



**AGATA MODRZYCKA<sup>1</sup>, JERZY WINCZEK<sup>2</sup>**

## **Ekologia i ochrona środowiska w budownictwie**

---

### **Ecology and environmental protection in the building engineering**

<sup>1</sup> Magister inżynier, Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, Instytut Technologii Mechanicznych, Polska

<sup>2</sup> Doktor habilitowany inżynier profesor nadzwyczajny PCz, Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, Instytut Technologii Mechanicznych, Polska

#### **Streszczenie**

W artykule dokonano analizy możliwości zastosowania w budownictwie materiałów ekologicznych (naturalnych), jak również pochodzących z recyklingu. W ogólnym zarysie, również w ujęciu historycznym i geograficznym, przedstawiono wykorzystanie materiałów naturalnych, takich jak ziemia, glina, słoma, korek, piasek, len, konopie itp. Na przykładach prowadzonych badań i projektów realizowanych przez różnych naukowców i ośrodki badawcze wykazano możliwości wykorzystania w przemyśle budowlanym surowców wtórnych i materiałów pochodzących z recyklingu. Opracowanie podsumowano ogólną charakterystyką działań proekologicznych w budownictwie.

**Słowa kluczowe:** ekologia, ochrona środowiska, materiały budowlane, recykling.

#### **Abstract**

The study analyzed the possibility of using eco-friendly (natural) building materials, as well as recycled. In general terms, also in historical and geographical terms, presents the use of natural materials such as earth, clay, straw, cork, sand, flax, hemp, etc. For examples of research and projects conducted by various scientists and research centers, is demonstrated the possibility of using secondary raw and recycled materials in building industry. The work summarizes the general characteristics of eco-friendly actions in building engineering.

**Key words:** ecology, environment al protection, building materials, recycling.

---

#### **Wstęp**

W zakresie dbałości o naturalne środowisko człowieka podczas realizacji procesów budowlanych można wyróżnić dwa obszary: stosowania ekologicznych materiałów i technologii oraz recyklingu.

Ekologia jest pojęciem powszechnie używanym zarówno w naukach biologicznych, jak również w innych obszarach związanych z otoczeniem człowieka (np. budownictwo, żywność, odzież) w kontekście zachowania jego pierwotnego stanu.

## **Materiały ekologiczne w budownictwie**

Tradycyjnym ekologicznym materiałem budowlanym jest ziemia. Budowanie wałów i domów z ziemi znane jest od tysiącleci. W latach 20. ubiegłego wieku rząd Stanów Zjednoczonych promował budowanie budynków gospodarskich z ubitej ziemi i domów z gliny [Taylor 2015]. Obecnie mechaniczne formowanie bloczków z ziemi na szerszą skalę jest stosowane w Stanach Zjednoczonych, Ameryce Południowej i Indiach, natomiast w Europie – w Niemczech, Danii, Belgii i Francji [Ksit, Kucz 2015]. Nowoczesne technologie pozwalają na wykorzystanie w tym celu każdej ziemi przy zastosowaniu odpowiedniego spoiwa – syntetycznego lub naturalnego (gliny).

Słoma jest materiałem stosowanym w budownictwie również od stuleci. Współcześnie wykorzystuje się ją do produkcji bali (ang. *straw bale*) i kostek. W technologii tej wykorzystuje się również łodygi zbóż. Bale i kostki słomiane stosuje się jako materiał na ściany lub wypełnienie szkieletu drewnianego budynku, a także jako materiał izolacyjny.

Prowadzone są intensywne prace badawcze nad własnościami kompozytowych materiałów naturalnych (np. ziemi, piasku i słomy) pod kątem zastosowania jako izolacji cieplnej w budynkach z bali słomianych [Ashour i in. 2010].

Równie tradycyjnym materiałem budowlanym jest drewno, które od wieków było podstawowym budulcem architektury wiejskiej, zarówno w budownictwie mieszkalnym, jak i gospodarczym. Obecnie często wykorzystuje się drewno w elementach konstrukcyjnych budynków (np. więźby dachowe, domy letniskowe czy konstrukcje stylizowanych karczm), jak również w postaci włókien drzewnych i wełny drzewnej (głównie jako materiał izolacyjny) zarówno w postaci płyt, jak i granulatu aplikowanego w pustych przestrzeniach.

Korek w Polsce wykorzystywany jest głównie jako materiał dodatkowy (dekoracyjny) w architekturze wnętrz. Natomiast w krajach północnej Afryki i południowozachodniej Europy (głównie ze względu na rosnący w tych obszarach dąb korkowy) jest to przede wszystkim materiał izolacyjny.

Len i konopie są jednymi z najstarszych roślin, które można wykorzystywać do produkcji izolacji cieplnych w postaci mat lub płyt. Konopie znajdują również zastosowanie w produkcji kompozytowych bloczków Hemprect – betonu konopianego, który jest mieszaniną konopi, wapna lub piasku i cementu lub pucolaną. Stosowana jako wypełniacz pucolana jest pyłem lub bardzo drobnym popiołem odzyskiwanym z kotłowni. Jej głównym składnikiem jest czysta krzemionka, a ważną cechą jest zdolność do wiązania wapna także pod wodą. Stosowana jest również jako dodatek do zapraw betonowych zwiększający ich wodoodporność. Cegły powstające z konopi i wapnia charakteryzuje wodoodporność, niepalność, ich wytrzymałość jest siedmiokrotnie większa od betonu [Golonko 2015] i dlatego doskonale nadają się jako materiał konstrukcyjny

i izolacyjny. Materiał ten jest ekologiczny, ulega stu procentowemu rozkładowi, można go nawet użyć jako nawozu.

W Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu z inicjatywy Instytutu Włókien Naturalnych w ramach eksperymentu zbudowano pierwszy w Polsce ekologiczny dom z konopi o kubaturze garażu, przy czym wykorzystano konopie przemysłowe uprawiane w Polsce [Świątek, Charytonowicz 2005].

Po wielu latach nieobecności strzech nie tylko w polskim krajobrazie coraz częściej można spotkać pokrycia dachowe wykonane tą technologią, przy czym raczej nie stosuje się w nich słomy, tylko trzcinę. Strzecha trzcinowa w przeciwieństwie do innych naturalnych pokryć dachowych (np. strzechy słomianej) zachowuje doskonałą szczelność dzięki naturalnej odporności trzciny pospolitej na warunki atmosferyczne. Dachy trzcinowe kwalifikuje się jako pokrycia palne, niemniej jednak istnieje możliwość impregnacji odpowiednimi środkami, co znacznie obniża ryzyko zapłonu strzechy. Impregnacja powinna być powtarzana co 5–7 lat [Gwiazdowski 2008].

W produkcji lekkich betonów, pustaków ściennych i stropowych, ale także elementów architektonicznych jest używany keramzyt (wypalany z gliny ilastej). Znajduje on również zastosowanie w izolacjach.

W izolacjach i wykańczaniu wnętrz rynek oferuje szerokie spektrum materiałów pochodzenia organicznego bądź ich kompozytów. Wśród nich między innymi perlit (granulat lawy wulkanicznej) jako składnik lekkich tynków gipsowych bądź substytut lub uzupełnienie styropianu. W izolacjach wykorzystuje się oczywiście wymienione wcześniej włókna drzewne, korek, konopie, słomę, trzcinę, keramzyt, ale również wełnę owczą i drzewną, szał, celulozę.

Należy w tym miejscu podkreślić, że dbałość o ochronę naturalnego środowiska człowieka w budownictwie przejawia się nie tylko w stosowaniu ekologicznych materiałów, ale również w poszukiwaniu optymalnych z ekologicznego punktu widzenia wskaźników (kosztów produkcji, energochłonności, emisji dwutlenku węgla i własności produktu) [Barrau i in. 2014].

## **Recykling w budownictwie**

Recykling jest procesem odzyskiwania surowców wtórnych i ich ponownego przetwarzania w procesie produkcyjnym w celu uzyskania materiału o przeznaczeniu pierwotnym lub innym. W przypadku, gdy skutkiem przetwarzania jest produkt o niższej wartości niż przetwarzane surowce, mówimy o downcyklingu, natomiast w przeciwnym przypadku – o upcyklingu. Materiałem najłatwiejszym do ponownego wykorzystania (przetworzenia) jest drewno. Szalunkowe elementy drewniane można wykorzystywać wielokrotnie. Duże elementy (np. belki, bale) można wykorzystać do wytworzenia mniejszych detali, natomiast inne odpady – w produkcji materiałów drewnopochodnych. Cegły z rozbiórki są chętnie wykorzystywane, ale głównie przez drobnych inwestorów. O ile

cegły z murów o spoiwie wapiennym są łatwe do oczyszczenia, to spoiwo cementowe nie daje się tak łatwo usuwać.

Coraz częściej recyklingowi poddawane są wyroby z tworzyw sztucznych (okienne profile PCV), a także elementy instalacji hydraulicznych.

Pomysł wyprodukowania materiału izolacyjnego z makulatury ma prawie 100 lat i narodził się w USA. Wkrótce zyskał uznanie w Kanadzie i w krajach skandynawskich. W tych regionach, gdzie zima jest rzeczywiście mroźna i długa, a lato krótkie i upalne, celuloza mogła wykazać swoją przydatność jako skuteczny materiał izolacyjny. Technologia ta stawała się coraz bardziej znana na całym świecie, a na początku lat 80. pojawiła się na budowach w Europie Zachodniej. Do uzyskania materiału izolacyjnego wykorzystuje się makulaturę (wysokogatunkowy papier gazetowy) nasycony solami borowymi, które chronią materiał przed biodegradacją, pleśniami i grzybami.

Recyklingiem powszechnie objęte są wyroby ze szkła i większości tworzyw sztucznych. Szkło można przetwarzać, wielokrotnie je przetapiając i uszlachetniając. Słuczka szklana wykorzystywana jest do produkcji włókien szklanych (mających zastosowanie w matach izolacyjnych) [Dębska 2010:29], jako surowiec w hutach szkła, grys do budownictwa, składnik mas ceramicznych, a odpady włókien szklanych mogą być stosowane w produkcji włókien klinkierowych [Kuśnierz 2010: 26–27]. W przemyśle budowlanym stosowane są profile okienne, rury i inne kształtki pochodzące z recyklingu PCV. Zastosowanie recyklingu w wytwarzaniu materiałów ceramicznych jest przedmiotem badań wielu naukowców, m.in. produkcja cegieł z popiołów spalonych osadów ze ścieków galwanizacyjnych – [Latosińska, Żygadło 2007], wytwarzanie lekkiego kompozytu spiekane go z żużla i włókna szklanego – [Łęgowik, Zawada 2013] czy wykorzystanie popiołów ze spalania biomasy w materiałach budowlanych – [Modrzycka, Zawada, Ulewicz 2015].

W latach 1996–2001 w Limelette (Belgia) Belgijski Instytut Badawczy Budownictwa dzięki wsparciu finansowemu Komisji Europejskiej zrealizował projekt RECYhouse, w ramach którego wykonano budynek z materiałów pochodzących prawie wyłącznie z recyklingu [*Opportunities...* 2002; Świątek, Charytonowicz 2005].

### **Proekologiczne rozwiązania eksploatacji obiektów budowlanych**

W ostatnich latach silny nacisk kładzie się na energooszczędność nie tylko obiektów budowlanych. Działania w tym zakresie wyznaczane są zarówno aktami prawnymi [Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2002; Ustawa o zmianie ustawy Prawo budowlane 2007; Ustawa o charakterystyce energetycznej budynków 2014], jak również ekonomicznym podejściem inwestora (stosowanie izolacji cieplnych o jak najmniejszym współczynniku przewodzenia ciepła,

ograniczenie miejsc o największych stratach ciepła, termomodernizacje obiektów już istniejących).

Alternatywnymi rozwiązaniami dla tradycyjnych sposobów uzyskiwania energii (cieplnej bądź elektrycznej) są źródła odnawialne (przydomowe elektrownie wiatrowe, instalacje solarne, wody geotermalne). Za pomocą pompy ciepła można uzyskać energię cieplną nie tylko z wód geotermalnych. Dołączając do niej wymiennik, można odzyskać ciepło ze zużytej wody. Odzyskiwanie ciepła z systemów wentylacyjnych dokonuje się za pomocą rekuperatorów. Takie rozwiązania są standardowe w domach pasywnych. Rozwiązaniem często stosowanym w domach pasywnych jest gruntowy wymiennik ciepła, przez który przechodzi świeże powietrze, gdzie jest wstępnie ogrzewane. Następnie powietrze dostaje się do rekuperatora, w którym zostaje podgrzane ciepłem pochodzącym z powietrza wywiewanego z budynku.

## Podsumowanie

Stosowanie proekologicznych rozwiązań i materiałów, o ile nie jest wymuszone normami prawnymi, wiąże się z analizą ekonomiczną przedsięwzięcia i indywidualną oceną funkcjonalności (komfortu) obiektu budowlanego. Konceptje domu pasywnego, a tym bardziej „inteligentnego”, są zapewne marzeniem każdego człowieka. Realizacji tych marzeń w większości przypadków przeszkadza koszt inwestycji bądź czas jego zwrotu wskutek obniżonych kosztów eksploatacji (montaż instalacji solarnych, pomp ciepła, oczyszczalni biologicznych). Postęp technologiczny i coraz łatwiejszy dostęp, również ze względu na koszty, do materiałów mniej szkodliwych dla naturalnego środowiska człowieka sprzyja działaniom proekologicznym. Wymagają one jednak edukacji społeczeństwa nie tyle o społecznym znaczeniu i potrzebie ochrony środowiska, ile o korzyściach ze stosowania konkretnych rozwiązań.

## Literatura

- Ashour T., Wieland H., Georg H., Bockisch F.J., Wu W. (2010), *The Influence of Natural Reinforcement Fibres on Insulation Values of Earth Plaster for Straw Bale Buildings*, „Materials and Design” no. 31.
- Barrau J., Ibanez M., Badia F. (2014), *Impact of the Insulation Materials' Features on the Determination of Optimum Insulation Thickness*, „International Journal of Energy and Environmental Engineering” no. 5, issue 2–3.
- Charytonowicz J. (2007), *Reconsumption and Recycling in the Ergonomic Design of Architecture*, „Lecture Notes in Computer Science” vol. 4555.
- Dębska B. (2010), *Materiały budowlane produkowane z wykorzystaniem odpadów. Cz. 1. Obszary zastosowań*, „Izolacje” nr 5.
- Dyrektywa 2002/91/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 16 grudnia 2002 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków.

- Golonko T. (2015), *Hempcete. Cegły z konopi i wapnia nowym trendem w budownictwie*, <http://natemat.pl/127537>.
- Gwiazdowski P. (2008), *Trzcina dachowa*, „Dachy” nr 7(103), <http://www.dachy.info.pl/technika/strzecha-trzciniowa/>.
- Ksist B., Kucz M. (2015), *Budownictwo ekologiczne z ziemi*, [http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materiały\\_i\\_technologie,artykul,budownictwo\\_ekologiczne\\_z\\_ziemi,7968](http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materiały_i_technologie,artykul,budownictwo_ekologiczne_z_ziemi,7968).
- Kuśnierz A. (2010), *Recykling szkła*, „Prace Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych” nr 6.
- Latosińska J., Żygadło M. (2007), *Gospodarka odpadami a produkcja materiałów budowlanych*, materiały VII Międzynarodowego Forum Gospodarki Odpadami – Efektywne zarządzanie odpadami, Kalisz–Poznań.
- Łęgowik I., Zawada A. (2013), *Synteza i właściwości ekologicznych kompozytów spiekanych*, „Szkło i Ceramika” nr 5.
- Modrzycka A., Zawada A., Ulewicz M. (2015), *Wstępna charakterystyka popiołów lotnych ze spalania biomasy w aspekcie ich zastosowania w materiałach budowlanych*, „Materiały Budowlane” nr 5(513).
- Opportunities for Using Recycled Materials in the Construction Sector* (2002), <http://www.recyhouse.be>.
- Świątek L., Charytonowicz J. (2004), *Architektura rozrzućna – przyczyny generowania odpadów*, „Recykling” nr 9.
- Świątek L., Charytonowicz J. (2005), *RECYhouse – demonstracyjny projekt domu z recyklingu*, „Recykling” nr 10.
- Taylor C.R. (2015), *Building for Free With “Alternative” Natural Materials*, <http://www.country-sidemag.com/85-3>.
- Ustawa z 19 września 2007 r. o zmianie ustawy – Prawo budowlane, Dz.U. z 2007 r., nr 191, poz. 1373.
- Ustawa z 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków, Dz.U. z 2014 r., poz. 1200.