

Recykling odpadów budowlanych w kontekście budownictwa zrównoważonego

Recycling of Construction Waste in Terms of Sustainable Building

Janusz Adamczyk*, Robert Dylewski**

**Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Ekonomii i Zarządzania, Zakład Zarządzania
Środowiskiem i Gospodarką Publiczną, ul. Podgórna 50, 65-246 Zielona Góra,
e-mail: J.Adamczyk@wez.uz.zgora.pl*

*** Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Matematyki, Informatyki i Ekonometrii, Zakład Teorii
i Metod Optymalizacji, ul. prof. Z. Szafrana 4a, 65-516 Zielona Góra,
e-mail: R.Dylewski@wmie.uz.zgora.pl*

Streszczenie

W dążeniu do zrównoważonego rozwoju gospodarczego i ochrony środowiska, przedsiębiorstwa sektora budowlanego powinny bardziej koncentrować się na skutecznych działaniach na rzecz projektowania prośrodowiskowego, a tym samym osiągnąć cel ciągłego wzrostu. Sektor budowlany składa się z zakładów prowadzących budowy, remonty i rozbiórki budynków oraz innych konstrukcji inżynierskich. Odpady budowlane stanowią problem w każdym kraju europejskim, ilości tych odpadów stale rosną. Dlatego też, istotne jest wdrażanie elementów recyklingu tej grupy odpadów.

W artykule omówiono problematykę budownictwa zrównoważonego oraz najważniejsze akty prawa europejskiego nawiązujące do tej tematyki. Przedstawiono również etapy działalności budowlanej i ich wpływ na środowisko. Recykling materiałów budowlanych jest zasadniczą kwestią, do której nawiązuje prezentowany artykuł. Przedstawiono opisy innowacyjnych materiałów budowlanych, które są wytwarzane z recyklingu odpadów budowlanych powstających w trakcie budowy, modernizacji lub po zakończeniu użytkowania budynku (rozbiórka obiektu). Zidentyfikowano wady i zalety wykorzystania odpadów budowlanych do wytworzenia nowych wyrobów.

Słowa kluczowe: budownictwo zrównoważone, recykling, oddziaływanie sektora budowlanego na środowisko

Summary

In the pursuit of sustainable economic development and environmental protection, enterprises construction sector should focus more on effective environmental design activities, and thus achieve the goal of permanent growth. The construction sector consists of establishments engaged in constructing, renovating, and demolishing buildings and other engineering structures. The construction waste is an issue in every European country, and waste quantities are generally growing. Therefore, it is important to implement the elements of this group of waste recycling.

The article discusses the issue of sustainable building and the most important acts of European law referring to this subject. It also presents the stages of construction activities and their impact on the environment with recycling of building materials as the basic idea. Descriptions of innovative building materials that are produced from recycled construction waste arising in the course of construction, modernization or after the use of the building (demolition of the building) were shown. Finally the advantages and disadvantages of the use of construction waste to produce new products were identified.

Key words: sustainable building, recycling, the impact of the construction sector on the environment

1. Wstęp

Pojęcie „zrównoważonego budownictwa” wywodzi się od pojęcia zrównoważonego rozwoju. Paradigmat zrównoważonego rozwoju ma swój wymiar społeczny, ekonomiczny i ekologiczny. W literaturze przedmiotu spotyka się różne (bardzo liczne) definicje tego pojęcia (Kozłowski, 2005; Piontek, 2002; Sztumski, 2006; Sanchéz, 2008; Skowroński, 2006; Hull 2007, 2008, Redclift, 2009), jednak wszystkie nawiązują do samopodtrzymującego się, obecnego rozwoju gospodarczego (zasada sprawiedliwości wewnątrzpokoleniowej), który powinien także umożliwić zapewnienie tego rozwoju następnym pokoleniom (zasada sprawiedliwości międzypokoleniowej).

Budynek, czy też samo mieszkanie, jest doskonałym przykładem na fakt zachodzenia relacji wewnątrzpokoleniowych jak i międzypokoleniowych z uwagi na czas jego użytkowania wynoszący 50-80 lat, a w niektórych przypadkach nawet 150 lat (Stawicka-Wałkowska, 2000). Stąd też „zrównoważone budownictwo” jest pierwszoplanowym elementem szerszego pojęcia jakim jest „rozwoj zrównoważony”.

Wierzbicki podał definicję budownictwa zrównoważonego, która została sformułowana przy okazji opracowania wskaźnika dotyczącego zrównoważonego budownictwa CRISP (Construction and City Related Sustainability Indicators). Brzmi ona następująco: *Pojęcie zrównoważonego budownictwa ma na celu stworzenie i odpowiedzialne zarządzanie zdrowym obszarem zabudowanym, opartym na zasadzie efektywnego i ekologicznego wykorzystania zasobów naturalnych. Uwzględnia ono aspekt środowiska i jakości życia, ponadto kwestie kulturowe i sprawiedliwości społecznej oraz ekonomiczne ograniczenia* (Wierzbicki, Gajownik, 2002).

Tematyka rozwoju zrównoważonego w budownictwie w dziedzinie konstrukcji budowlanych została podjęta przez Conseil International du Bâtiment (CIB) w 1995 roku. Następnie w 1998 roku na konferencji w Gävle (Szwecja), została sprecyzowana wiodąca rola procesu budowlanego w zrównoważonym rozwoju w wyniku opracowania przez CIB *Agendy 21 w zakresie Budownictwa Zrównoważonego*, stanowiącej pośredni dokument pomiędzy *Agendą 21 z Rio* i *Agendą Habitat* (Stawicka-Wałkowska, 2001).

W obecnym stuleciu, potrzeba wprowadzenia rozwoju zrównoważonego do wszystkich obszarów działalności gospodarczej została jednoznacznie sformułowana w maju 2001 roku przez Komisję Europejską, która na posiedzeniu w Göteborgu przedstawiła Radzie Europy propozycję *Strategii Unii Europejskiej na rzecz zrównoważonego rozwoju – tzw. Strategii Göteborgskiej*. Podkreślono w niej konieczność wprowadzenia problematyki środowiskowej do wszystkich polityk sektorowych oraz

sformułowano najważniejsze zadania dla realizacji rozwoju zrównoważonego, a mianowicie:

- ograniczenie zmian klimatycznych oraz wzrost zużycia „czystej” energii;
- odpowiednie postępowanie z zagrożeniami zdrowia publicznego;
- racjonalne korzystanie z zasobów naturalnych;
- usprawnienie systemów komunikacji i działania na rzecz optymalizacji wykorzystania przestrzeni.

Wagę zagadnienia podkreśla fakt, że w grudniu 2007 roku kwestia budownictwa zrównoważonego stała się jednym z sześciu wiodących obszarów gospodarki pakietu o nazwie Inicjatywa Rynków Pionierskich dla Europy (LMI - Lead Market Initiative for Europe). Inicjatywa ta ma na celu zwiększenie udziału innowacyjnych produktów i technologii w posiadających największy potencjał rozwoju gałęziach gospodarki. Planowane działania wdrażające inicjatywę LMI w obszarze budownictwa opublikowane zostały w dokumencie *A Lead Market Initiative for Europe – Action Plan for Sustainable Construction – załącznik 2 – SEC (2007) 1729* i obejmują następujące kwestie (ITB, 2010):

- prawodawstwo;
- zamówienia publiczne;
- normalizację, oznakowanie, certyfikację;
- działania uzupełniające.

W Polsce (czerwiec 2009) trwają prace nad opracowaniem strategii budownictwa zrównoważonego (ITB, 2010). W zamyśle opracowanie i wdrożenie założeń strategii ma przyczynić się do złagodzenia zmian klimatycznych, do których przyczynia się sektor budowlany poprzez swoją energochłonność. Wprowadzenie strategii w życie ma również przyczynić się do zmniejszenia energochłonności termicznej i elektrycznej, wodochłonności, odpado-genności. Wzrost ilości zużycia ekologicznych materiałów budowlanych oraz wzrost bioróżnorodności to kolejne oczekiwane efekty wdrożenia strategii.

Budownictwo spełniające wymagania zrównoważonego rozwoju powinno dążyć we wszystkich fazach okresu jego trwania do minimalizacji zużycia energii i zasobów naturalnych przy możliwie najmniejszym obciążeniu środowiska (Pawłowski, 2006). Podstawą do realizacji zrównoważonego rozwoju w budownictwie jest identyfikacja głównych czynników i ich elementów składowych decydujących o relacjach ze środowiskiem zarówno na etapie procesu inwestycyjnego jak i w okresie eksploatacji budynku.

2. Wpływ budownictwa na środowisko

Jedną z cech charakteryzujących współczesną gospodarkę jest jej duża interwencja środowiskowa, która przybrała wymiar zagrożeń globalnych.

Wszelkie zjawiska jakie nieustannie zachodzą w strukturach gospodarczych noszą znamiona nieustannej presji antropogenicznej i związane są z przekształcaniem zasobów środowiskowych i współzależnej z nimi przestrzeni dla potrzeb człowieka. Także budownictwo jest tym sektorem gospodarki, który powoduje duże obciążenie środowiska obok takich gałęzi przemysłu, jak przemysł wydobywczy, energetyczny, hutniczy i chemiczny (Jaworski, 1999).

Środowiskowe efekty działalności budowlanej związane są, między innymi z uszczuplaniem zasobów surowcowych, w tym nośników energetycznych i przestrzeni. Jeśli nawet przyjąć, że wpływ pojedynczego obiektu budowlanego nie stwarza wysokiego zagrożenia, to fakt, iż oddziaływanie na środowisko jest generowane jednocześnie i długotrwale przez masową liczbę obiektów przyczynia się do kumulacji negatywnych efektów w ekosystemach na dużą skalę, na różnych etapach działalności budowlanej i dotyczy:

- pozyskania surowców i produkcji materiałów budowlanych;
- procesu budowy;
- eksploatacji budynku;
- rozbiórki i recyklingu materiałów budowlanych.

Materiały i wyroby budowlane są wytwarzane z surowców pobieranych ze środowiska i następnie w procesach produkcyjnych, o różnym stopniu zaawansowania technologicznego, przetwarzane są na wyroby finalne o zdefiniowanych parametrach użytkowych, które w efekcie końcowym decydują o szeroko rozumianej jakości budynku. W procesach produkcji materiałów budowlanych zużywa się nośniki energetyczne, wodę i wiele innych materiałów i surowców, a jednocześnie do środowiska usuwa się ścieki technologiczne, odpady stałe i szkodliwe substancje gazowe (Górzyński, 1998).

Na etapie realizacji prac budowlanych negatywny wpływ na środowisko wiąże się z oczyszczaniem i przygotowaniem terenu (usunięciem szaty roślinnej i żyznej warstwy gleby, wyrównaniem gruntu lub wykonaniem wykopów), budową dróg dojazdowych i tymczasowych zabudowań, a także koniecznością magazynowania na placu budowy materiałów i wyrobów, często niebezpiecznych. Ponadto w trakcie budowy występują dodatkowe uciążliwości jak hałas, wibracje, zniekształcenia krajobrazu, naruszenia poziomu wód gruntowych, przemieszczanie mas ziemi itp. Prace budowlane są także nierozdzielnie związane ze zużyciem nośników energetycznych (Jaworski, 1999).

Szczególnie duży wpływ na obciążenie środowiska ma faza użytkowania (eksploatacji) budynku. Sumaryczne zużycie energii niezbędnej dla zapewnienia właściwego komfortu cieplnego w naszych warunkach klimatycznych jest w fazie użytkowania znacznie wyższe, ze względu na jej długi horyzont czasowy, niż na etapie wytwarzania materiałów

budowlanych, czy też samego procesu budowy. Na podkreślenie zasługuje fakt, że sektor budownictwa w państwach UE jest odpowiedzialny za konsumpcję aż 40 % wytwarzanej energii i tym samym jest sprawcą wysokiej emisji dwutlenku węgla do atmosfery – gazu, który aż w 50% jest odpowiedzialny za efekt cieplarniany (Bowie, Jahn, 2003).

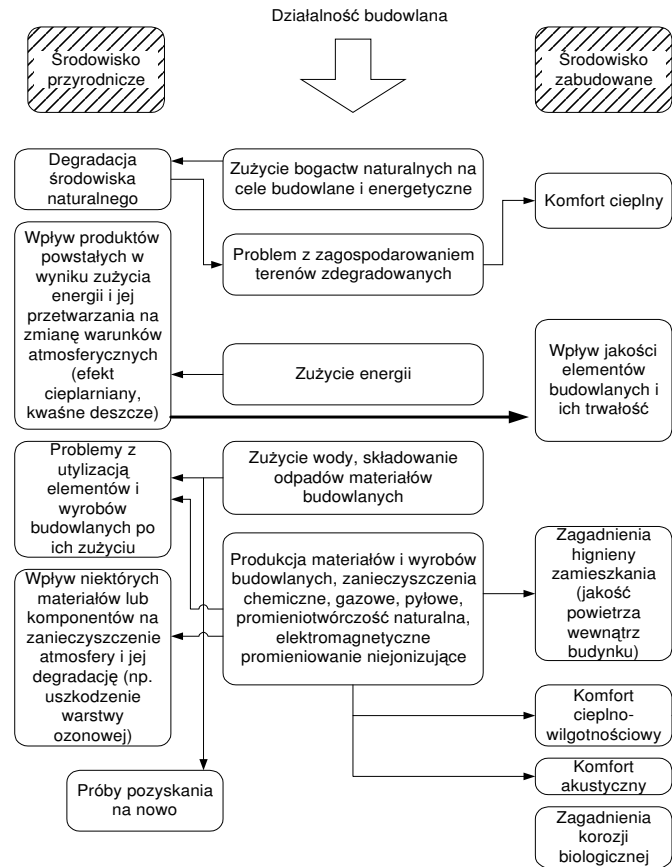
Nie bez wpływu na środowisko jest również faza rozbiórki budynku. Na tym etapie zużywana jest także energia i gromadzone są w środowisku te materiały rozbiórkowe, które nie podlegają recyklingowi. Sektor budownictwa w Polsce na przestrzeni 2007 r. wytworzył ogółem 818,4 tys. ton odpadów z czego 569,6 tys. ton odpadów poddane zostało odzyskowi. Natomiast 105,5 tys. ton unieszkodliwiono w tym 16,6 tys. ton odpadów budowlanych zostało zdeponowanych na składowiskach odpadów oraz termicznie unieszkodliwiono 4,1 tys. ton, pozostała część odpadów budowlanych (czyli 143,3 tys. ton) czasowo magazynowano (Ochrona Środowiska, 2008).

Schemat powiązań działalności budowlanej z wpływem na środowisko przyrodnicze i środowisko zabudowane przedstawiono na rys.1.

Respektowanie zasad zrównoważonego rozwoju obliguje sektor budownictwa do wnoszenia budynków spełniających określone kryteria społeczne, ekologiczne i ekonomiczne (Aysin, 2009). Polskie doświadczenia minionego dziesięciolecia wyraźnie wskazują, że pozostawienie tego problemu wyłącznie mechanizmom rynkowym okazuje się nie do końca skuteczne, a spotykana obniżona jakość użytkowa powstających obiektów i często niekontrolowane i nadmierne wykorzystywanie naturalnych zasobów jest zdecydowanie dalekie od wymagań zrównoważonego budownictwa, stanowiąc nierzadko ewidentne przykłady marnotrawstwa dostępnych zasobów środowiska (także nośników energetycznych).

3. Recykling odpadów budowlanych

Przy realizacji zasad zrównoważonego budownictwa ważną sprawą jest dokonywanie wyborów tych materiałów budowlanych, których oddziaływanie na środowisko jest zminimalizowane. Działalność budowlana generuje duże ilości odpadów w czasie budowy, jak również w czasie użytkowania (remonty, modernizacje), ale w szczególności w czasie likwidacji (rozbiórki) budynku. Zmieniona dyrektywa ramowa w sprawie odpadów (Dyrektywa 2008/98/WE, Dz.U. L 312 z 22.11.2008, s. 3), jest ważnym krokiem w kierunku lepszego gospodarowania zasobami materiałowymi oraz zwiększenia wydajności zasobów w UE. Wyjaśniono w niej pewne podstawowe pojęcia, jak hierarchia odpadów, zapobieganie powstawaniu odpadów oraz wprowadzenie do polityki w sprawie odpadów podejścia opartego na cyklu życia. W dyrektywie określono istotne cele w zakresie recyklingu odpa-



Rys. 1. Schemat powiązań działalności budowlanej z wpływem na środowisko przyrodnicze i zabudowane.

Źródło: Stawicka-Wałkowska M.: *Procesy wdrażania zrównoważonego rozwoju w budownictwie*, Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa 2001.

dów na rok 2020: recykling 50 % odpadów z gospodarstw domowych oraz 70 % odpadów budowlanych i rozbiórkowych.

Kruszywa mineralne są jednym z podstawowych surowców mających zastosowanie w wielu sektorach gospodarki, budownictwo jest sektorem, w którym wykorzystanie kruszywa jest największe. W Polsce wykorzystuje się przede wszystkim kruszywo naturalne, jednak w wielu krajach prowadzi się badania nad wykorzystaniem kruszyw z recyklingu betonu. Według Wolskiej-Kotańskiej muszą być spełnione określone warunki dla zapewnienia wykorzystania kruszywa z recyklingu betonu:

- stałe i obfite dostawy gruzu rozbiórkowego;
- łatwy dojazd dla ciężarówek;
- dostępny odpowiedni teren przemysłowy, najlepiej w pobliżu zagłębień terenu, które można zapełnić odpadami;
- lokalny brak lub niedobór piasku i kruszywa naturalnego;
- lokalny rynek przygotowany na tego typu wyroby (Wolska-Kotańska, 2004).

Najkorzystniejsze do recyklingu są betonowe nawierzchnie drogowe, które generują duże ilości

czystego gruzu. Gruz budowlany nie może być zanieczyszczony przez gips, drewno, plastik, stal, szkło, itp., które muszą być usunięte zanim materiał zostanie użyty ponownie do produkcji nowego betonu. W badaniach prowadzonych w Japonii stwierdzono, że sięgająca 15 % redukcja wytrzymałości na ściskanie w porównaniu z betonem nowym (kontrolnym) ma miejsce przy dodatku:

- tynku wapiennego w ilości 7% objętości kruszywa;
- gruntu w ilości 5%;
- drewna w ilości 4%;
- gipsu w ilości 3%;
- asfaltu w ilości 2%;
- farb na bazie octanu winylu w ilości 0,2% (Wolska-Kotańska, 2004).

Wolska-Kotańska zaznacza, że problem z recyklingiem betonu nie kończy się tylko na wtrąceniach zanieczyszczeń, czego konsekwencją bywa zmniejszenie wytrzymałości na ściskanie, ale również może stwarzać problemy technologiczne, które związane są z krótszym czasem wiązania betonu i szybszą utratą urabialności. Kruszywo recyklingowe w betonie powoduje również redukcję modułu sprężystości, zwiększenie pęcznienia, pogorszenie

pryczepności pomiędzy kruszywem i zaprawą, niekorzystnie wpływają na cechy trwałości betonu tj. odporność na ścieranie, skurcz, przepuszczalność dla wody i chlorków, odporność na karbonatyzację, mrozoodporność i odporność na siarczany.

Podsumowując, stosowanie kruszywa recyklingowego wpływa w znaczny sposób na pogorszenie trwałości i wytrzymałości betonu. Może to generować dla przyszłych pokoleń zdecydowanie większą ilość odpadów niż jest to obecnie, przy zastosowaniu kruszywa naturalnego. Pomimo tej wady uważa się, że kruszywa pochodzące z recyklingu nadają się do produkcji betonu, jednak ich zastosowanie powinno być poprzedzone szeregiem badań samego kruszywa jak i betonu wykonanego z tego kruszywa (Wolska-Kotańska, 2004).

Do produkcji betonu wykorzystuje się również kruszywo z odzysku cegieł ceramicznych. Według Zająca, kruszywa te mają gorsze cechy niż kruszywa naturalne i kruszywa recyklingowe z betonu. Betony z kruszywem recyklingowym z cegły mają wiele wad, ale mogą być stosowane w elementach niekonstrukcyjnych, gdzie wymagany jest mały ciężar i duża ognioodporność (Zajęc, 2008).

Innym przykładem recyklingu, którego produktem końcowym jest kruszywo drogowe, jest recykling żużła powstającego w trakcie procesu wytapiania miedzi w piecach szybowych Huty Miedzi Głogów. Oddział produkcji kruszyw firmy KGHM Ecoren, został uruchomiony w Głogowie, w czerwcu 2004 roku. Rocznie przerabia on 800 000 ton żużła, co stanowi ok. 3% ogólnopolskiej produkcji kruszyw łamanych. Zastosowanie tego kruszywa jest szerokie, można wykorzystać je do:

- budowy dróg i autostrad (grys do produkcji asfaltobetonów, mieszanki na podbudowy, na warstwy mrozo odporne, odsączające i jako składnik odziarniający);
- roboty hydrotechniczne (regulacja rzek, umocnienia brzegów, budowa wałów przeciwpowodziowych);
- budowa drogi na nasypie z kruszywa pomiedziowego (KGM Ecoren, 2010).

Styropian (polistyren spieniony) jest materiałem termoizolacyjnym często wykorzystywanym w budownictwie do izolacji zewnętrznych przegród budowlanych. Popularność tego materiału budowlanego wiąże się z dobrymi właściwościami termoizolacyjnymi, jego niskim ciężarem właściwym i ceną. W czasie wykonywania termoizolacji przegród jak również w czasie remontów, czy też rozbiorów poeksploatacyjnej budynków powstają duże ilości odpadów polistyrenowych, na które obecnie występuje zapotrzebowanie ze strony firm przetwarzających recykling. Przykładem firm recyklingowych styropianu, są: *Euroterm*, *Tech Service Polska* oraz *Superplast Plastic*. Pierwsza z nich, jako produkt z recyklingu polistyrenu budowlanego

proponuje ekostyren¹. Powstający z ekostyrenu – styrobeton znajduje zastosowanie do:

- nienośna izolacja, izolacyjny wypełniacz pionowych i poziomych konstrukcji;
- dodatkowe ocieplenie ścian pionowych, dachy do 30 % nachylenia;
- wyrównująca i izolacyjna warstwa do sufitów i podłóg, pochyła warstwa izolacyjna tarasów, balkonów i płaskich dachów;
- elastyczny podkład szos, dróg, areatów sportowych nakładany wprost na teren;
- izolacja zewnętrznych instalacji wodnych i kanalizacyjnych;
- izolacja wymienników ciepła i basenów (Euroterm, 2010).

Wśród zalet tego materiału producent podaje:

- niski ciężar właściwy materiału – 12 razy lżejszy od betonu (200÷900 kg/m³);
- lepsze aż 30-krotnie od betonu właściwości termoizolacyjne;
- dobre właściwości dźwiękoizolacyjne;
- wysoka elastyczność;
- odporny na działanie pleśni;
- higienicznie nieszkodliwy.

Tech Service Polska jest producentem zaprawy cementowo-styropianowej – Polytech. Innowacyjność technologii polega na odzysku odpadów budowlanych – styropianu (np. z procesów izolacji elewacji). Po przetworzeniu jest to pełnowartościowy surowiec do zaprawy Polytech, betonów lekkich-pianobetonów. Producent wyróżnia również trzy klasy zaprawy w zależności od proporcji cementu i styropianu, klasa 20/80 (zawiera 200 kg cementu i 800 dm³ styropianu), klasa 30/50 oraz klasa 35/50. Każda z tych klas ma wyznaczoną wytrzymałość na ściskanie i zginanie. Zaprawa Polytech znajduje zastosowanie do:

- lekkiego podłoża izolacyjnego pod posadzki mieszkalne, przemysłowe;
- warstwy izolacyjne i nośne pod wykonanie posadzek metodą: świeże na świeże;
- warstwy izolacyjne i nośne pod ogrzewanie podłogowe – w systemach podłóg pływających;
- warstwy termoizolacyjne do pokryć dachów i poddaszy;
- lekkiej warstwy do formowania spadków dachów;
- lekkiej wylewki izolacyjnej i akustycznej na stropy drewniane, żelbetowe i inne;
- wypełnienie pokryć z blachy trapezowej, konstrukcje lekkich stropów.

¹ Ekostyren – to spreparowane kruszywo styropianowe, dzięki czemu daje się łatwo mieszać z wodą, cementem i piaskiem. Z mieszanki tej powstaje „styrobeton”, który nie jest elementem nośnym, ale służy jako ciepłozolacyjny materiał do napełniania konstrukcji, przeważnie poziomych.

Do zalet stosowania tego materiału budowlanego można zaliczyć:

- niski ciężar właściwy (na sucho $256 \div 375 \text{ kg/m}^3$);
- wysoka izolacyjność termiczna;
- wysoka izolacyjność dźwiękowa;
- właściwości samopoziomujące;
- mrozoodporność;
- bardzo mały skurcz ($1 \div 2\%$);
- wytrzymałość na ściskanie wynosi, w zależności od klasy od 0,48 MPa do 1,7 MPa;
- bardzo dobra przyczepność i dopasowanie do podłoża;
- łatwość wytworzenia na miejscu budowy;
- zaprawa szybko wiążąca (Tech Service Polska, 2010).

Firma *Superplast Plastic* zajmuje się również recyklingiem, podobnie jak *Euroterm*, styropianu budowlanego, z którego po przetworzeniu jako produkt oferuje granulaty polistyrenu różnego rodzaju (Superplast, 2010).

Styropian z recyklingu może być stosowany jako dodatek termoizolacyjny do pustaków i tynków, ze względu na fakt, że jest obojętny dla środowiska, można stosować go do spulchniania gleby. Wysoka wartość energetyczna tego materiału, stwarza możliwość odzysku energii poprzez spalanie.

Istotny problem odzysku styropianu stanowi koszt jego transportu, ze względu na jego niski ciężar właściwy. Firma Sony opracowała technologię polegającą na rozpuszczaniu styropianu w płynie o podobnych właściwościach do kwasu cytrynowego i transporcie tej mieszanki do zakładu, gdzie następuje odzyskanie styropianu poprzez odparowanie i skroplenie płynu. Inny pomysł odzysku styropianu zrodził się na Politechnice Warszawskiej, gdzie został wyeliminowany transport tego materiału. Założono, że polistyren nawet zanieczyszczony, który powstaje podczas budowy jest rozpuszczany w mieszaninie rozpuszczalników i dodatków w wyniku czego otrzymuje się – Styrozol. Produkt ten znajduje zastosowanie jako izolacja przeciwwodna, zastępująca lepek i abizol, na budowie, na której powstały odpady polistyrenowe (Mroziński, 2005). Innym materiałem termoizolacyjnym jest ekofiber – włókna celulozowe. Technologia produkcji ekofibru oparta jest prawie w 100% o recykling materiałów, ponieważ jako surowiec stosuje się papier makulaturowy. Ekofiber nie zawiera dodatków substancji szkodliwych, a jego główne składniki tj. celuloza i związki boru są w pełni ekologiczne. Problem utylizacji odpadów w odniesieniu do ekofibru nie występuje ponieważ wykonywanie izolacji w tej technologii nie generuje odpadów i nawet opróżnione z ekofibru opakowania (worki) są także wykorzystywane jako surowiec do produkcji tego materiału. Według danych producenta „żywołność” ekofibru (jeżeli chodzi o czas użytkowania i właściwości fizyko-chemiczne) jest bardzo duża, w

USA po okresie użytkowania 50-ciu lat w rozbieranym budynku, w którym zastosowano jako izolację ekofiber, izolacja ta posiadała poprawne właściwości fizyko-chemiczne. Materiał z odzysku po ewentualnej rozbiórce budynku podlega recyklingowi i/lub może być ponownie użyty (Adamczyk, Dylewski, 2009)

4. Zakończenie

Omówione powyżej przykłady recyklingu materiałów budowlanych nie prezentują wszystkich możliwych wariantów technologicznych, które mogą być zastosowane w budownictwie. Przedstawione innowacyjne technologie mają być przykładem dążenia sektora budownictwa do realizacji zasad zrównoważonego rozwoju w ramach zrównoważonego budownictwa.

Na świecie odnotowuje się stale rosnącą świadomość ekologiczną, przy wyborze materiałów budowlanych. Wybory dotyczą nie tylko przyjmowanych rozwiązań technicznych, które powinny minimalizować negatywny wpływ na środowisko, ale powinny również uwzględniać konsekwencje w postaci trwałości i uniwersalności obiektu budowlanego oraz poużytkowe (rozbiórki) – możliwości recyklingu zastosowanych materiałów budowlanych. Recykling minimalizuje presję na środowisko związaną z ilością odpadów składowanych na składowiskach odpadów, stwarza możliwości powstawania nowych miejsc pracy, wpływa na zmniejszenie kosztów produkcji, przez co cena produktu finalnego również jest niższa (Gehin i in., 2008).

W celu zahamowania degradacji środowiska niezbędny jest wzrost zainteresowania kryteriami wyboru materiałów budowlanych pod kątem ochrony środowiska oraz wzrost wykorzystania materiałów odpadowych, w miejsce nieodnawialnych zasobów naturalnych, w myśl realizacji koncepcji „ekologii przemysłowej” (Pawłowski, 2006) oraz wymagań ustawodawczych.

Według Rakowskiego i Sobierajewicza nie jest możliwe zachowanie istniejących zasobów naturalnych dla przyszłych pokoleń bez konieczności radykalnej zmiany tradycyjnych technologii w budownictwie, wykorzystujących nowy rodzaj surowców pochodzących z recyklingu. W konsekwencji powinno to prowadzić do rezygnacji, obecnego pokolenia, z wykorzystywania zasobów naturalnych w procesie budowy oraz ograniczenia ekspansji zabudowy na tereny niezagospodarowane (Rakowski, Sobierajewicz, 2003).

Należy podkreślić, że nie wszystkie metody recyklingu materiałów budowlanych są efektywne ekonomicznie i technologicznie. Omówione przykłady zastosowania kruszywa z recyklingu betonu, czy też recyklingu cegły ceramicznej, stwarzają dodatkowe koszty związane z badaniami nad zastosowaniem tych kruszyw w nowym betonie. Można mieć nadzieję, że nowe, innowacyjne technologie, które

zostaną wdrożone w sektorze budownictwa, pozwolą na zminimalizowanie ilości powstających odpadów na placach budów.

Literatura

1. ADAMCZYK J., DYLEWSKI R., *Analiza ekologiczna i ekonomiczna wykorzystania eko-fibru do termoizolacji*, Ekonomia i Środowisko, artykuł przyjęty do druku.
2. AYSIN S., 2009, How Can the Construction Industry Contribute to Sustainable Development? A Conceptual Framework, w: *Sustainable development*, vol. 17, issue 3, s. 161-173.
3. BOWIE R., JAHN A., *European Union – The New Directive on the Energy Performance of Buildings – Moving Closer to Kyoto*, European Commission, Directorate General for Energy & Transport, EU 2003.
4. EUROTERM, <http://www.euroterm.biz> (1.03.2010).
5. GEHIN A., ZWOLIŃSKI P., BRISAUD D., 2008, A Tool to Implement Sustainable End-of-life Strategies in the Product Development Phase, w: *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, issue 5, s. 566- 576.
6. GUS, *Ochrona Środowiska 2008, Informacje i opracowania statystyczne*, GUS, Warszawa 2008.
7. GÓRZYŃSKI J., Analiza emisji zanieczyszczeń w pełnym cyklu istnienia budynku, w: *X Ogólnopolska Interdyscyplinarna Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia a Budownictwo”*, PZTB, Bielsko Biała 1998, s. 63-68.
8. HULL Z., 2007, Czy idea zrównoważonego rozwoju ukazuje nową wizję rozwoju cywilizacyjnego?, w: *Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development* vol. 2., no 1, s. 49-57.
9. HULL Z., 2008, Filozoficzne i społeczne uwarunkowania zrównoważonego rozwoju, w: *Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development*, vol. 3, no 1, 2008; s. 27-31.
10. ITB, Instytut Techniki Budowlanej, <http://www.itb.pl> (1.03.2010).
11. JAWORSKI K. M.: *Metodologia realizacji procesów budowy*, PWN, Warszawa 1999.
12. KGM ECOREN, <http://www.ecoren.pl> (1.03.2010).
13. KOZŁOWSKI S., *Przyszłość ekorozwoju*, KUL, Lublin 2005.
14. MROZIŃSKI A., 2005, *Recykulacja opakowań*, 2005, <http://opakowania.com.pl> (1.03.2010).
15. PAWŁOWSKI A., 2006, Wielowymiarowość rozwoju zrównoważonego, w: *Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development*, vol. 1, no 1, s. 23-32.
16. PIONTEK B., *Koncepcja rozwoju zrównoważonego i trwałego* Polski, PWN, Warszawa 2002.
17. RAKOWSKI J., SOBIERAJEWICZ P., Równowaga ekologiczna recyklingu w procesie projektowym obiektów budowlanych, w: *XV Ogólnopolska Interdyscyplinarna Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia a Budownictwo”*, PZTB, Bielsko Biała 2003.
18. REDCLIFT M.R., 2009, Sustainable Development (1987-2005) – an Oxymoron Comes of Age, w: *Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development*, vol. 4, no 1, s. 33-50.
19. SANCHEZ A., 2008, Perspectives and Problems in Sustainable Development, w: *Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development*, vol. 3, no 2, s. 21-23.
20. SKOWROŃSKI A., 2006, Zrównoważony rozwój perspektywą dalszego postępu cywilizacyjnego, w: *Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development*, vol. 1, no 2, s. 51.
21. STAWICKA-WAŁKOWSKA M., Zastosowanie zasad zrównoważonego rozwoju w procesie modernizacji i rewitalizacji budynków, w: *XII Ogólnopolska Interdyscyplinarna Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia a Budownictwo”*, PZTB, Bielsko-Biała 2000, s. 101-108.
22. STAWICKA-WAŁKOWSKA M., *Procesy wdrażania zrównoważonego rozwoju w budownictwie*, Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa 2001,
23. SUPERPLAST, <http://www.superplast.pl> (1.03.2010).
24. SZTUMSKI W., 2006, Idea zrównoważonego rozwoju a możliwości jej urzeczywistnienia, w: *Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development*, vol. 1, no 2, s.73-76.
25. TECH SERVICE Polska – materiały informacyjne.
26. WIERZBICKI S. M., GAJOWNIK R., Problemy zrównoważonego budownictwa w pracach Instytutu Techniki Budowlanej, w: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Budownictwo spełniające wymagania zrównoważonego rozwoju”*, ITB, Mrągowo 2002, s. 34-42.
27. WOLSKA-KOTAŃSKA C., Kruszywa z recyklingu betonu – właściwości i zastosowanie, w: *XVI Ogólnopolska Interdyscyplinarna Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia a Budownictwo”*, PZTB, Bielsko-Biała 2004, s. 105-112.
28. ZAJĄC B., 2008, Właściwości betonów z kruszywem recyklingowym z cegły, w: *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, nr 5, s. 62-63.