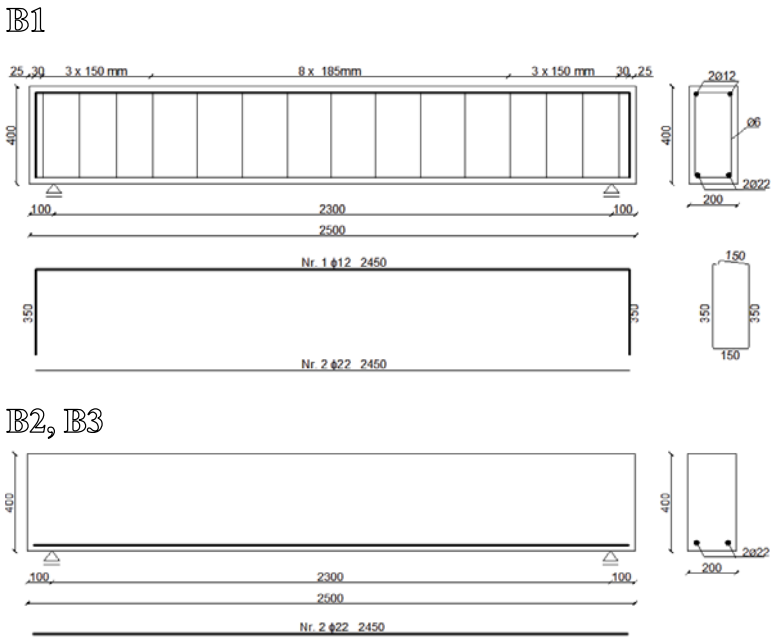
Wykonano elementy belkowe B1÷B3 i elementy kontrolne według trzech receptur RI÷RIII. W belce B1 nie zastosowano włókien. W elemencie B2 procentowa objętość włókien stalowych wynosiła 0.5%, a polipropylenowych 0.025%, a w B3 odpowiednio 1% i 0.05%. Stałymi składnikami mieszanek betonowych był: cement, mikrokrzemionka zagęszczona, kruszywo, woda i superplastyfikator. W tabeli 1 zestawiono składy mieszanek.

Tab. 1. Składy mieszanek betonowych

Symbol	Składnik mieszanki betonowej	Receptura RI	Receptura RII	Receptura RIII
C	Cement CEM I 52.5R [kg/m^3]	596	596	596
M	Mikrokrzemionka zagęszczona [kg/m^3]	59.6	59.6	59.6
K	Kruszywo granodiorytowe 2-8mm [kg/m^3]	990	990	990
P	Piasek kwarcowy [kg/m^3]	500	500	500
S	Superplastyfikator BASF Glenium SKY 591 [l/m^3]	20	20	20
W	Woda [l/m^3]	196	196	196
WS	Włókna stalowe Baumix 60, 1x60 mm [kg/m^3]	-	78	39
WP	Włókna polipropylenowe [kg/m^3]	-	0.5	0.25

Dla powyższych składów ilościowych mieszanek betonowych wyznaczono charakterystyczne wskaźniki:
(K+P)/(C+M) = 2.27 – wskaźnik kruszywo-frakcje pyłowe
W/(C+M) = 0.3 – wskaźnik wodno-spoiwowy
S/(C+M+K+P) = 0,017 – wskaźnik superplastyfikator - (kruszywo + frakcje pyłowe).

Schematy zbrojenia belek przedstawiono na Rys. 1.

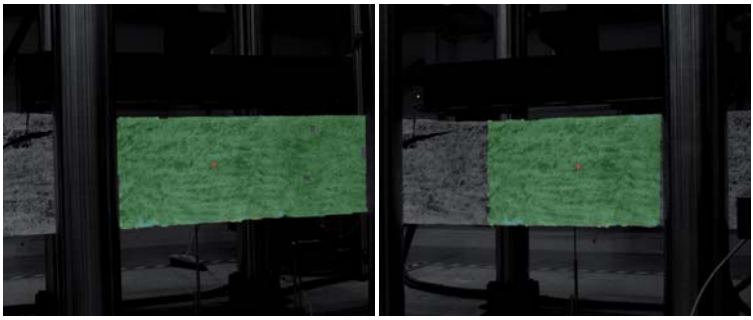


Rys. 1. Wymiary belek oraz rozmieszczenie zbrojenia

Badanie wytrzymałości betonu na ściskanie przeprowadzono na kostkach o boku 100 mm i dodatkowo na odwiertach rdzeniowych pobranych z nieuszkodzonych stref zginanych belek. Wynosiły one dla B1, B2, B3 odpowiednio 113.8 MPa, 106.6 MPa i 111 MPa. Inne badane własności betonu i stali zbrojeniowej przedstawiono w pracy Smarzewskiego 2013.

Mieszankę betonową układano warstwowo z każdorazowym zagęszczaniem kolejnej warstwy za pomocą wgłębnego wibratora buławowego. Po zakończonym betonowaniu, górne powierzchnie belek zacierano, wyrównywano i przykrywano mokrymi tkaninami celem zapewnienia odpowiednich warunków dojrzewania. Belki rozformowano po upływie 14 dni, a poddano badaniom po 44 dniach od betonowania. Belki B2 i B3 wykonano i badano z 4-dniowym opóźnieniem względem belki B1. Przed badaniami belki pokrywano wapnem malarskim i po wyschnięciu nanoszono czarny, kropkowany deseń farbą w sprayu, aby umożliwić poprawny pomiar pól przemieszczeń i odkształceń systemem ARAMIS.

W początkowym etapie określano pole pomiarowe, na którym przeprowadzano obliczenia. Zakres badanego obszaru był ograniczony konfiguracją geometryczną prasy między jej filarami wsporczymi i pozwalał na właściwe ustawienie urządzenia dla pola obliczeniowego długości około 60-70 cm na 40 cm (cała wysokość belki, Rys. 2). Badano środkowe obszary belek o największych deformacjach. Po ustawieniu belki na stanowisku badawczym wykonywano regulacje systemu krzyżem kalibracyjnym wyposażonym w punkty referencyjne. Następnie stworzono projekt pomiarowy i ustawiono tryb zapisu zdjęć rejestrowanych podczas badania belek przez 3-4 godz. z częstotliwością próbkowania 0.2 Hz.



Rys. 2. Obszar pomiaru z dwóch kamer belki B2 w chwili zniszczenia

Belki po ustawieniu na stanowisku badawczym poddawano etapowemu obciążaniu statycznemu. Z jednej strony belek przeprowadzono pomiary systemem ARAMIS, a z drugiej, niezależnie wykonano pomiary szerokości rys za pomocą mikroskopu Optika XC-100L. Pierwszy etap przebiegał w sposób ciągły, aż do pojawienia się pierwszych rys. W tym momencie zatrzymywano przyrost obciążenia, zaznaczano przebieg rys i mierzono ich szerokości. Obciążenie wznawiano po oznaczeniu wszystkich rys. Na każdym kolejnym etapie obciążenia wykonywano dokumentację propagacji i rozwarcia rys.

Analiza wyników badań

Przyczyny zniszczenia elementów belkowych ustalono po analizach ich stanu przy maksymalnym obciążeniu, charakteru i rozwarcia rys oraz po ocenie stanu zbrojenia. W tabeli 2 przedstawiono objętościowy stopień zbrojenia belek.

Tabela 2. Objętościowy stopień zbrojenia i siły niszczące

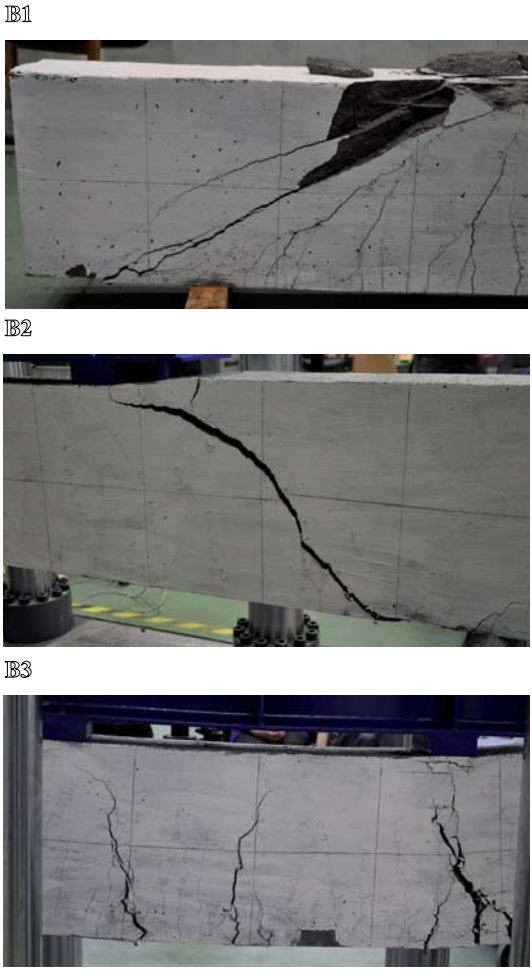
Oznaczenie elementu	Receptura	Objętościowy stopień zbrojenia [%]	Siła niszcząca przy zginaniu [kN]
B1	RI	1.67	397.1
B2	RII	1.68	295.0
B3	RIII	2.43	440.6

W przypadku belki B1 zaobserwowano powstawanie charakterystycznych rys ukośnych od zginania występujących w mniej więcej stałych odległościach. Badanie belki zakończono w chwili zmiażdżenia betonu w strefie przyłożenia siły, przy równoczesnym powstaniu licznych rys o dużym rozwarciu na niewielkim odcinku belki. Na belce powstały 42 rysy o szerokości 0.05-0.4 mm.

Belka B2 uległa nagłemu zniszczeniu w wyniku powstania bardzo szerokiej szczeliny ścinająco-zginającej. Na belce powstało jedynie 30 rys.

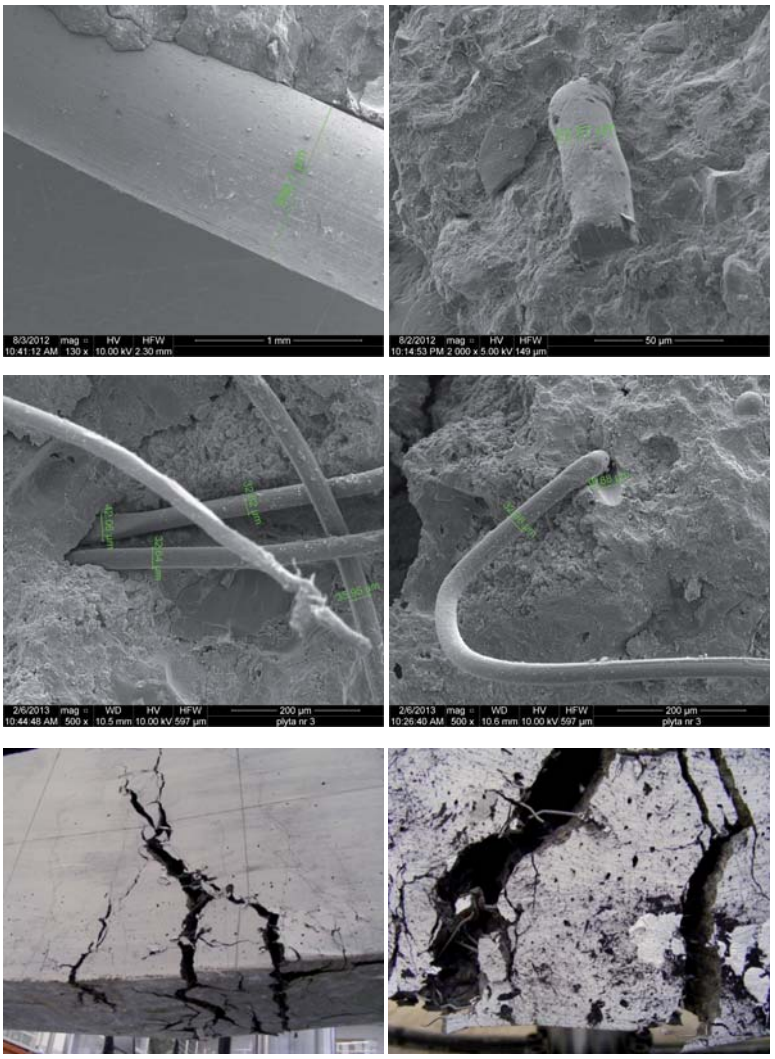
Na belce B3 najszersze rysy pojawiły się w strefie środkowej i zarejestrowano ich aż 57 o małych szerokościach. W końcowej fazie badania zrywaniu włókien stalowych towarzyszyły głośne trzaski.

Obrazy zniszczenia belek przedstawiono na Rys. 3.



Rys. 3. Obrazy zniszczenia belek

Analizując zarysowanie belek stwierdzono, że belkę B3 o najwyższym stopniu zbrojenia (2.43%) pomimo bardzo licznych rys charakteryzowała największa nośność. Świadczy to o korzystnym rozkładzie zbrojenia rozproszonego w matrycy i o dobrej współpracy betonu wysokowartościowego z włóknami stalowymi i polipropylenowymi co potwierdzają zdjęcia mikro i makrostruktury betonu, Rys. 4.



Rys. 4. Współpraca włókien stalowych i polipropylenowych w matrycy betonu wysokowartościowego

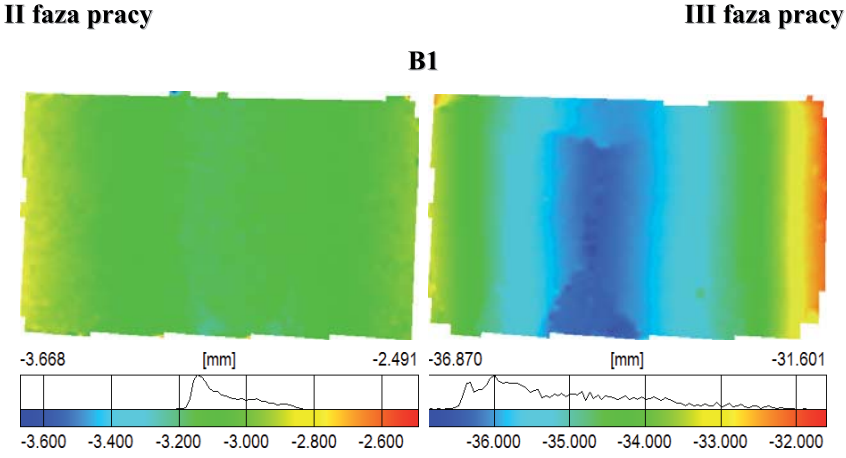
Ilość zbrojenia rozproszonego belki B3 dobrano właściwie, co przełożyło się na dużą nośność na ścinanie elementu wzmocnionego włóknami w strefach przypodporowych. W przypadku belki B2 procentowa objętość włókien okazała się niewystarczająca i nie rekompensowała braku strzemion w obszarach ścinanych. Świadczy o tym porównywalny stopień zbrojenia belek B1 i B2 przy jednoczesnej różnicy siły niszczącej na poziomie ok. 26%.

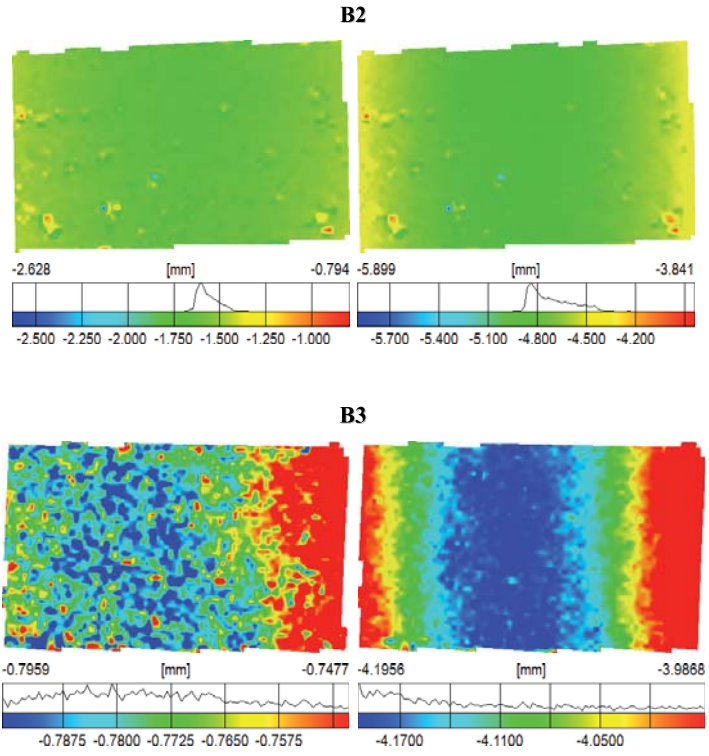
Wyniki przedstawiające ugięcia poszczególnych belek przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Zestawienie ugięć belek

Element	Siła w fazie II pracy belki [kN]	Ugięcie w fazie II [mm]	Siła w fazie III pracy belki [kN]	Ugięcie w fazie III [mm]
B1	170.9	3.7	387.2	36.9
B2	167.5	2.6	295.0	5.9
B3	167.6	0.8	416.1	4.2

W belce B1 w II i III fazie pracy zaobserwowano największe, zaś w belce B3 najmniejsze wartości ugięcia elementu. Belka B1 w II fazie pracy ugięła się o prawie 30% więcej niż belka B2. Mapy ugięć belek w II i III fazie pracy pokazano na Rys. 5.

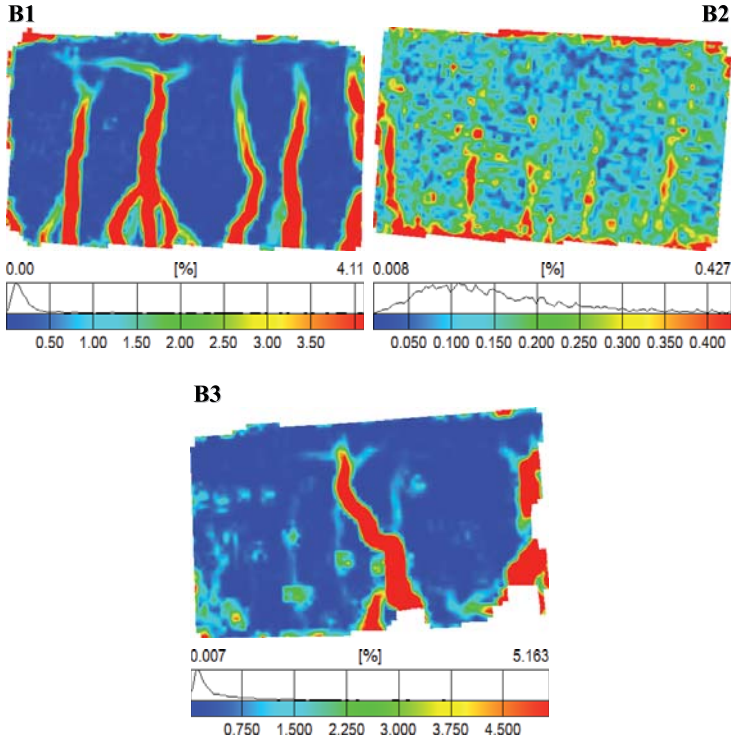




Rys. 5. Ugięcia belek w II i III fazie pracy

Porównując wyniki stanu deformacji z II i III fazy pracy belek, można wyraźnie stwierdzić korzystny wpływ zbrojenia hybrydowego na zmniejszenie wartości ugięcia elementów B2 i B3. Przy porównywalnym poziomie obciążenia w II fazie pracy wartości ugięć belek fibrobetonowych były wyraźnie mniejsze niż belki żelbetowej.

Mapy odkształceń Misesa belek B1÷B3 w końcowym etapie obciążenia zilustrowano na Rys. 6.



Rys. 6. Odkształcenia Misesa w końcowych etapach obciążenia

W belce B1 przy wartości obciążenia 270 kN, odkształcenie Misesa w rysie prostopadłej wynosiło 41.1‰. Przy obciążeniu 52 kN odkształcenie w rysie zlokalizowanej w połowie rozpiętości belki B2 wynosiło 4.3‰. Największe odkształcenia w tym elemencie powstały w strefie przypodporowej nie objętej pomiarem. Natomiast w belce B3 największe odkształcenia na poziomie 51.6‰ powstały w strefie czystego zginania przy obciążeniu 416 kN.

Wnioski

Porównując wyniki badania zginanych belek stwierdzono, że największą nośnością na ścinanie charakteryzował się element B3 z największą objętościową ilością włókien stalowych i polipropylenowych bez zbrojenia poprzecznego. Stwierdzono, że istnieje minimalna procentowa zawartość włókien, powyżej której stosowanie zbrojenia rozproszonego skutkuje uzyskaniem wyższej nośności niż w przypadku użycia zbrojenia tradycyjnego. Zawartość 0.5% włókien stalowych i 0.025% włókien polipropylenowych w belce B2 okazała się niewystarczająca i uległa ona nagłemu zniszczeniu na skutek przekroczenia nośności na ścinanie.

Zarysowanie belek fibrobetonowych porównano na tym samym poziomie obciążenia i zauważono, że w belce B3 powstało więcej rys niż w belkach B1 i B2, ale o znacznie mniejszych szerokościach.

Na podstawie map stanów deformacji dokonano porównania ugięcia i odkształcenia belek i stwierdzono, że belkę B3 charakteryzuje największa sztywność a zarazem największa ciągliwość.

Podziękowania

Wyniki prac były finansowane w ramach środków statutowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr S/15/2013.

Bibliografia:

1. Ashour S.A., Hasanain G.S., Wafa F.F. (1992), *Shear Behavior of High-Strength Fiber Reinforced Concrete Beams*. ACI Structural Journal, V. 89, No. 2, s. 176-184.
2. Cladera A., Mari A.R. (2005), *Experimental study on high-strength concrete beams failing in shear*. Engineering Structures 27, s. 1519-1527.
3. Glinicki M.A., Litorowicz A., Zieliński M. (2001), *Interpretacja badań odporności fibrobetonów na pękanie przy zginaniu*. XLVII Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB, Opole-Krynica, s. 308-314.
4. Gustafsson J., Noghabai K. (1999), *Steel fibers as shear reinforcement in high strength concrete beams*. Technical Report, Luleå University of Technology, Division of Structural Engineering, 1999.
5. Karwowska J. Łapko A., (2011), *Przydatność stosowania nowoczesnych kompozytów fibrobetonowych w konstrukcjach budowlanych*. Civil and Environmental Engineering 2, s. 41-46.
6. Koksal F. (2008), *Combined effect of silica fume and steel fiber on the mechanical properties of high strength concretes*. Construction and Building Materials 22, s. 1874-1880.
7. Smarzewski P. (2013), *Stany graniczne użytkowalności belek żelbetowych z betonu wysokowartościowego z dodatkiem włókien.* Budownictwo i Architektura 12(1), 155-162.
8. Ulańska D., Figa M., Stawicka A. (2000), *Właściwości betonu z dodatkiem włókien polipropylenowych w zbrojonych elementach zginanych*. Inżynieria i Budownictwo nr 11, 615-619.

Liczba znaków ze spacjami: 25 023

ANALIZA STANU NAPRĘŻENIA I MECHANIZMU ZARYSOWANIA BELKI ŻELBETOWEJ OBCIĄŻONEJ STATYCZNIE

[1]Piotr Smarzewski, [2]Danuta Barnat-Hunek
Politechnika Lubelska
Wydział Budownictwa i Architektury, ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin
[1]Katedra Konstrukcji Budowlanych, e-mail: p.smarzewski@pollub.pl
[2]Katedra Budownictwa Ogólnego, e-mail: d.barnat-hunek@pollub.pl

Streszczenie:
W niniejszej pracy przedstawiono analizę stanu naprężenia i mechanizmu zarysowania modelowej zginanej belki żelbetowej, traktowanej, jako kompozycja materiałowa składająca się z betonu wzmocnionego wiotkimi prętami stalowymi rozłożonymi dyskretnie w matrycy. W celu weryfikowania poprawności założonych modeli materiałów konstrukcyjnych: betonu i stali zbrojeniowej, porównano otrzymane wyniki obliczeń numerycznych z wynikami obliczeń analitycznych.

Słowa kluczowe: metoda elementów skończonych, konstrukcje żelbetowe, belki

Wstęp

W większości przypadków konstrukcje żelbetowe projektowane są metodami uproszczonymi w oparciu o wyniki doświadczalne. Chociaż tradycyjne metody empiryczne są wystarczające do projektowania typowych konstrukcji żelbetowych, to jednak zastosowanie metody elementów skończonych umożliwia wykonywanie bardzo dokładnych analiz złożonych ustrojów konstrukcyjnych.

W ostatnich latach problemy mechaniki konstrukcji żelbetowych rozwiązywane są przy zastosowaniu metody elementów skończonych, co jest ściśle związane z większymi możliwościami metod i systemów obliczeniowych. Oprogramowanie systemowe zastosowane do modelowania zachowania konstrukcji szczególnie w zakresie nieliniowym jest bardzo efektywne zwłaszcza w odniesieniu do tak zwanych otwartych systemów, w których można implementować własne modele konstytutywne. Główną przeszkodą w wykorzystaniu metody elementów skończonych w obliczeniach konstrukcji żelbetowych jest trudność modelowania właściwości materiałów związana przede wszystkim z jego kompozytową budową.

W celu weryfikowania poprawności założonego modelu materiału i zastosowanej metody obliczeniowej należy porównywać otrzymane wyniki obliczeń numerycznych z wynikami doświadczalnymi oraz z wynikami obliczeń analitycznych.

Przedmiotem pracy jest belka żelbetowa traktowana, jako kompozycja materiałowa składająca się z betonu wzmocnionego wiotkimi prętami stalowymi rozłożonymi dyskretnie w matrycy.

Celem pracy jest analiza stanu naprężenia i mechanizmu zarysowania belki żelbetowej rozwiązywanej metodą elementów skończonych z uwzględnieniem nieliniowości fizycznych materiałów konstrukcyjnych.

Modelowanie belki żelbetowej

W modelu betonu belki przyjęto graniczną jednoosiową wytrzymałość na ściskanie $f_c^{'} = 35$ MPa, moduł sprężystości $E_c = 34$ GPa, współczynnik Poissona $\nu_c = 0.2$, graniczną jednoosiową wytrzymałość na rozciąganie $f_r = 3.2$ MPa. W modelu stali zbrojeniowej założono charakterystyczną granicę plastyczności $f_{yk} = 410$ MPa, moduł sprężystości $E_s = 200$ GPa, współczynnik Poissona $\nu_s = 0.3$.

Relację naprężenie-odkształcenie przy jednoosiowym ściskaniu otrzymano z poniższych równań opisujących wieloliniową izotropową krzywą naprężenie-odkształcenie betonu (MacGregor 1992):

$$\sigma = \frac{E_c \cdot \varepsilon}{1 + \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right)^2} \tag{1}$$

$$\varepsilon_0 = \frac{2 \cdot f_c^{'}}{E_c} \tag{2}$$

$$E_c = \frac{\sigma}{\varepsilon} \tag{3}$$

gdzie: ε_0 - odkształcenie odpowiadające wytrzymałości na ściskanie $f_c^{'}$.

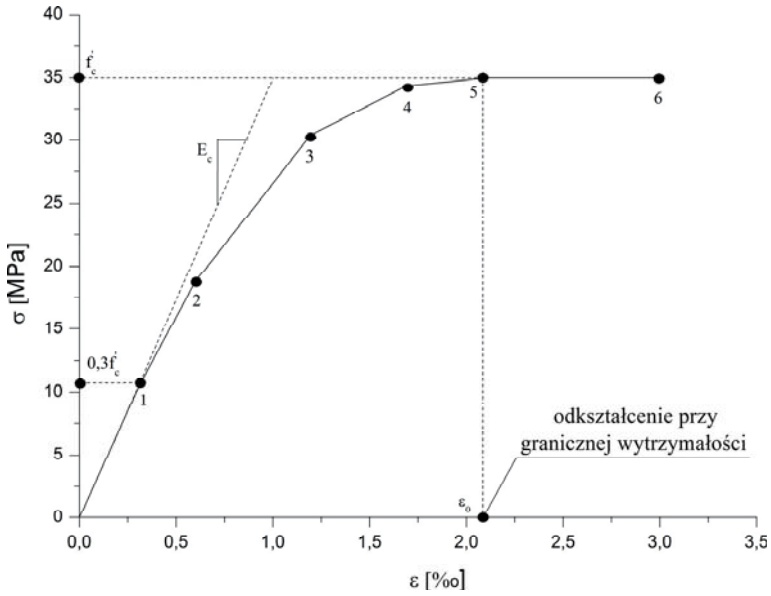
Wieloliniowa izotropowa zależność naprężenie-odkształcenie wymaga definiowania pierwszego punktu krzywej, dla którego spełnione jest prawo Hooka. Krzywą zastosowano w celu poprawienia zbieżności nieliniowego algorytmu rozwiązania, Tabela 1.

Tab. 1. Zestawienie punktów opisujących wieloliniowy wykres σ-ε dla betonu

	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4	Punkt 5	Punkt 6
σ [MPa]	10.5	18.803	30.454	34.368	35	35
ε [‰]	0.3088	0.6	1.2	1.7	2.1	3

Pierwszy punkt, zdefiniowano w $0.3f_c'$ i oszacowano przedział liniowy (wzór 3). Następne punkty 2, 3 i 4 obliczono ze wzoru 1 dla ε_0 wyznaczonego wg równania 2. Założono odkształcenia i obliczono naprężenia dla każdego odkształcenia. Punkt 5 zdefiniowano dla $\sigma = f_c'$ i ε_0 wyznaczonego wg równania 2, a ostatni punkt 6 dla $\sigma = f_c'$ i $\varepsilon_0 = 0.003$.

Na Rys. 1 przedstawiono zależność wykorzystaną w modelu betonu, opartą na pracy Kachlakeva i in. 2001.

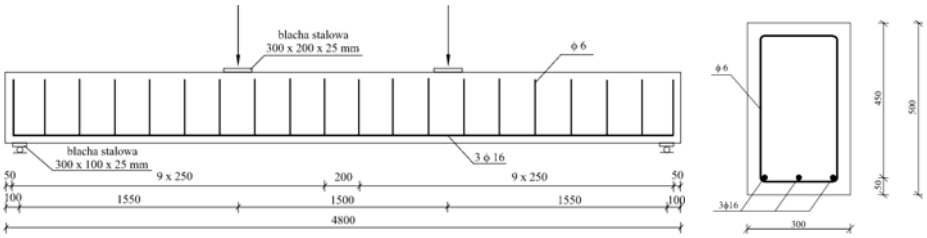


Rys. 1. Wykres jednoosiowe naprężenie-odkształcenie betonu

Model żelbetu uwzględnia możliwość kruchego zniszczenia betonu podatnego na zarysowanie przy rozciąganiu i miażdżenie przy ściskaniu oraz deformacje plastyczne stali zbrojeniowej i betonu. Powierzchnia graniczna betonu była zgodna z teorią Willama-Warnke 1975, uwzględniającą pięć parametrów materiałowych. W zarysowanym betonie uwzględniono możliwość jego wzmocnienia przy ścinaniu przez definiowanie współczynników ścinania przy rysach otwartych β_t i zamkniętych β_c. W odniesieniu do stali zbrojeniowej wykorzystano model materiału sprężysto-idealnie plastycznego, a w odniesieniu do betonu model sprężysto-plastyczny ze wzmocnieniem. Wartość β_t przyjmuje się z prze-

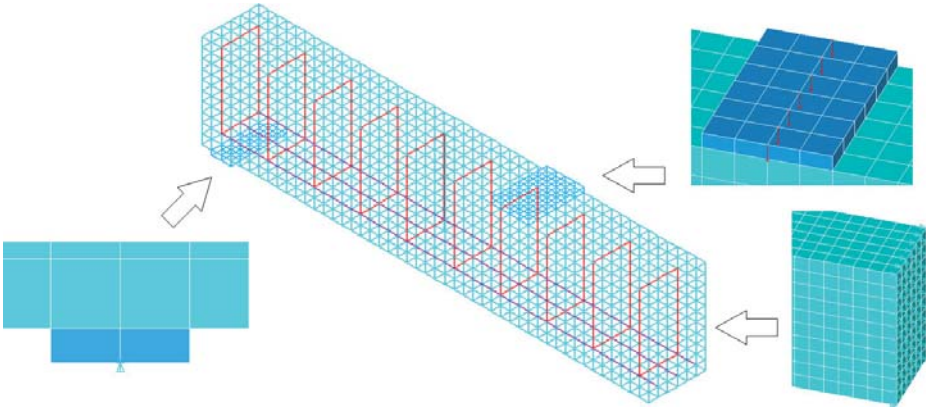
działu od 0 do 1, przy czym 0 odpowiada rysie gładkiej przy całkowitej utracie nośności na ścinanie, a 1 rysie chropowatej bez utraty nośności na ścinanie (ANSYS 2005). W wielu pracach dotyczących konstrukcji żelbetowych wartość β_t przyjmowano z przedziału pomiędzy 0.05 a 0.25 (Bangash 1989, Huyse i in. 1994, Hemmaty i in. 1998, Kachlakev i in. 2001, Wolanski 2004). Wstępne analizy obejmowały różne warianty wartości współczynnika β_t. Ostatecznie ustalono, że jego optymalna wartość wynosi 0.3.

Wymiary analizowanej belki z układem zbrojenia i schematem obciążenia przedstawiono na Rys. 2.



Rys. 2. Układ zbrojenia i schemat obciążenia belki

Modelowano połowę belki po jednej płycie stalowej w punkcie przyłożenia obciążenia i na podporze w związku z podłużną symetrią elementu. Model obciążanej płyty stalowej, podpory stalowej i belki ze zbrojeniem wraz z warunkami brzegowymi przedstawiono na Rys. 3.



Rys. 3. Siatka elementów skończonych i warunki brzegowe

Belkę obciążano do chwili zniszczenia. Obliczenia numeryczne wykonano wg procedury Newtona-Raphsona. Po uzyskaniu zbieżności po każdym etapie obciążenia następowało wznowienie analizy numerycznej. Czas na końcu każdego etapu obciążenia

odpowiadał zastosowanemu obciążeniu. W pierwszym etapie końcowy czas obciążenia wynosił 0.007 co odpowiadało obciążeniu P = 0.007 MN = 7 kN przyłożonemu bezpośrednio na płytę stalową. Założono mały przyrost obciążenia o stałej wartości równej 0.0875 kN. W analizach zastosowano kryterium zbieżności przemieszczeń o wartości równej 0.25.

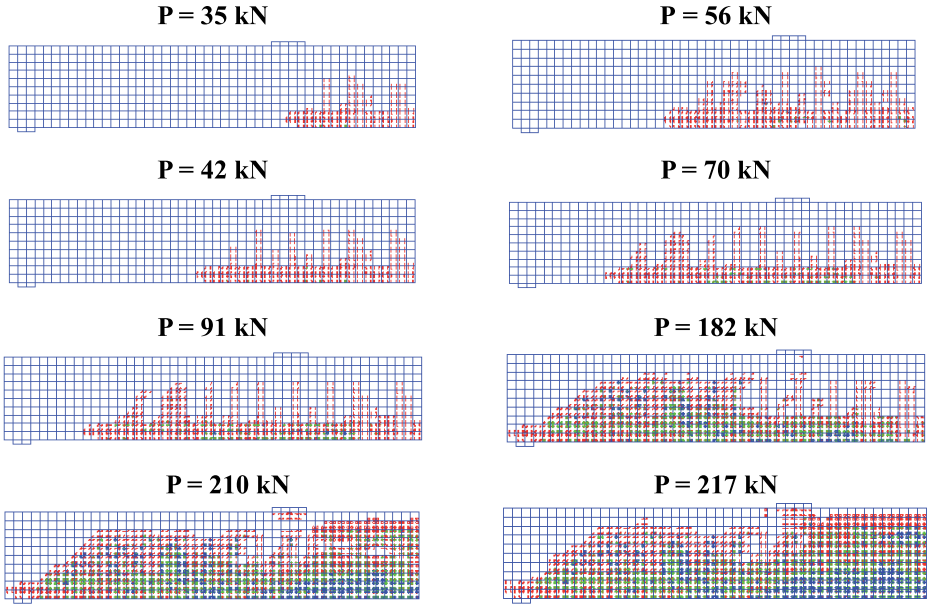
Analiza wyników numerycznych

W obszarze liniowo-sprężystym porównano zgodność przemieszczeń i naprężeń w modelu numerycznym z obliczeniami analitycznymi. Wyznaczono naprężenia betonu, naprężenia stali zbrojeniowej i przemieszczenia pionowe w środku belki pod obciążeniem rysującym 27.5 kN. W Tabeli 2 porównano je z wynikami numerycznymi w chwili powstania pierwszej rysy. W obszarze działania stałego momentu naprężenia w środku rozpiętości belki są równe 3.2 MPa.

Tab. 2. Porównanie wyników analitycznych z wynikami numerycznymi

Model	Naprężenie betonu w strefie rozciąganej σ_{ct} [MPa]	Naprężenie w stali zbrojeniowej σ_s [MPa]	Przemieszczenie pionowe w środku belki V_d [mm]	Siła rysująca P_{cr} [kN]
Obliczenia analityczne	3.20	14.99	0.86	27.50
Obliczenia numeryczne	3.35	15.49	0.93	32.03

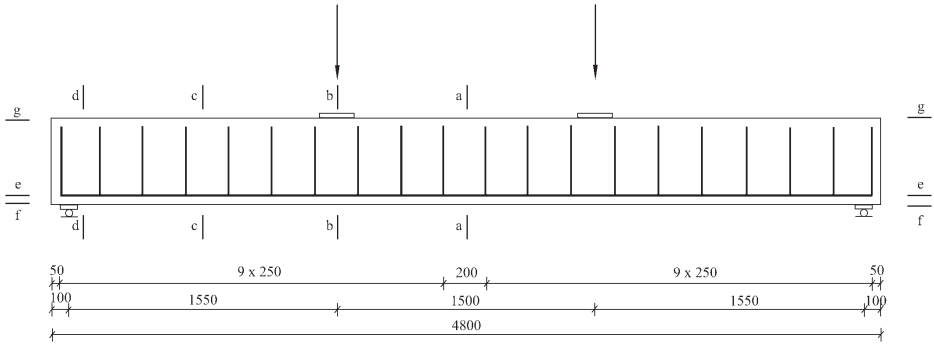
Na Rys. 4 zilustrowano obrazy rys w całym zakresie obciążenia. Na początku rysy od zginania powstawały w połowie rozpiętości belki. W miarę wzrostu obciążenia pionowe rysy rozciągały się poziomo w kierunku podpory. Przy wyższym obciążeniu pojawiały się ukośne rysy od rozciągania. Na końcowych etapach powstały rysy od ściskania pod punktem obciążenia. W obszarze działania stałego momentu zginającego rysy rozwijały się do osiągnięcia obciążenia 35 kN. Następnie zaobserwowano rozwój zarysowania belki w kierunku podpory. Rysy ukośne powstały przy obciążeniu 91 kN.



Rys. 4. Obrazy rys

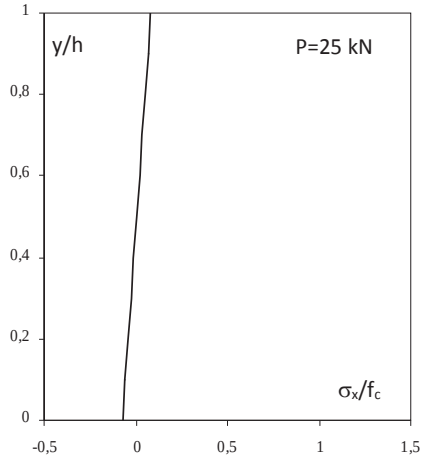
Pierwsze efekty miażdżenia betonu zaobserwowano pod obciążeniem 182 kN. Uplastycznienie stali zbrojeniowej pojawiło się nieco później przy około 200 kN. Zarejestrowano wówczas gwałtowny wzrost przemieszczeń pionowych w środku belki. Stan graniczny nośności wystąpił pod obciążeniem 218 kN, co objawiło się nagłą utratą zbieżności rozwiązania numerycznego.

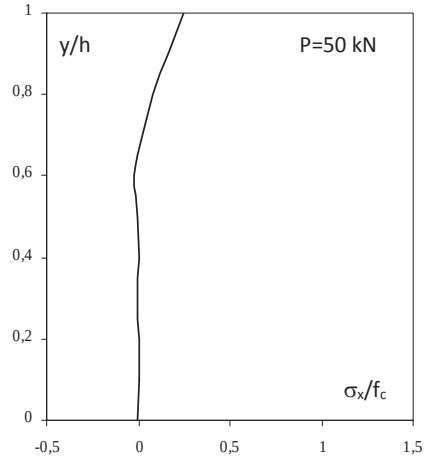
W artykule analizowano stan naprężenia belki żelbetowej. Na Rys. 5 zaznaczono przekroje, w których wykonano rozkłady naprężeń.

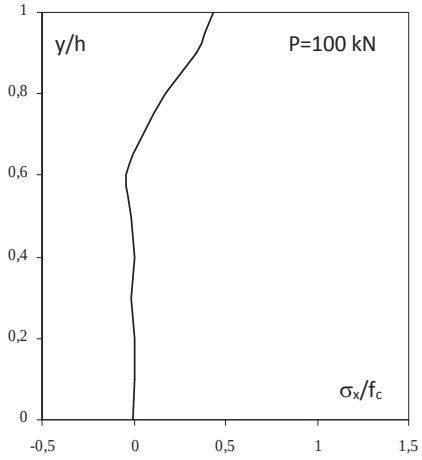


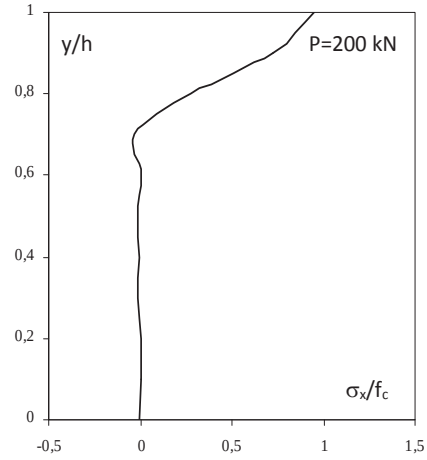
Rys. 5. Schemat usytuowania przekrojów obserwacji stanu naprężenia

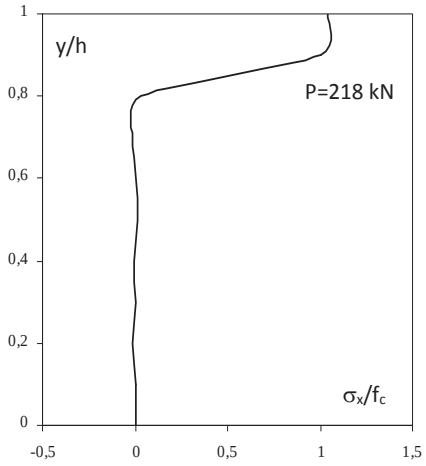
W pierwszej grupie rysunków przedstawiono rozkłady naprężeń normalnych σ_x, σ_y oraz naprężeń stycznych σ_{xy} w betonie. Wyniki ilustrują zmiany stanu wytężenia belki żelbetowej przy kolejnych poziomach obciążenia zewnętrznego.







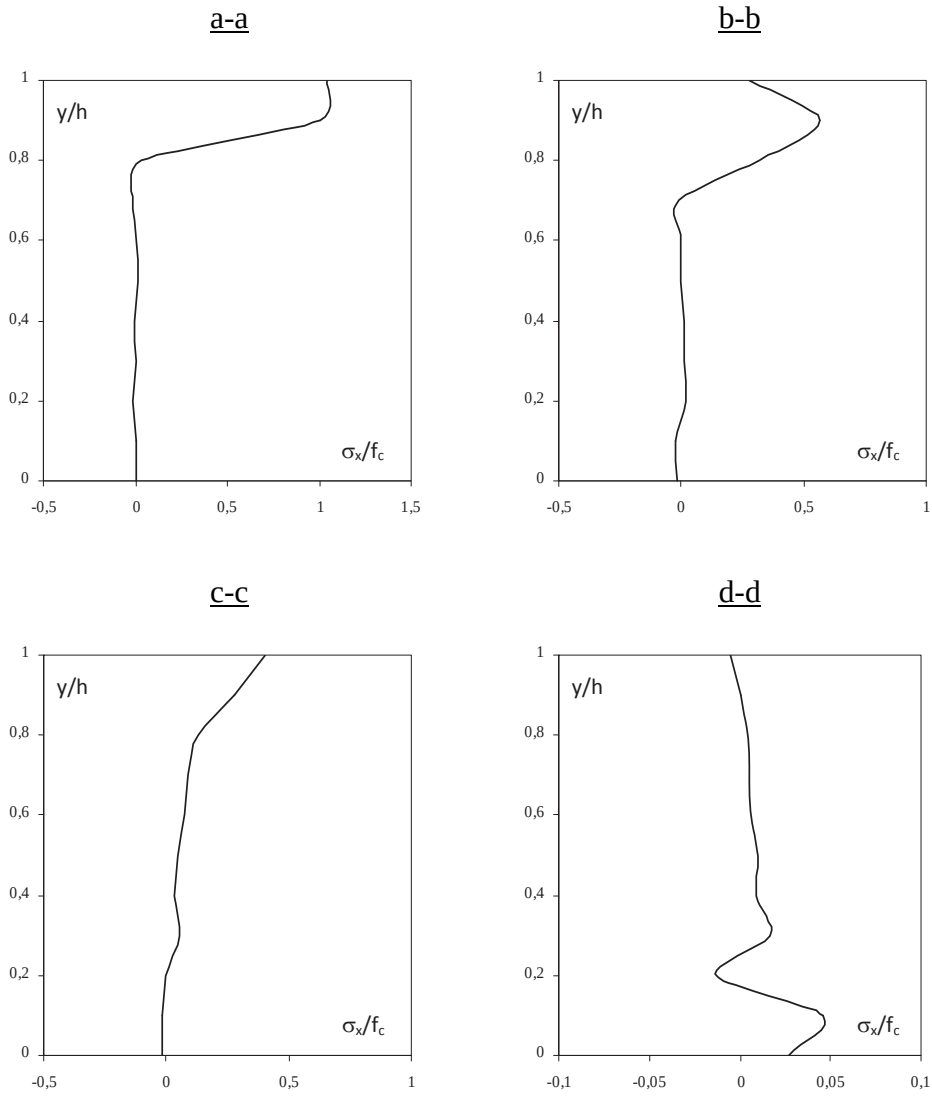




Rys. 6. Rozkład naprężeń normalnych σ_x w przekroju a-a dla różnych poziomów obciążenia

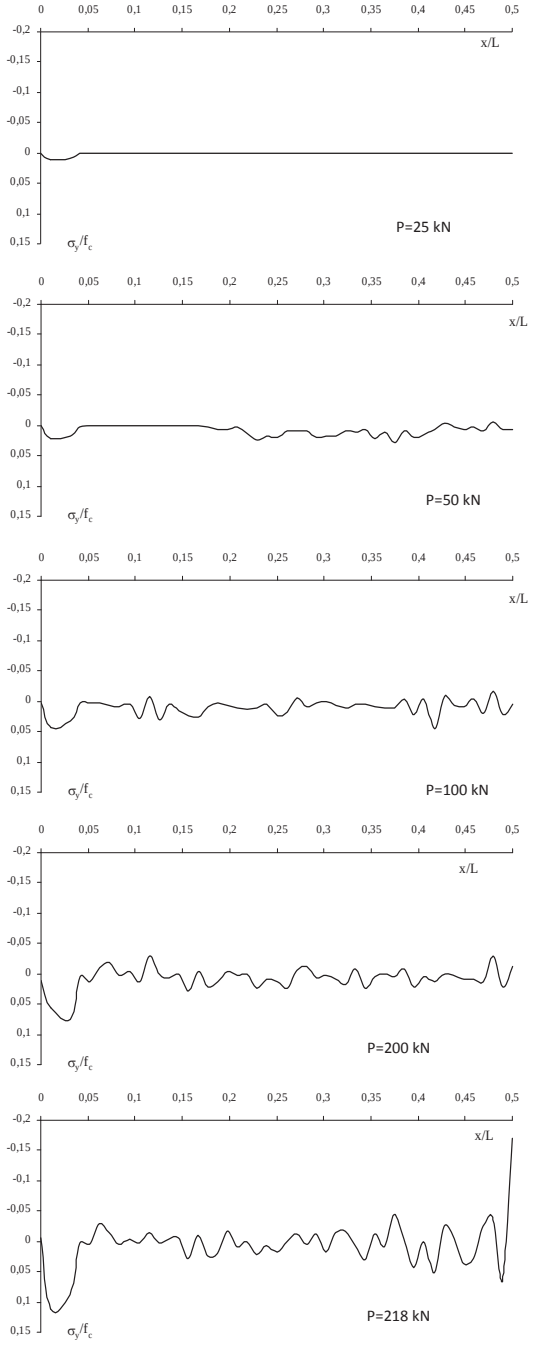
Na Rys. 6 przedstawiono rozkłady naprężeń normalnych σ_x w przekroju pionowym a-a. Przy poziomie obciążenia P = 25 kN obserwuje się rozkład naprężeń charakterystyczny w zakresie sprężystej pracy belki. Przy poziomie obciążenia P = 50 kN występuje strefa zarysowania przekroju, która powiększa się na kolejnych etapach obciążenia kosztem wysokości ściskanej betonu. Przy obciążeniu P = 200 kN, widoczny jest rozwój procesu propagacji rysy, której zasięg dochodzi do około 70% wysokości belki. Tuż przed zniszczeniem przy obciążeniu P = 218 kN wysokość obszaru zarysowanego osiąga 80%.

Rozkłady naprężeń normalnych σ_x przed zniszczeniem przy obciążeniu P = 218 kN w przekrojach pionowych a-a, b-b, c-c, d-d przedstawiono na Rys. 7. Z uwagi na usytuowanie kolejnych przekrojów proces rozwoju strefy zarysowanej w głąb konstrukcji rozwija się wolniej przy mniejszych wartościach naprężeń.

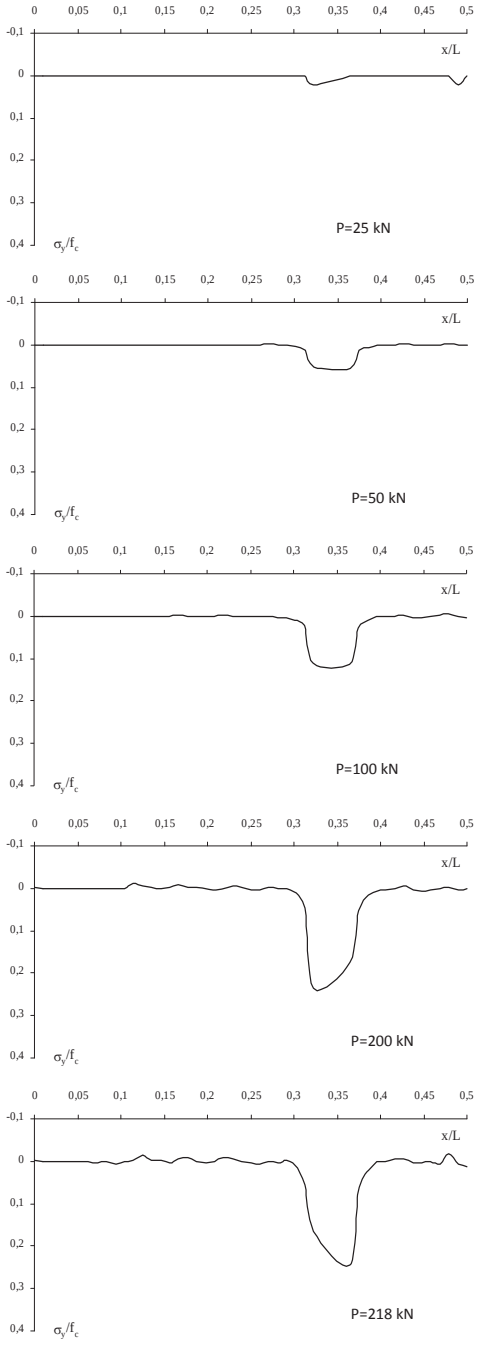


Rys. 7. Rozkład naprężeń normalnych σ_x w przekrojach pionowych a-a, b-b, c-c, d-d przy obciążeniu P = 218 kN

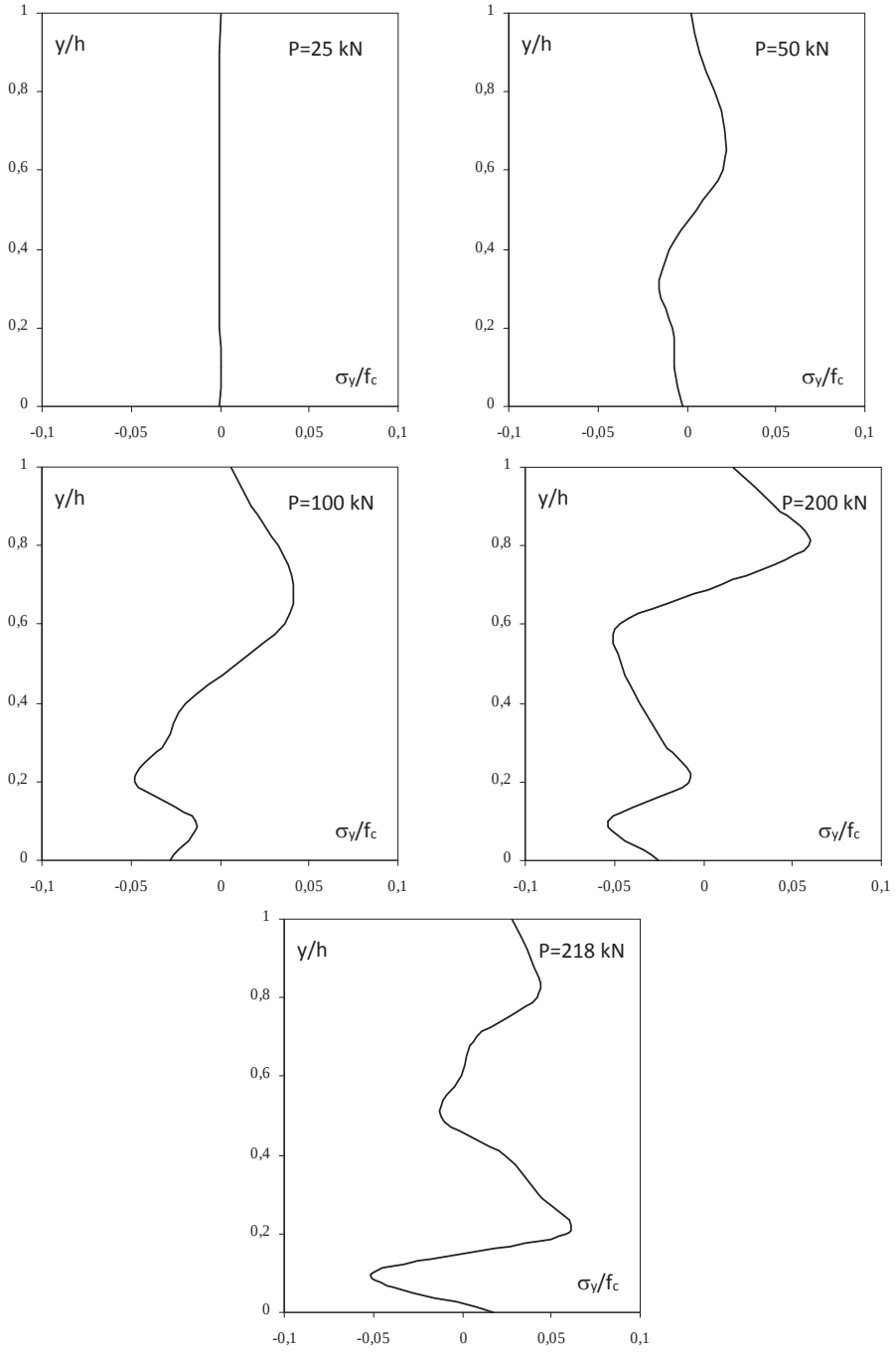
Na następnych rysunkach przedstawiono charakterystyczne rozkłady naprężeń normalnych σ_y w przekrojach poziomych: f-f na Rys. 8, g-g na Rys. 9 i w przekroju pionowym a-a, Rys. 10. Prezentowane rozkłady pionowych naprężeń normalnych są typowe i charakterystyczne dla belki o dużym stopniu zbrojenia.



Rys. 8. Rozkład naprężeń normalnych σ_y w przekroju f-f dla różnych poziomów obciążenia

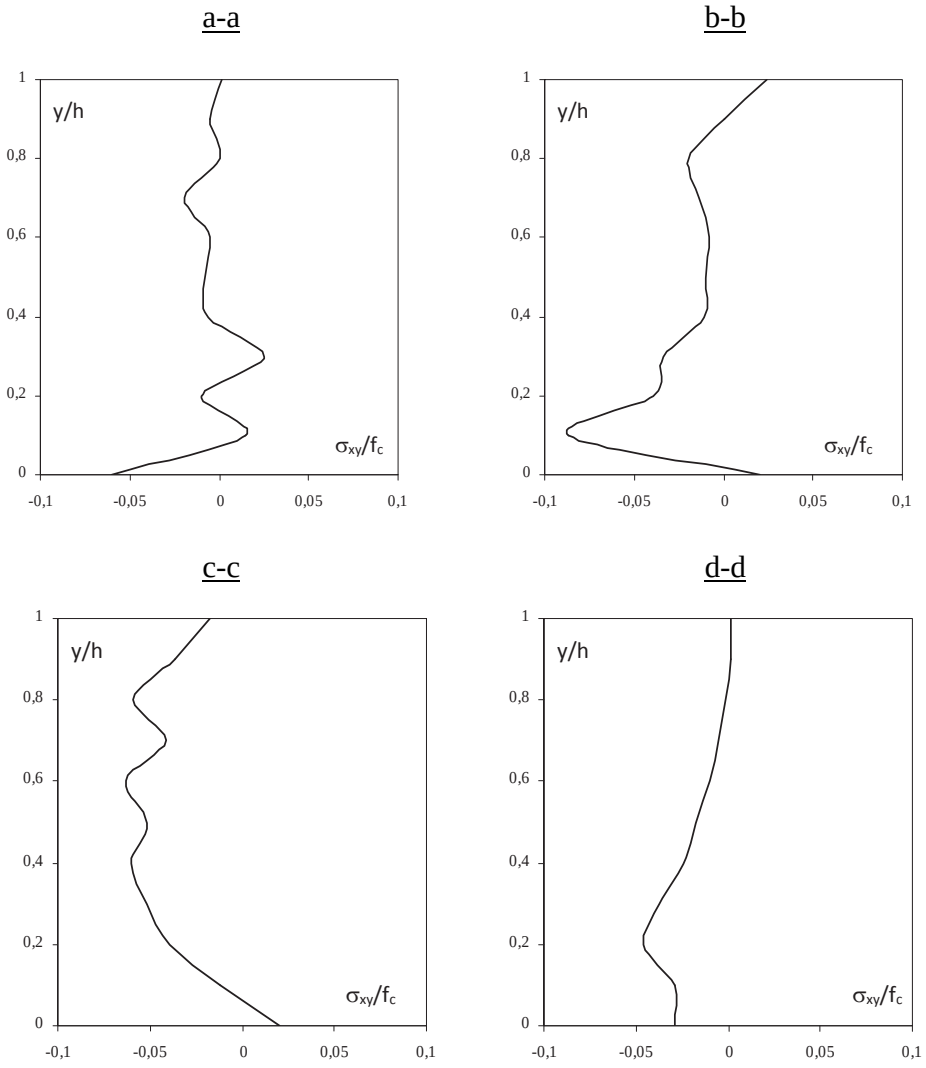


Rys. 9. Rozkład naprężeń normalnych σ_y w przekroju g-g dla różnych poziomów obciążenia



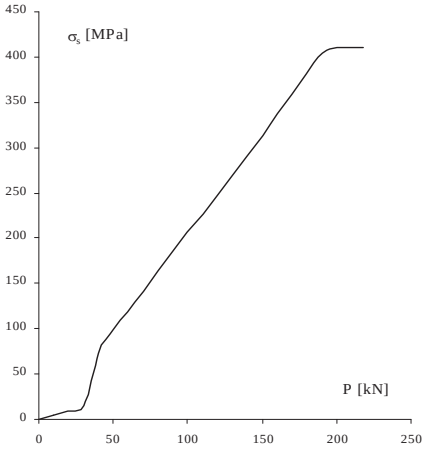
Rys. 10. Rozkład naprężeń normalnych σ_y w przekroju a-a dla różnych poziomów obciążenia

Otrzymane wyniki są jakościowo zgodne z rezultatami eksperymentalnymi. Z kolei na Rys. 11 przedstawiono rozkłady naprężeń stycznych σ_{xy} w przekrojach pionowych a-a, b-b, c-c, d-d przy obciążeniu P = 218 kN tuż przed zniszczeniem. Na charakter rozkładu naprężeń mają wpływ efekty niesprężyste, osłabienie materiałowe i zarysowanie.



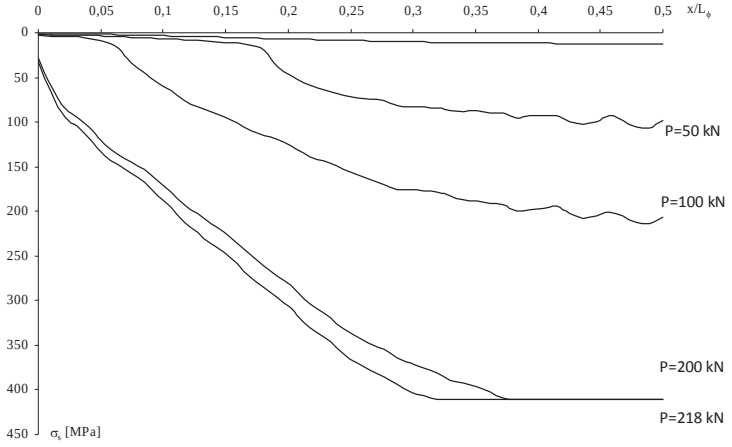
Rys. 11. Rozkład naprężeń stycznych σ_{xy} w przekrojach pionowych a-a, b-b, c-c, d-d przy obciążeniu P = 218 kN

Na Rys. 12. przedstawiono zmienność naprężenia w zbrojeniu głównym, w przekroju środkowym belki, w zależności od sumarycznego obciążenia zewnętrznego.



Rys. 12. Zależność naprężenia w zbrojeniu głównym w przekroju środkowym belki od sumarycznego obciążenia zewnętrznego P

Na Rys. 13 przedstawiono rozkłady naprężeń w stali zbrojeniowej w przekroju e-e.



Rys. 13. Naprężenia w prętach zbrojeniowych σ_s w przekroju e-e przy różnych poziomach obciążenia

Wnioski

W pracy oceniono przydatność metody elementów skończonych w nieliniowej przestrzennej analizie belki żelbetowej. Zamodelowano belkę żelbetową przy wykorzystaniu symetrii i rzeczywistych warunków brzegowych. Stalowe pręty zbrojeniowe dyskretnie lokalizowano w modelu w miejscach związanych z siatką betonowego elementu skończonego. Wychwycono początkowe zarysowanie, naprężenia stali, betonu i ugięcia przy sile rysującej oraz porównano wyniki obliczeń numerycznych z wynikami analitycznymi. Prezentowane wyniki odnoszą się do zachowania belki w stanie naprężenia. Stan ten zilustrowano w postaci rozkładów naprężeń w przekrojach charakterystycznych oraz w postaci map przestrzennie zorientowanych rys rozmytych w obszarze matrycy betonowej. Zmiany stanu wytężenia wykazują jakościową zgodność z mechanizmem zniszczenia belek o wysokim stopniu zbrojenia. Na charakter rozkładu naprężeń decydujący wpływ mają przyjęte modele konstytutywne materiałów konstrukcyjnych.

Podziękowania

Wyniki prac były finansowane w ramach środków statutowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr S/15/2014 i S/14/2014.

Bibliografia:

1. MacGregor J.G. (1992), *Reinforced Concrete Mechanics and Design.* Prentice – Hall. Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
2. Kachlakev D.I., Miller T., Yim S., Chansawat K., Potsiuk T. (2001), *Finite Element Modeling of Reinforced Concrete Structures Strengthened with FRP Laminates.* California Polytechnic State University, at all. May.
3. Willam K.J., Warnke E.P. (1975), *Constitutive Model for the Triaxial Behavior of Concrete.* Proceedings, International Association for Bridge and Structural Engineering, Vol. 19, ISMES, Bergamo, Italy, s. 174.
4. Wolanski B.S. (2004), *Flexural Behavior of Reinforced and Prestressed Concrete Beams Using Finite Element Analysis.* Master's Thesis, Milwaukee, Wisconsin.
5. Huyse L., Hemmaty Y., Vandewalle L. (1994), *Finite Element Modeling of Fiber Reinforced Concrete Beams*. Proceedings of the ANSYS Conference, Vol. 2, Pittsburgh, Pennsylvania.

6. Hemmaty Y., DeRoeck G., Vandewalle L. (1992), *Parametric Study of RC Corner Joints Subjected to Positive Bending Moment by Nonlinear FE Model*. Proceedings of the ANSYS Conference, Vol. 2, Pittsburgh, Pennsylvania.
7. Bangash M.Y.H. (1989), *Concrete and Concrete Structures: Numerical Modeling and Applications*. Elsevier Science Publishers Ltd., London, England.
8. ANSYS (2005), *ANSYS User's Manual Revision 10*. ANSYS, Inc., Canonsburg, Pennsylvania.

Liczba znaków ze spacjami: 27 448

ANALIZA NOŚNOŚCI I STANU DEFORMACJI BELKI ŻELBETOWEJ OBCIĄŻONEJ STATYCZNIE

Piotr Smarzewski, Danuta Barnat-Hunek
Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej
Wydział Nauk Ekonomicznych i Technicznych
Katedra Nauk Technicznych, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska
e-mail: p.smarzewski@pollub.pl, d.barnat-hunek@pollub.pl

Streszczenie:
Wyniki prezentowane w niniejszej pracy stanowią dopełnienie rezultatów dotyczących analizy stanu naprężenia i mechanizmu zarysowania modelowej zginanej belki żelbetowej, wzmocnionej wiotkimi prętami stalowymi modelowanymi dyskretnie w matrycy betonowej. Celem niniejszego artykułu jest analiza statycznej nośności belki żelbetowej w przyrostowym procesie obciążenia i ilustracja stanu przemieszczenia elementu belkowego. Poprawność założonych modeli betonu i stali zbrojeniowej weryfikowano przez porównanie otrzymanych wyników obliczeń numerycznych z wynikami obliczeń analitycznych.

Słowa kluczowe: metoda elementów skończonych, konstrukcje żelbetowe, belki

Wstęp

Analiza nośności i stanu deformacji elementów konstrukcyjnych jest ważnym zagadnieniem mechaniki konstrukcji, gdyż umożliwia ocenę jej bezpieczeństwa i optymalne projektowanie. Dynamiczny rozwój techniki komputerowej i nowe generacje programów umożliwiają wykonywanie symulacji nieliniowego zachowania żelbetowych układów konstrukcyjnych do chwili zniszczenia z uwzględnieniem zróżnicowanych właściwości materiałowych, rzeczywistego układu zbrojenia i wzajemnej współpracy betonu ze stalą zbrojeniową (Stolarski 1991, 2004, Stolarski, Cichorski 2002, Bobiński, Tejchman 2006, Smarzewski, Stolarski 2007, Stolarczuk, Stolarski 2009, Widuliński i in. 2009, Jankowiak, Łodygowski 2010, Smarzewski 2011, Szcześniak, Stolarski 2012).

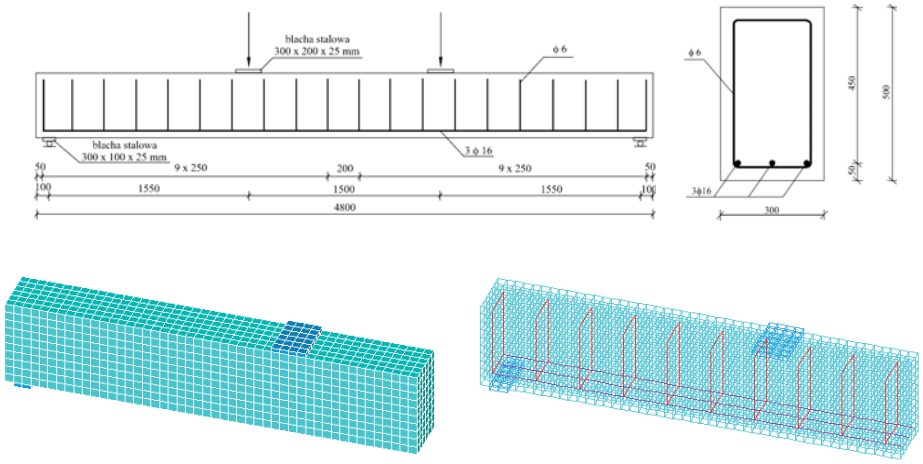
Przedmiotem pracy jest belka żelbetowa traktowana, jako kompozycja betonu i dyskretnie rozłożonych stalowych prętów. Tematem i głównym celem artykułu jest analiza nośności i stanu deformacji belki żelbetowej obciążonej statycznie z uwzględnieniem fizycznych nieliniowości materiałów konstrukcyjnych. Zakres pracy obejmuje wykonanie analizy porównawczej wyników numerycznych i analitycznych. Porównania otrzymanych wyników na poziomie zależności obciążenie-przemieszczenie stanowią podstawę do weryfikacji przyjętych założeń i modeli odkształcenia betonu i stali.

Modelowanie belki żelbetowej

W odniesieniu do betonu zastosowano model sprężysto-plastyczny ze wzmocnieniem. Model ten uwzględnia możliwość kruchego zniszczenia betonu podatnego na zarysowanie przy rozciąganiu i miażdżenie przy ściskaniu. Zniszczenie przy ściskaniu jest zgodne z modelem Willama-Warnke uwzględniającym pięć parametrów materiałowych (Willam-Warnke 1975). Zniszczenie przy rozciąganiu jest zgodne z kryterium maksymalnego naprężenia normalnego Rankina.

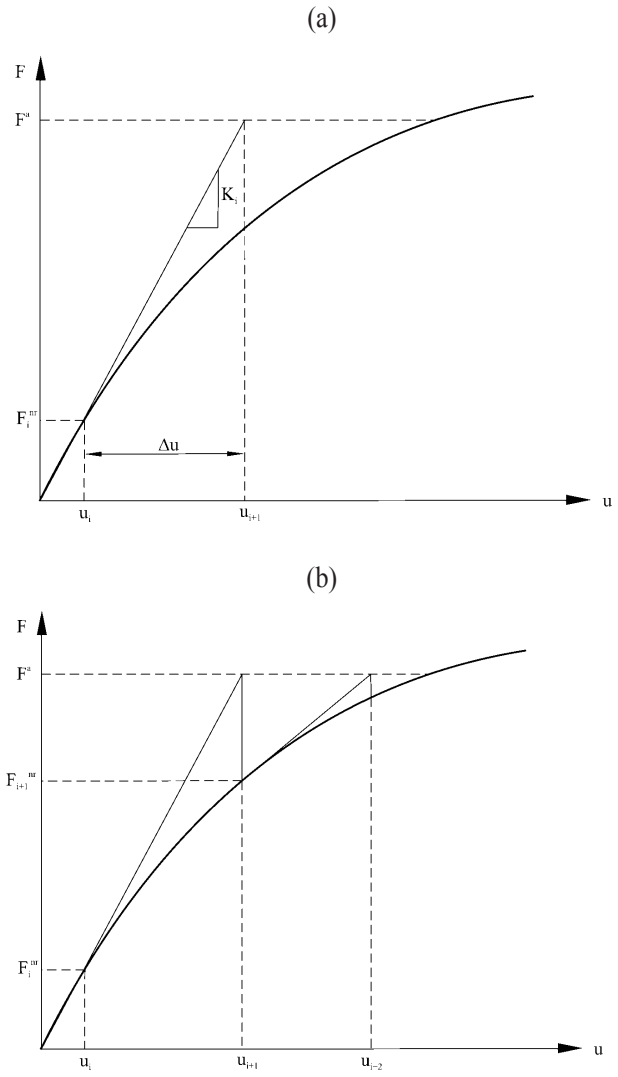
W odniesieniu do stali zbrojeniowej wykorzystano model materiału sprężysto-idealnie plastycznego.

W modelowaniu przestrzennym zastosowano wymiary elementu i właściwości materiałów odpowiadające założonej belce przedstawionej na Rys. 1. Modelowano ½ belki o długości 2400 mm, szerokości 300 mm i wysokości 500 mm w związku z podłużną symetrią elementu.



Rys. 1. Układ zbrojenia, schemat obciążenia i siatka elementów skończonych analizowanej belki

Obliczenia numeryczne wykonano wg pełnej metody iteracyjnego rozwiązywania równań nieliniowych Newtona-Raphsona. Pełną procedurą numeryczną N-R nazywamy proces, podczas którego macierz sztywności jest uaktualniana dla każdej iteracji. Jedną iterację rozwiązania równania przedstawiono na Rys. 2a. W celu uzyskania zbieżnego rozwiązania wymagana jest więcej niż jedna iteracja. Na Rys. 2b przedstawiono rozwiązanie drugiej iteracji (i+1). Kolejne iteracje miałyby analogiczny przebieg.



Rys. 2. Rozwiązanie Newtona – Raphsona: (a) pierwsza iteracja, (b) druga iteracja

Rozwiązanie otrzymane na końcu procesu iteracji jest zgodne z poziomem obciążenia $\{F_a\}$. Końcowe zbieżne rozwiązanie jest w równowadze, a więc zwrócony wektor obciążenia $\{F_i^{nr}\}$ obliczony dla aktualnego stanu naprężenia jest zrównoważony przez przyłożony wektor obciążenia $\{F_a\}$ lub zachowuje wymaganą tolerancję.

Analiza wyników numerycznych

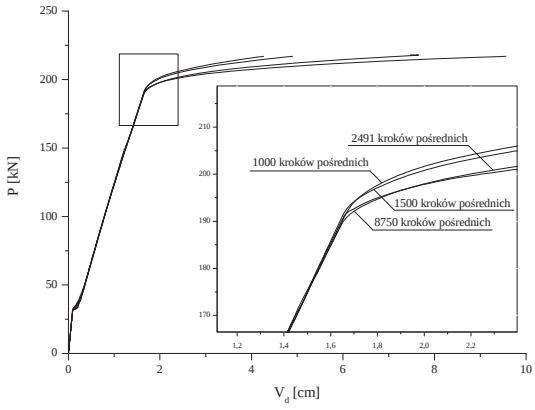
W tabeli 1 zestawiono charakterystyki przeprowadzonych analiz numerycznych celem oceny wrażliwości rozwiązania na dobór ilości pośrednich kroków obciążenia.

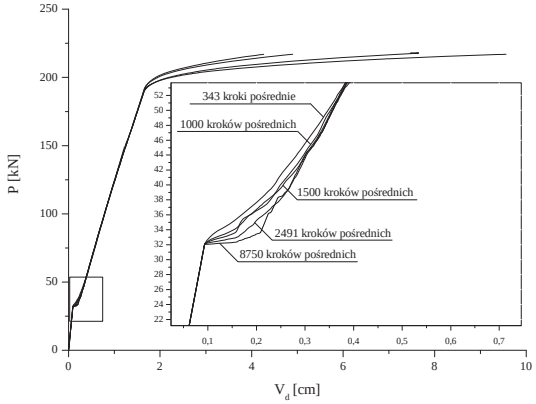
Tab. 1. Zestawienie przeprowadzonych analiz numerycznych

Ilość kroków pośrednich obciążenia	Przyrost obciążenia [kN]	Wartość siły rysującej P_{cr} [kN]
500 (343)*	0.43	32.12
1000	0.22	32.12
1500	0.145	32.12
2500 (2491)*	0.09	32.12
8750	0.025	32.12

* w nawiasach podano krok pośredni, po którym nastąpiła utrata zbieżności rozwiązania

Stany graniczne nośności belki osiągnięto w chwili, gdy nie było zbieżności rozwiązania numerycznego i przy bardzo małych przyrostach obciążenia zarejestrowano nieskończenie duże przyrosty przemieszczeń będące objawem zniszczenia belki. W obliczeniach numerycznych pominięto efekty nieliniowej geometrii. Do obserwacji zmian przemieszczenia przyjęto punkt na dolnej krawędzi w środku belki. Krzywe obciążenie – przemieszczenie pionowe przedstawione na Rys. 3 wyznaczono na podstawie obliczeń numerycznych.





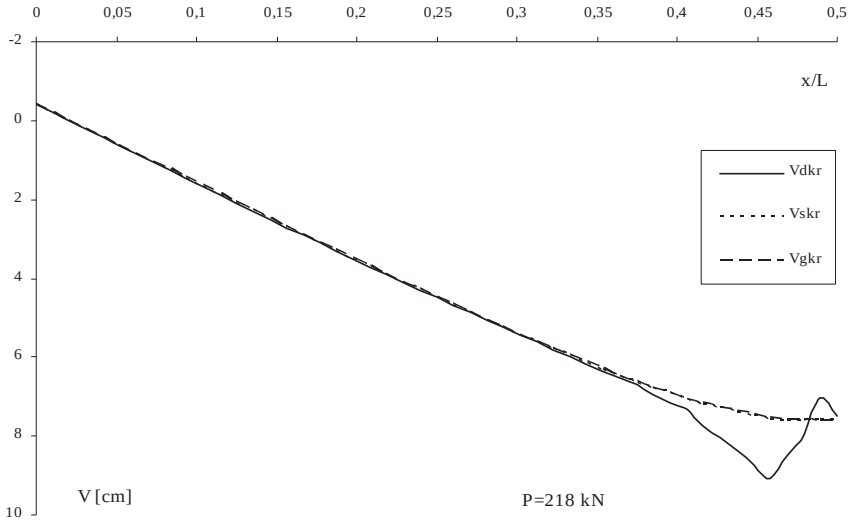
Rys. 3. Porównanie zależności przemieszczenia pionowego w środku belki od obciążenia

Uzyskane przebiegi zmian zależności obciążenie – przemieszczenie pionowe wskazują na wystąpienie w belce żelbetowej lokalnych obszarów zarysowanych, wpływających na skokowe zmniejszanie sztywności elementu przy określonym poziomie obciążenia.

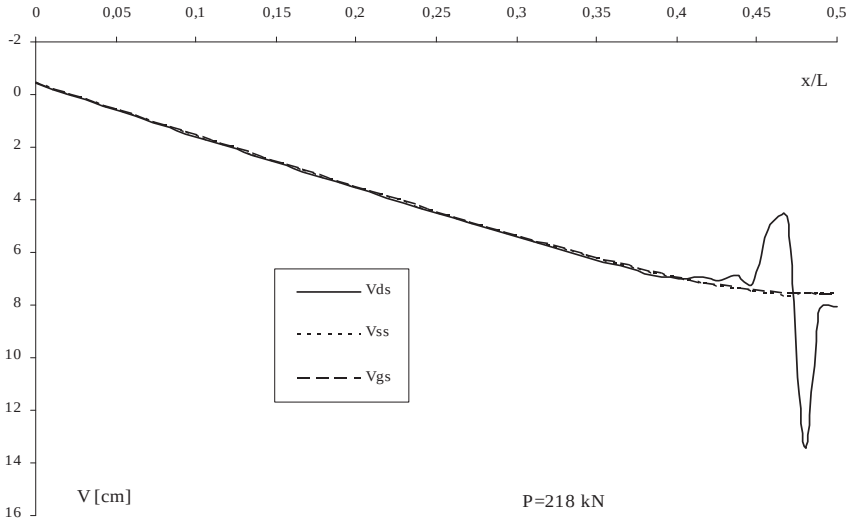
Stan deformacji belki analizowano przy 2491 pośrednich krokach obciążenia i przyroście obciążenia 0.09 kN. W rozwiązaniu zastosowano kryterium zbieżności przemieszczenia równe 0.25. W obszarze liniowo-sprężystym porównano przemieszczenia w modelu i badanej belce przed i w chwili zarysowania. Stwierdzono bardzo dobrą zgodność uzyskanych wyników.

Na Rys. 4 przedstawiono rozkład przemieszczeń pionowych V_{dkr} w skrajnym dolnym włóknie belki, V_{skr} w poziomej osi środkowej w połowie wysokości belki oraz V_{gkr} w skrajnym górnym włóknie belki na krawędzi przekroju poprzecznego przy poziomie statycznej nośności belki, P = 218 kN, uzyskanym z rozwiązania numerycznego.

Z kolei na Rys. 5 przedstawiono rozkłady przemieszczeń pionowych V_{ds} w skrajnym dolnym włóknie belki, V_{ss} w poziomej osi środkowej w połowie wysokości belki oraz V_{gs} w skrajnym górnym włóknie belki w środku przekroju poprzecznego przy tym samym poziomie obciążenia.



Rys. 4. Rozkłady przemieszczeń pionowych na krawędzi przekroju poprzecznego belki

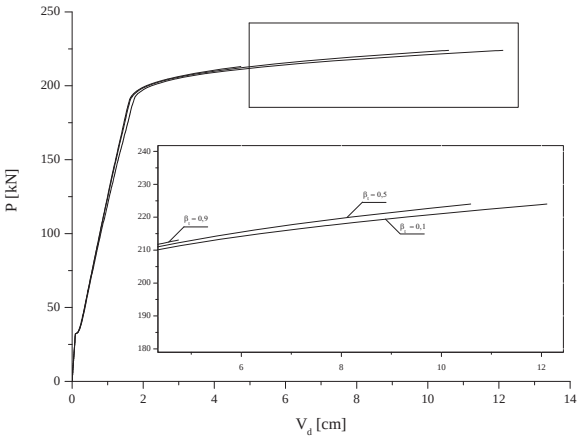


Rys. 5. Rozkłady przemieszczeń pionowych w środku przekroju poprzecznego belki

Zaobserwowano, że górne i środkowe włókna belki zarówno w środku jak i na krawędzi przekroju poprzecznego przemieszczały się prawie równomiernie. Natomiast na charakter przemieszczeń pionowych dolnej krawędzi belki duży wpływ wywarły lokalne zniszczenia matrycy betonowej w strefie działania stałego momentu zginającego.

W zarysowanym betonie uwzględniono możliwość jego wzmocnienia przy ścinaniu przez definiowanie współczynników ścinania przy rysach otwartych β_t i zamkniętych β_c.

W celu określenia wpływu wartości współczynnika nośności na ścinanie przy rysach otwartych β_t na wyniki numeryczne przyjęto jego różne wartości β_t = 0.1, 0.5, 0.9. W wykonanych analizach założono stałą wartość współczynnika nośności na ścinanie dla rys zamkniętych β_c = 1. Przedstawione modele były podobne, a zatem zgodnie z oczekiwaniem wyniki na wykresach obciążenie – przemieszczenie pionowe we wczesnych etapach historii obciążenia były bardzo zbliżone we wszystkich przeprowadzonych analizach. Początkowo doświadczenie obrazowała liniowa zależność z małym skokiem, z nagłą utratą sztywności, w chwili zarysowania betonu, pozostająca po zarysowaniu w przybliżeniu krzywą liniową. Zasadniczo modele charakteryzowała liniowa trajektoria o sztywności mniejszej od początkowej, Rys. 6.

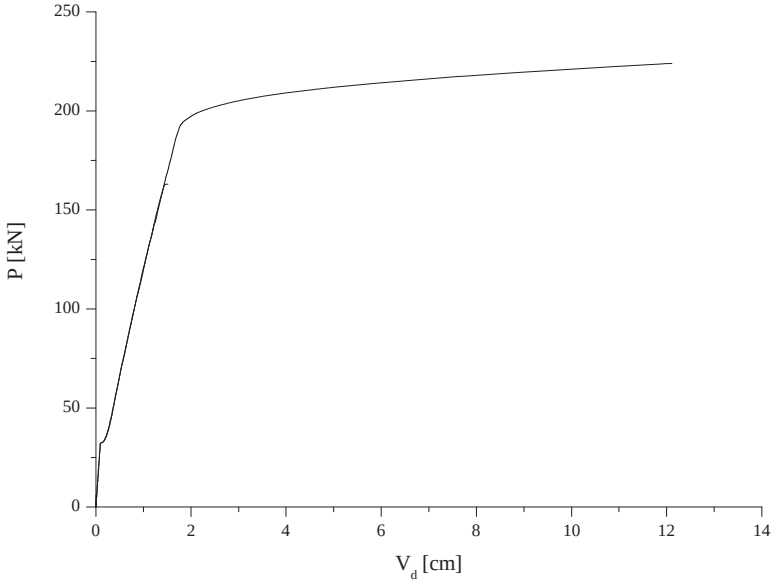


Rys. 6. Porównanie zależności przemieszczenia pionowego w środku belki od obciążenia przy zmiennej wartości β_t

Zaobserwowano, że im mniejsza była wartość współczynnika β_t, tym sztywność belki malała. Gdy założono β_t = 0.1 i 0.5 nie zaobserwowano utraty zbieżności rozwiązania na całej ścieżce obciążenia do siły maksymalnej P = 224 kN. Natomiast, gdy β_t = 0.9 utrata zbieżności wystąpiła pod obciążeniem P = 213.1 kN. Zgodnie z oczekiwaniem, przy tym samym obciążeniu, zarysowanie występowało na większym obszarze i przebiegało szybciej przy niższych wartościach współczynnika β_t.

W celu określenia wpływu wartości współczynnika nośności na ścinanie przy rysach zamkniętych β_c na wyniki numeryczne w przeprowadzonych analizach założono stałą wartość współczynnika nośności na ścinanie dla rys otwartych β_t = 0.1 i zmienne wartości współczynnika β_c = 0.5 i 1. Jak przepuszczano im mniejsza była wartość współczynnika β_c, tym sztywność belki nieznacznie malała (nie dostrzegalne na wy-

kresie, Rys. 7). Przy $\beta_c = 0.5$ utrata nośności belki wystąpiła przy obciążeniu 163 kN, natomiast, gdy założono $\beta_c = 1$ nie zaobserwowano utraty zbieżności rozwiązania na całej ścieżce obciążenia do zadanej siły maksymalnej P = 224 kN.



Rys. 7. Porównanie zależności przemieszczenia pionowego w środku belki od obciążenia przy zmiennej wartości β_c

Porównując wpływ wartości współczynnika β_c na zarysowanie belki zaobserwowano, że dla większej wartości współczynnika rysy prostopadłe pojawiały się szybciej i na większym obszarze. Natomiast dla współczynnika równego 0.5 wcześniej zaobserwowano pojawienie się rys ukośnych i bardzo intensywny ich rozwój w strefie przypodporowej, co stało się przyczyną nagłej utraty nośności belki.

Wnioski

W pracy oceniono przydatność metody elementów skończonych w nieliniowej przestrzennej analizie nośności i stanu przemieszczenia belki żelbetowej. Prezentowane wyniki stanowią dopełnienie rezultatów dotyczących analizy stanu naprężenia i mechanizmów zniszczenia, ale odnoszą się do innego aspektów zachowania belki żelbetowej dotyczących nośności i stanu deformacji. Zachowanie modeli elementów skończonych opisywane wykresami siła – przemieszczenie w środku rozpiętości jest zgodne z wynikami typowych badań doświadczalnych. Uzyskane rezultaty świadczą o ogólnej poprawności przyjętych założeń, modeli materiałów, metody rozwiązania i procedur analizy numerycznej.

W nieliniowej analizie żelbetu należy przyjąć wartości współczynników nośności na ścinanie. Ustalono, że przy rysach zamkniętych wartość β_c powinna być mniejsza lub równa 1, a przy rysach otwartych β_t powinna być dobrana z przedziału od 0.2 do 0.4, gdyż mniejsze wartości współczynnika powodują problemy ze zbieżnością na niskich poziomach obciążenia.

W obliczeniach numerycznych zastosowano pełną nieliniową procedurę Newtona – Raphsona i obserwowano trudności w uzyskaniu rozwiązania z powodu nieliniowego zachowania betonu zbrojonego. Ustalono, że zastosowanie odpowiednio małego przyrostu obciążenia ułatwia zbieżność i skraca czas obliczeń.

Bibliografia:

1. Bobiński J., Tejchman J. (2006), *Modelling of size effects in concrete using elasto-plasticity with non-local softening.* Archives of Civil Engineering, 52, 1, 7-35.
2. Jankowiak T., Łodygowski T. (2010), *Quasi-static failure criteria for concrete.* Archives of Civil Engineering, LVI, 2, 123-154.
3. Smarzewski P. (2011), *Modelowanie statycznego zachowania niesprężystych belek żelbetowych wykonanych z betonu wysokiej wytrzymałości.* Monografia. Politechnika Lubelska. Lublin 2011.
4. Smarzewski P., Stolarski A. (2007), *Modelowanie zachowania niesprężystej belki żelbetowej.* Biuletyn WAT, Vol. LVI, Nr 2, 147-166.
5. Stolarczuk A., Stolarski A. (2009), *Metoda analizy niesprężystych elementów żelbetowych ściskanych mimośrodowo.* Biuletyn WAT, Vol. LVIII, Nr 4, 317-334.
6. Stolarski A. (1991), *Model dynamicznego odkształcenia betonu.* Archiwum Inżynierii Lądowej, T. 37, Z. 3-4, 405-447.
7. Stolarski A. (2004), *Dynamic Strength Criterion for Concrete.* Journal of Engineering Mechanics, American Society of Civil Engineering, Vol. 130, Nr 12, 1428-1435.
8. Stolarski A., Cichorski W. (2002), *Modelowanie statycznego i dynamicznego zachowania niesprężystych tarcz żelbetowych.* Studia z Zakresu Inżynierii, 51, Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Warszawa.
9. Szcześniak A., Stolarski A. (2012), *Analiza wytężenia belek żelbetowych metodą relaksacji dynamicznej.* Inżynieria i Budownictwo, 5, 267-269.
10. Widuliński Ł., Bobiński J., Tejchman J. (2009), *FE-analysis of spacing of localized zones in reinforced concrete bars under tension using elasto-plasticity with non-local softening.* Archives of Civil Engineering, LV, 2, 257-281.
11. Willam K.J., Warnke E.P. (1975), *Constitutive Model for the Triaxial Behavior of Concrete.* Proceedings, International Association for Bridge and Structural Engineering, Vol. 19, ISMES, Bergamo, Italy, s. 174.

Liczba znaków ze spacjami: 20 050

PROGNOZOWANIE EFEKTYWNOŚCI HYDROFOBIZACJI CEGŁY CERAMICZNEJ W OPARCIU O ANALIZĘ STATYSTYCZNĄ

[1]Danuta Barnat-Hunek, [2]Piotr Smarzewski
Politechnika Lubelska
Wydział Budownictwa i Architektury, ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin
[1]Katedra Budownictwa Ogólnego, e-mail: d.barnat-hunek@pollub.pl
[2]Katedra Konstrukcji Budowlanych, e-mail: p.smarzewski@pollub.pl

Streszczenie:
Jednym ze sposobów ograniczania destrukcyjnego wpływu wody na obiekty budowlane jest hydrofobizacja. W pracy podjęto próbę oceny skuteczności działania preparatów hydrofobowych opartych na związkach krzemoorganicznych poprzez analizę statystyczną wyników badań. Materiał badawczy stanowiła cegła ceramiczna pełna. Doświadczenia przeprowadzono na podstawie zaleceń instrukcji ZUAT-15/VI.ll-2/2001.
Analizę statystyczną wyników badań nasiąkliwości powierzchniowej oraz wskaźnika absorpcji kropli wody przeprowadzono przy użyciu programu *Statistica*. Ze względu na dużą ilość zmiennych parametrów tj. różnorodność materiału badawczego, preparatów hydrofobowych i warunków przechowywania, przeprowadzono analizy statystyczne m.in. testy t-Studenta, Shapiro-Wilka, Levene'a, Browna-Forsythe'a, NIR oraz analizy regresji i wariancji ANOVA. Analizy pozwoliły na sformułowanie wniosków dotyczących skuteczności hydrofobizacji cegły ceramicznej.

Słowa kluczowe: hydrofobizacja, cegła ceramiczna, nasiąkliwość, wskaźnik absorpcji wody

Wstęp

Woda we wszystkich jej postaciach: pary, cieczy, lodu jest czynnikiem powodującym największe zagrożenie dla obiektów budowlanych, zwłaszcza murowanych. Jej obecność działa destrukcyjnie na materiały budowlane. Umożliwia niszczenie na drodze procesów chemicznych, biologicznych oraz fizycznych, występujących często we wzajemnym powiązaniu. Szczególnie groźnym zjawiskiem jest korozja mrozowa, przejawiająca się mechanicznym uszkodzeniem, spękaniem materiałów budowlanych, do którego dochodzi w wyniku zwiększania objętości wody podczas jej zamarzania (Rusin 2002). Wynikiem nadmiernego zawilgocenia ścian jest obniżenie wytrzymałości na ściskanie zarówno cegły, jak i zaprawy. Spadek wytrzymałości na ściskanie zachodzi przede wszystkim w wyniku rozpuszczenia się więzi między kryształkami sieci strukturalnej. Zawilgocenie przegrody powoduje podwyższenie jej przewodności cieplnej, co

skutkuje stratami ciepła oraz możliwością przemarzania (Ali i in. 2005). Oddziaływanie wód opadowych w równie dużym stopniu jak podciąganie kapilarne wody z gruntu, powoduje dezintegrację materiałów budowlanych, gdyż zwiększają one gradient wilgotności materiału. W konsekwencji powstają dodatkowe naprężenia, które obniżają trwałość obiektu. Zanieczyszczenia atmosfery mają najczęściej kwaśny charakter. Woda opadowa tworzy rozcieńczone roztwory, które trawią minerały skałotwórcze lub zwiększają ich rozpuszczalność (Łukaszewicz 2002, Wesołowska 2006). Na działanie wód opadowych szczególnie narażone są elementy konstrukcyjne, których nie można osłonić zadaszeniem oraz ściany - ze względu na zacinanie deszczu i śniegu. Trwałość konstrukcji w dużym stopniu zależy od prawidłowo wykonanej ochrony przeciwwilgociowej. W takim przypadku prawidłowym sposobem ochrony elementów przed wpływem wód opadowych jest zabieg hydrofobizacji (Domasłowski 1993). Celem jej jest nadanie powierzchniom materiałów właściwości odpychania cząsteczek wody. Wiąże się to ze zwiększeniem granicznego napięcia powierzchniowego pomiędzy wodą, a materiałem impregnowanym odpowiednim preparatem.

Hydrofobizacja stosowana jest do ochrony przed zawilgoceniem obiektów budowlanych narażonych na periodyczne oddziaływanie wody pochodzącej z opadów atmosferycznych. Nie zabezpiecza obiektów przed wodą działającą pod ciśnieniem hydrostatycznym np. napierającą wodą gruntową. Hydrofobizacja stosowana jest również jako zabezpieczenie muru przed wietrzeniem (Barnat – Hunek 2010). Ponadto impregnacja hydrofobizująca ogranicza zanieczyszczenie elewacji, powoduje wzrost odporności muru na ścieranie oraz pylenie, co podwyższa estetykę obiektu. Zaletą hydrofobizacji jest fakt, że zabezpieczaniu można poddać zarówno konstrukcję nowo wznoszoną, jak i dłuższy czas eksploatowaną oraz remontowaną. Jej skuteczność jest szacowana na kilka lat.

Preparaty hydrofobowe tworzą na powierzchni materiału budowlanego cienką, trudno zwilżalną warstwę. Powłoka pokrywa ścianki porów, nie wypełniając ich objętości. Dzięki temu materiał poddany hydrofobizacji nie traci zdolności dyfuzji gazów i pary wodnej, co umożliwia wysychanie muru oraz zachowanie dobrego mikroklimatu pomieszczenia.

Obecnie produkowane impregnaty są najczęściej pochodnymi związków krzemoorganicznych i stanowią ważną gałąź chemii budowlanej. Rynek oferuje bardzo szeroki asortyment środków hydrofobowych, różniących się składem chemicznym i skutecznością. Dlatego przed wyborem rodzaju preparatu konieczna jest analiza efektywności hydrofobizacji zabezpieczonej powierzchni.

W pracy podjęto próbę oceny skuteczności działania preparatów hydrofobowych opartych na związkach krzemoorganicznych. Jako materiał badawczy użyto cegłę ceramiczną pełną. Doświadczenia przeprowadzono na podstawie zaleceń instrukcji ZUAT-15/VI.ll-2/2001. Analizy statystyczne wykonano za pomocą programu *Statistica*.

Metodyka badawcza

Przedmiotem hydrofobizacji była cegła ceramiczna pełna o zróżnicowanych parametrach, mających wpływ na efektywność impregnacji, np.: skład chemiczny, struktura i jakość materiału. Różnice we właściwościach fizycznych i chemicznych próbek związane są ze źródłem pochodzenia poszczególnych cegieł. Każda cegła została przecięta na trzy równe części. Następnie próbki wysuszono do stałej masy w temperaturze 70 ± 5°C.

Do badań laboratoryjnych wybrano:

- Ahydrosil K - wodny roztwór żywicy metylosilikonowej w wodorotlenku potasu,
- Hydrofob - wodny roztwór na bazie siloksanów.

Analizowano wyniki badań hydrofobizacji Ahydrosilem K o stosunku preparatu do wody wynoszącym 1:5 oraz 1:8.

Dwie zostały zaimpregnowane środkiem hydrofobizującym, a trzecia – wzorcowa, pełniła funkcję porównawczą. Preparat naniesiono pędzlem w dwóch warstwach, stosując metodę „mokre na mokre". Impregnację wykonano na dwóch powierzchniach przeznaczonych odpowiednio do badania nasiąkliwości powierzchniowej i określenia wskaźnika absorpcji kropli wody.

ITB określa zalecenia udzielania aprobat technicznych środkom do hydrofobizacji materiałów ceramicznych w ZUAT-15/VI.11-2/2001 (Krzywobłocka – Laurów). Wstępną ocenę efektu hydrofobizacji przeprowadza się na podstawie zmodyfikowanego testu Nr II 86 według zaleceń RILEM polegającego na określeniu czasu absorpcji kropli wody w hydrofobizowaną powierzchnię o określonej objętości i porównaniu go z czasem wnikania kropli wody w próbkę wzorcową.

Wskaźnik absorpcji kropli wody *WA* [%] określono na podstawie zależności:

$$WA = \left[1 - \frac{t_x - t_n}{t_x}\right] \cdot 100\,\% \tag{1}$$

gdzie: t_x – czas absorpcji w powierzchnię zhydrofobizowaną [min], t_n – czas absorpcji w powierzchnię próbki wzorcowej [min].

Wskaźnik nieprzepuszczalności wody wyznaczono ze wzoru:

$$WR = 100\% - WA. \tag{2}$$

Najważniejszym parametrem ze względu na trwałość powłok hydrofobowych jest nasiąkliwość powierzchniowa n_p [kg/m^2] badana w warunkach zbliżonych do rzeczywistego kontaktu wody opadowej z murem, opisana jako:

$$n_p = \frac{m_w - m_s}{F} \tag{3}$$

gdzie: m_w – masa wilgotnej próbki [kg], m_s – masa suchej próbki [kg], F – powierzchnia próbki stykająca się z wodą [m^2].

Analiza statystyczna wyników badań

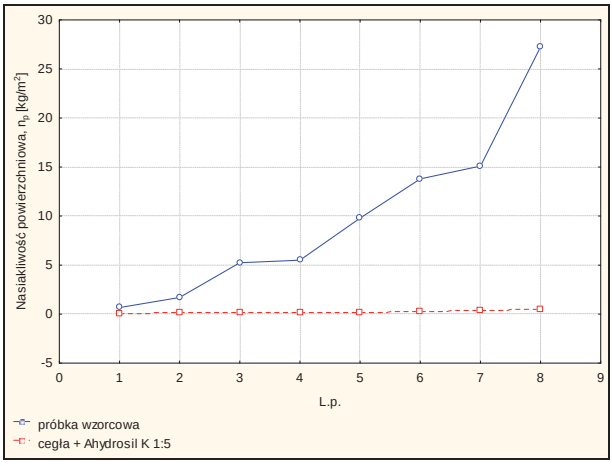
Ze względu na różnorodność materiału badawczego, preparatów i warunków przechowywania wykonano analizy statystyczne, które pozwoliły na prognozowanie skuteczności hydrofobizacji cegły ceramicznej. Wykonano następujące testy:

- t – Studenta, który ma zastosowanie w przypadku, gdy rozkład populacji jest normalny o nieznanej średniej i nieznanym odchyleniu standardowym, natomiast liczebność próby jest mała.
- Shapiro – Wilka przeznaczony do badania normalności rozkładu. Cecha ta wymagana jest przez większość testów parametrycznych.
- Levene'a sprawdza założenie o jednorodności wariancji w grupach. Może być stosowany w przypadku równolicznych grup.
- Browna – Forsythe'a, który ma zastosowanie w przypadku różnej liczebności elementów w grupach (Stanisz, 2006).
- NIR polegający na wyznaczaniu tzw. najmniejszych istotnych różnic. Test ten ujawnia które z n średnich różnią się między sobą, a które są równe. Wynikiem jest macierz wartości p, które wskazują na prawdopodobieństwo popełnienia błędu związanego z przyjęciem hipotezy o istnieniu różnic między parami średnich.
- analiza regresji – czyli dopasowanie linii prostej do zbioru punktów w taki sposób, że suma kwadratów odległości punktów na wykresie rozrzutu od linii regresji będzie minimalna. Linia prosta na płaszczyźnie zdefiniowana jest przez równanie $Y = a + bX$.
- analiza wariancji ANOVA, której celem jest testowanie różnic pomiędzy średnimi, która sprowadza się do porównania wariancji.

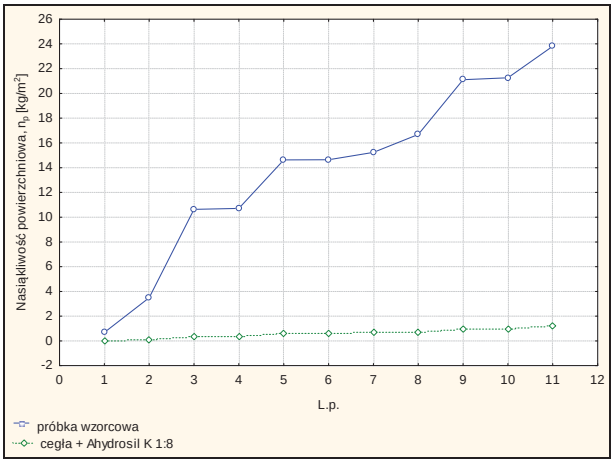
We wszystkich przeprowadzonych testach przyjęto poziom istotności $\alpha = 0.05$ co oznacza, że prawdopodobieństwo popełnienia błędu pierwszego rodzaju wynosi 5%.

Badanie nasiąkliwości powierzchniowej

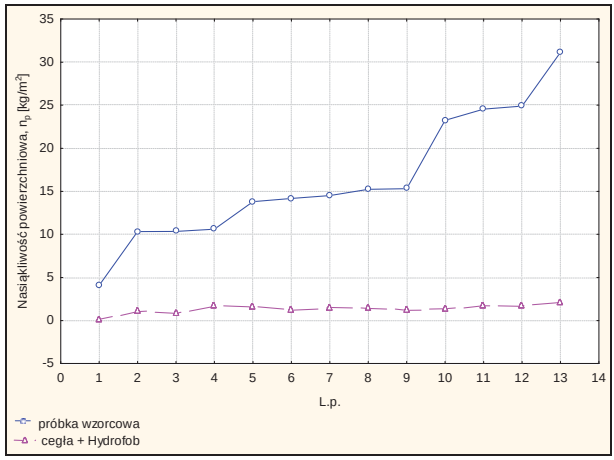
Próbki po zmierzeniu i zważeniu umieszczono w pojemniku z wodą, na dnie którego znajdowała się gąbka. Powierzchnia próbki stykała się z wodą, ale nie była w niej zanurzona. Badanie nasiąkliwości trwało 60 minut. Następnie próbki ponownie ważono określając przyrost masy. Uzyskano nierównomierny rozkład nasiąkliwości powierzchniowej cegieł, świadczący o zróżnicowanych parametrach badanych próbek. Na Rys. 1÷3 przedstawiono wyniki badania nasiąkliwości powierzchniowej.



Rys. 1. Nasiąkliwość powierzchniowa cegły wzorcowej i zabezpieczonej Ahydrosilem K (1:5)



Rys. 2. Nasiąkliwość powierzchniowa cegły wzorcowej i zabezpieczonej Ahydrosilem K (1:8)



Rys. 3. Nasiąkliwość powierzchniowa cegły wzorcowej i zabezpieczonej Hydrofobem

Stwierdzono, że skuteczność hydrofobizacji Hydrofobem oraz Ahydrosilem K o stężeniu 1:5 rośnie wraz ze wzrostem nasiąkliwości powierzchniowej cegły ceramicznej pełnej. Natomiast w przypadku hydrofobizacji Ahydrosilem K o stężeniu 1:8 występuje zależność odwrotna (Tabela 1).

Tab. 1. Efektywność hydrofobizacji

Rodzaj preparatu	Ahydrosil K (1:5)	Ahydrosil K (1:8)	Hydrofob
Efektywność [%]	89.51 – 98.15	94.99 – 98.15	84.45 – 96.65
Średnia efektywność [%]	96.21	95.88	91.49
Odchylenie standardowe [%]	2.88	0.98	3.03
Współczynnik zmienności	0.03	0.01	0.03

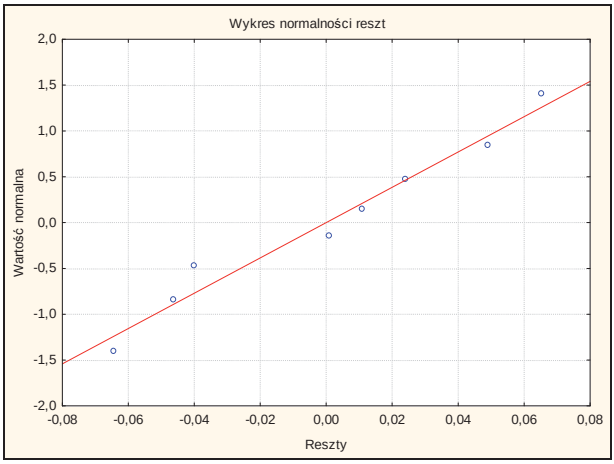
W celu oceny skuteczności hydrofobizacji, w tabeli 2 porównano empiryczne wyniki badań z wymaganiami zawartymi w ZUAT-15/VI.11-2/2001.

Tab. 2. Zestawienie wskaźnika nasiąkliwości powierzchniowej z wymaganiami ZUAT

Rodzaj preparatu	Ahydrosil K (1:5)	Ahydrosil K (1:8)	Hydrofob
Nasiąkliwość powierzchniowa n_p [%]	3.79	4.12	8.51
Wartość n_p [%] wg ZUAT	≤ 8		

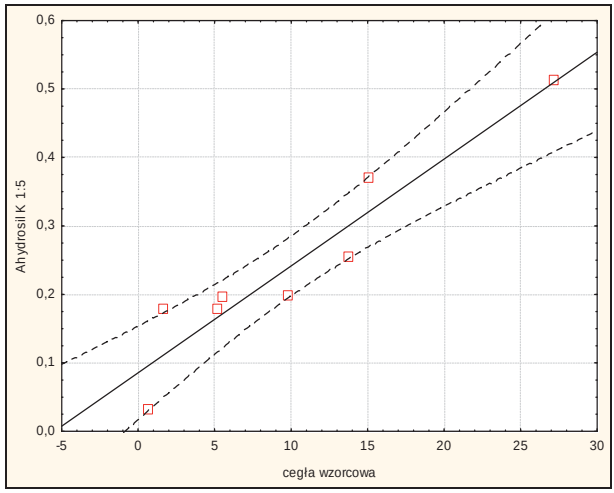
Obliczono wartości statystyki t dla poszczególnych prób i porównano je z wartością t-Studenta przy założonym przedziale ufności dla poszczególnych stopni swobody df. Ustalono, że rozkład zmiennych jest normalny.

Analizując skuteczność hydrofobizacji sprawdzono powiązanie nasiąkliwości powierzchniowej cegły zaimpregnowanej z wzorcową. Stwierdzono, że istnieje taka liniowa zależność. W celu jej określenia wykorzystano równanie regresji. Powyższe założenie weryfikowano przy pomocy wykresu normalności i testu Shapiro – Wilka. Zależność normalności reszt od wyników nasiąkliwości powierzchniowej cegły zabezpieczonej Ahydrosilem K o stężeniu 1:5 pokazano na Rys. 4.



Rys. 4. Normalność reszt a nasiąkliwość powierzchniowa cegły zabezpieczonej Ahydrosilem K (1:5)

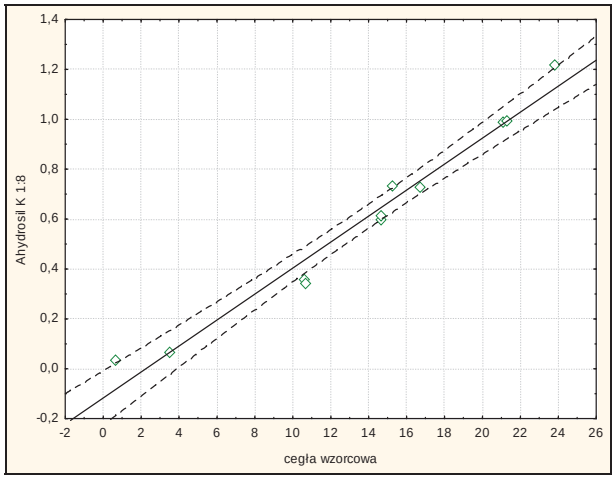
Punkty na wykresie leżą wzdłuż prostej, zatem nie ma podstaw do odrzucenia założenia o rozkładzie normalnym reszt. Test Shapiro – Wilka wykazał wartość $p = 0.71$, która jest znacznie większa od przyjętej wartości granicznej $p = 0.05$. Następnie przeprowadzono analizę regresji. Na podstawie wyników stwierdzono, że zbudowany model pozwala wyjaśnić blisko 88% zmienności oryginalnej zmiennej zależnej. Przeciętna różnica między zaobserwowanymi wartościami zmiennej objaśnianej i wartościami teoretycznymi wynosi 0.05 kg/m^2. Poniżej zamieszczono zależność opisującą dopasowany model (Rys. 5).



Rys. 5. Rozrzut i linia regresji z 95% przedziałem ufności – Ahydrosil K (1:5)

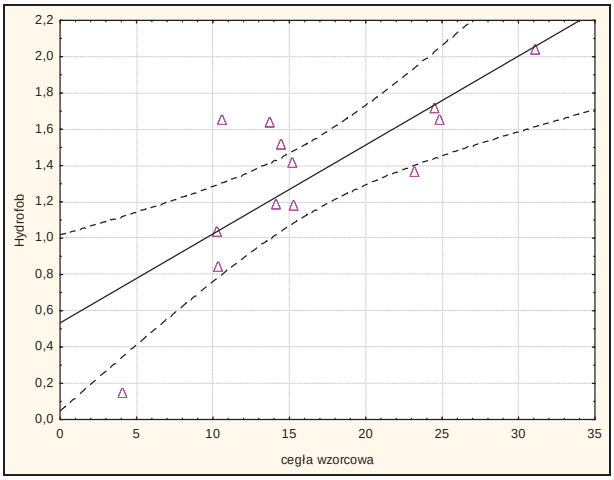
Powyższe analizy statystyczne przeprowadzono dla wyników badań cegły zabezpieczonej Ahydrosilem K o stężeniu 1:8 i Hydrofobem.

Na podstawie analizy statystycznej wyników badań Ahydrosilu K (1:8) stwierdzono, że zbudowany model pozwala wyjaśnić około 96% zmienności oryginalnej zmiennej zależnej. Przeciętna różnica między zaobserwowanymi wartościami zmiennej objaśnianej i wartościami teoretycznymi wynosi 0.07 kg/m^2. Poniżej zamieszczono wykres ilustrujący dopasowany model (Rys. 6).



Rys. 6. Rozrzut i linia regresji z 95% przedziałem ufności – Ahydrosil K (1:8)

Na podstawie wyników badań cegły zabezpieczonej Hydrofobem stwierdzono, że zbudowany model pozwala wyjaśnić około 55% zmienności oryginalnej zmiennej zależnej. Przeciętna różnica między zaobserwowanymi wartościami zmiennej objaśnianej i wartościami teoretycznymi wynosi 0.32 kg/m^2 (Rys. 7).

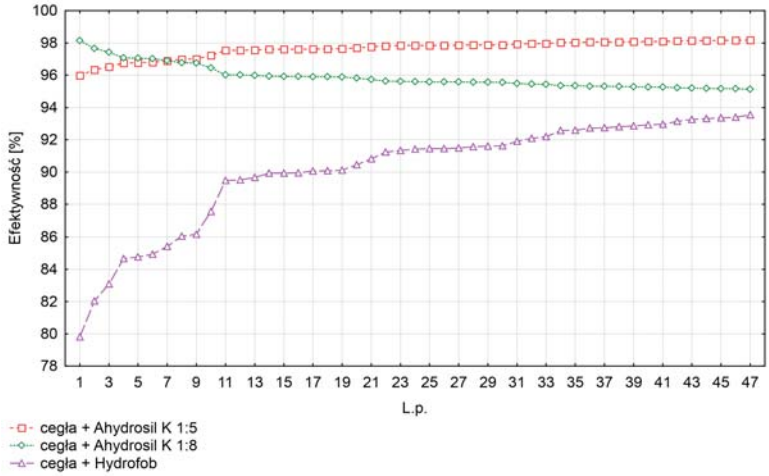


Rys. 7. Rozrzut i linia regresji z 95% przedziałem ufności – Hydrofob

W wyniku regresji otrzymujemy wartości prognozowane nasiąkliwości powierzchniowej dla cegieł zabezpieczonych Ahydrosilem K (1:5) i (1:8) oraz Hydrofobem. Otrzymujemy 3 populacje o takiej samej liczebności. W analizach odrzucono wyniki o wartości ujemnej. Ostatecznie otrzymano 47 prób dla każdego preparatu i określono prognozowaną efektywność hydrofobizacji (Tabela 3, Rys. 8).

Tab. 3. Wartości prognozowane efektywności hydrofobizacji

Rodzaj preparatu	Ahydrosil K (1:5)	Ahydrosil K (1:8)	Hydrofob
Efektywność [%]	95.99 – 98.19	95.14 – 98.14	79.82 – 93.54
Średnia efektywność [%]	97.64	95.88	90.13
Odchylenie standardowe [%]	0.54	0.73	3.34
Współczynnik zmienności	0.005	0.01	0.04



Rys. 8. Wartości prognozowane efektywności hydrofobizacji

Na podstawie analizy wyników badań hydrofobizacji stwierdzono, że najwyższą skuteczność zapewnia Ahydrosil K (1:5) przy średniej efektywności na poziomie 96.21%. W przypadku cegieł o najniższej nasiąkliwości najbardziej skuteczny okazał się Ahydrosil K (1:8). Ponadto zaobserwowano następujące prawidłowości:

- efektywność hydrofobizacji Ahydrosilem K (1:5) oraz Hydrofobem rośnie wraz ze wzrostem nasiąkliwości powierzchniowej cegieł,
- efektywność hydrofobizacji Ahydrosilem K (1:8) maleje ze wzrostem nasiąkliwości powierzchniowej cegieł,
- stężenie preparatu ma wpływ na skuteczność jego działania,
- preparat Hydrofob nie spełnił wymagań określonych w ZUAT.

Badanie wskaźnika absorpcji kropli wody

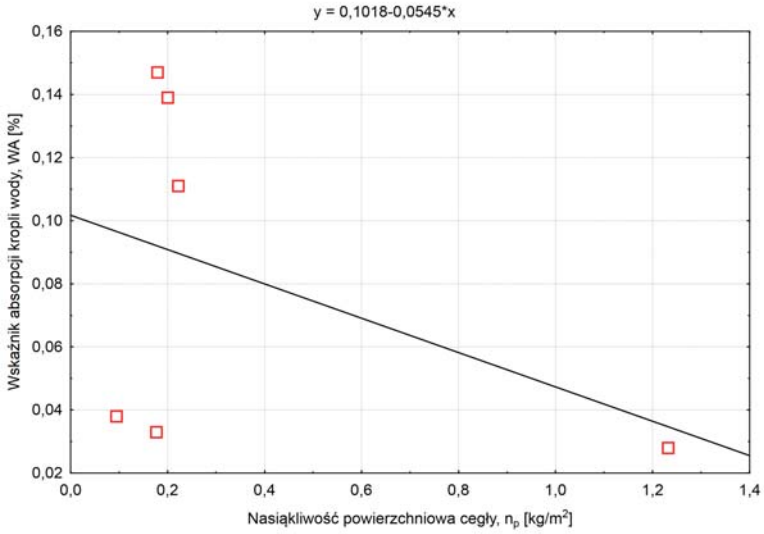
Badanie zdolności absorpcji kropli wody przeprowadzono równolegle z badaniem nasiąkliwości powierzchniowej. Na powierzchnie próbek, naniesiono za pomocą mikropipety po 5 kropel wody destylowanej z wysokości 0.5 cm o masie 0.02 g każda. Następnie zmierzono czas potrzebny na całkowitą absorpcję kropli wody przez powierzchnię zhydrofobizowaną t_x i bez hydrofobizacji t_n. Tabela 4 zawiera podstawowe wielkości statystyczne opisujące uzyskane wyniki badań.

Tab. 4. Statystyki opisowe wyników badań wskaźnika absorpcji kropli wody

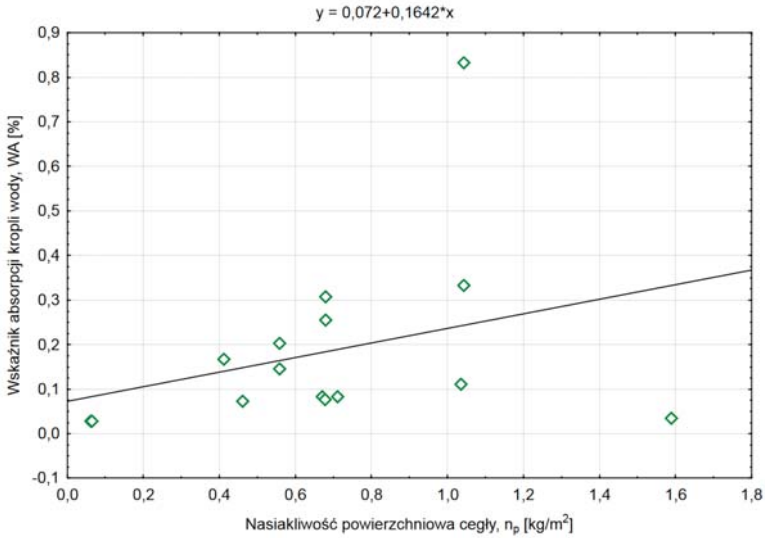
Rodzaj preparatu	Średnia	Minimum	Maksimum	Odchylenie standardowe [%]
Ahydrosil K (1:5)	0.082	0.028	0.147	0.055
Ahydrosil K (1:8)	0.184	0.028	0.833	0.205
Hydrofob	0.089	0.017	0.278	0.107

Poniżej zamieszczono wykresy rozrzutu wskaźnika absorpcji kropli wody względem nasiąkliwości powierzchniowej cegły zaimpregnowanej opisane zależnościami liniowymi (Rys. 9).

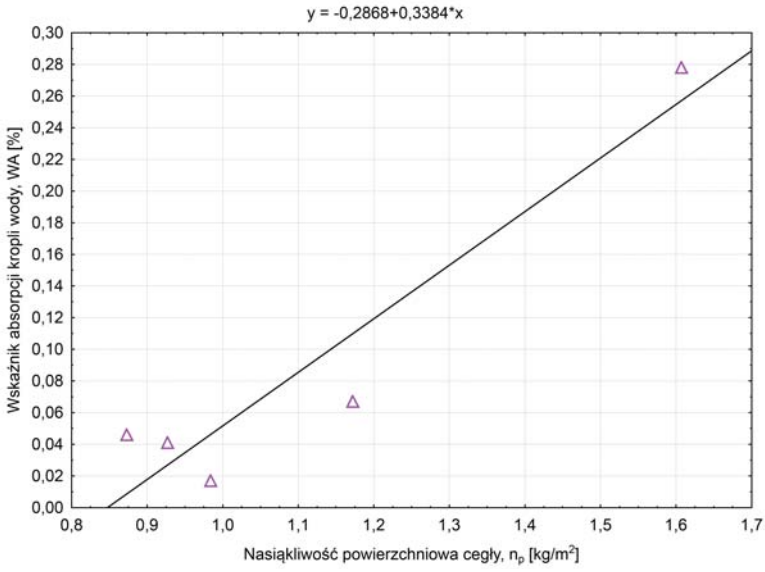
Ahydrosil K (1:5)



Ahydrosil K 1:8



Hydrofob



Rys. 9. Rozrzuty z funkcją opisującą zależności wskaźnika absorpcji kropli wody od nasiąkliwości powierzchniowej

Następnie wykonano testy jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA do porównywania średnich w kilku populacjach, które poprzedzono testem Browna – Forsythe'a mającym na celu sprawdzenie równości wariancji oraz normalności rozkładu.

Na podstawie analizy wyników badań testu absorpcji kropli wody stwierdzono, że najniższy wskaźnik absorpcji kropli wody o średniej wartości wynoszącej 0.083% uzyskał Ahydrosil K (1:5). Zaobserwowano następujące zależności:

- w badaniu wskaźnika absorpcji kropli wody wszystkie preparaty spełniały zalecenia ZUAT,
- wskaźnik absorpcji jest liniowo skorelowany z nasiąkliwością cegły,
- przy użyciu Hydrofobu i Ahydrosilu K (1:8) wartość wskaźnika absorpcji rośnie wraz ze wzrostem nasiąkliwości,
- przy użyciu Ahydrosilu K (1:5) wartość wskaźnika absorpcji maleje wraz ze wzrostem nasiąkliwości.

Tab. 5. Porównanie wskaźnika absorpcji kropli wody z zaleceniami ZUAT

Rodzaj preparatu	Ahydrosil K (1:5)	Ahydrosil K (1:8)	Hydrofob
Wskaźnik absorpcji kropli wody [%]	0.08	0.18	0.09
Wartość wskaźnika wg ZUAT [%]	≤ 5		

Podsumowanie

Ze względu na różnorodność materiału badawczego, preparatów i warunków przechowywania w pracy wykonano analizy statystyczne wyników badań nasiąkliwości powierzchniowej oraz wskaźnika absorpcji kropli wody mające na celu prognozowanie skuteczności preparatów hydrofobowych. Sformułowano następujące wnioski końcowe:

- Skuteczność hydrofobizacji zależy od właściwości fizycznych zabezpieczanej powierzchni (jej porowatości i struktury wewnętrznej) oraz rodzaju i stężenia impregnatu.
- Najniższy wskaźnik absorpcji kropli wody oraz najniższą nasiąkliwość osiągnął Ahydrosil K (1:5).
- W celu uzyskania pełniejszych wniosków dotyczących skuteczności hydrofobizacji cegieł ceramicznych, planowane są badania mrozoodporności, starzenia i odporności na sole rozpuszczalne w wodzie.

Podziękowania

Wyniki prac były finansowane w ramach środków statutowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr S/14/2014 i S/15/2014.

Bibliografia:

1. Rusin Z. (2002), *Technologia betonów mrozoodpornych*. Polski Cement. Kraków.
2. Ali A. R., Nikitsin V., Kofanov V. (2005), *Wpływ opadów atmosferycznych oraz parametrów przenoszenia wilgoci materiałów konstrukcji osłonowych na ich wilgotność*, Materiały Budowlane 12.
3. Łukaszewicz J. W. (2002), *Badania i zastosowanie związków krzemoorganicznych w konserwacji zabytków kamiennych*, UMK, Toruń.
4. Wesołowska M. (2006), *Wpływ obecności chlorku sodu na materiał ceramiczny poddany wielokrotnym cyklom kapilarnego nawilgacania.* Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych. Praca zbiorowa pod redakcją J. Jasieńki. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław.
5. Domasłowski W. (1993), *Profilaktyczna konserwacja kamiennych obiektów zabytkowych*. UMK skrypty, Toruń.
6. Barnat – Hunek D. (2010), *Hydrofobizacja opoki wapnistej w obiektach zabytkowych Kazimierza Dolnego.* Monografia Wydziału Budownictwa i Architektury. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin.
7. ITB, Zalecenia Udzielania Aprobat Technicznych ZUAT-15/VI.ll-2/2001, *Preparaty do powierzchniowej hydrofobizacji wyrobów budowlanych. Część 2. Wyroby Ceramiczne,* Warszawa.
8. Stanisz A. (2006), *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny,* StatSoft, Kraków.
9. *Recommended test to measure the deterioration of stone and to assesses the effectiveness of treatment methods.* (1980), Material and Structure.

Liczba znaków ze spacjami: 26 577

Sponsorzy:







ISBN 978-83-61044-51-2