Jakub Jura*

EKOLOGICZNE ASPEKTY WYKORZYSTANIA MATERIAŁÓW ODPADOWYCH W SEKTORZE BUDOWLANYM

1. WSTĘP

Rozwój gospodarki skutkuje wzrostem ilości wytwarzanych odpadów. Sektor budownictwa wpływa w dużym stopniu na ilość odpadów z uwagi na to, że generowane są one w czasie wznoszenia, użytkowania, jak i rozbiórki obiektów budowlanych. W ciągu roku w Polsce powstaje ponad 140 mln Mg odpadów, a w prawie 2 tysiącach zakładów składowane jest ich około 1700 mln Mg. Oddziaływanie odpadów pochodzących z budownictwa na środowisko naturalne jest niewielkie, jednak skala ich powstawania (około 100 tys. budynków oddanych do użytkowania w ciągu roku w Polsce) powoduje, że stanowią one ponad jedną trzecią wszystkich odpadów wytwarzanych w Unii Europejskiej. Odpadami pochodzącymi z budownictwa są głównie odpady ceglane, ceramiczne, beton, asfalt, drewno, metale oraz tworzywa polimerowe. Część odpadów, wykazujących dobre właściwości mechaniczne może być użytkowana ponownie np. drewno czy metale, część z nich wykorzystana jest również do produkcji innych materiałów. Sektor budownictwa pozwala również na wykorzystanie odpadów pochodzących z innych gałęzi gospodarki np. odpady z kopalni czy huty.

Ilość wytwarzanych odpadów skutkuje poszukiwaniem przez organizacje proekologiczne oraz rządy państw europejskich możliwości i sposobów ich ograniczenia. Z uwagi na to kraje prowadzą badania nad ponownym użyciem lub recyklingiem odpadów. W pracy przedstawione zostały stosowane technologie oraz propozycje pozwalające na zmniejszenie ilości odpadów za pomocą recyklingu oraz ponownemu wykorzystaniu materiałów w branży budowlanej, co ma także pozytywny wpływ na środowisko [10,12].

2. GOSPODARKA ODPADAMI

Kraje należące do Unii Europejskiej, swoje przepisy prawa w tym te dotyczące odpadów muszą opierać na wydawanych przez nią Dyrektywach. Pierwsza dokumentem dotyczącym odpadów była dyrektywa ramowa wydana w roku 1975 [8]. Celem było ujednolicenie definicji, a także procedur dotyczących postępowania z odpadami oraz zanieczyszczeniami. W Polsce obecnie obowiązująca Ustawa z 14 grudnia 2012 r. o odpadach [6], opiera się głównie na Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z 19 listopada 2008 r. [9].

* Politechnika Częstochowska

Ustawa o odpadach [3] przedstawia środki zapobiegające i zmniejszające negatywny wpływ odpadów na środowisko. Precyzuje ona definicje, tj. gospodarowanie odpadami, recykling czy odzysk. Recyklingiem określony jest odzysk, w ramach którego odpady są ponownie przetwarzane na produkty, materiały lub substancje wykorzystywane w pierwotnym celu lub innych celach. Jako odzysk definiowane są wszelkie działania niestwarzające zagrożeń dla życia, zdrowia ludzi i środowiska, które polegają na wykorzystaniu odpadów w całości, części lub prowadzą do odzyskania z odpadów substancji, materiałów lub energii [3]. Zgodnie z tą ustawą gospodarka odpadami powinna być prowadzona w taki sposób, aby była ochrona życia i zdrowia ludzi a także, aby nie stwarzane było zagrożenie dla środowiska naturalnego. Ustawa precyzuje hierarchię postępowania z odpadami zgodnie z którą, zadaniem najważniejszym jest zapobieganie powstawania odpadów. Jeśli jest to niemożliwe wtedy powinny być one przygotowywane do ponownego użycia, recyklingu lub odzysku. Najmniej pożądanym działaniem jest deponowanie odpadów na składowiskach. Ustawa określa również zasady postępowania z odpadami, które pochodzą z różnych sektorów gospodarki, w tym z materiałami niebezpiecznymi [3].

Odpady, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 29 grudnia 2014 roku w sprawie katalogu odpadów [4] w zależności od źródła powstawania podzielone zostały na 20 grup głównych, a każda z nich dodatkowo podzielona jest na podgrupy oraz rodzaje odpadów, co skutkuje oznaczeniem każdego odpadu sześciocyfrowym kodem. W grupie 17 zakwalifikowane zostały odpady z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej. W grupie tej rozróżniono osiem podgrup, tj.:

- odpady materiałów i elementów budowlanych oraz infrastruktury drogowej,
- odpady drewna, szkła i tworzyw sztucznych,
- mieszanki bitumiczne, smoła, i produkty smołowe,
- odpady i złomy metaliczne oraz stopów metali,
- gleby i ziemia,
- materiały izolacyjne oraz materiały budowlane zawierające azbest,
- materiały budowlane zawierające gips,
- inne odpady z budowy, remontów i demontażu.

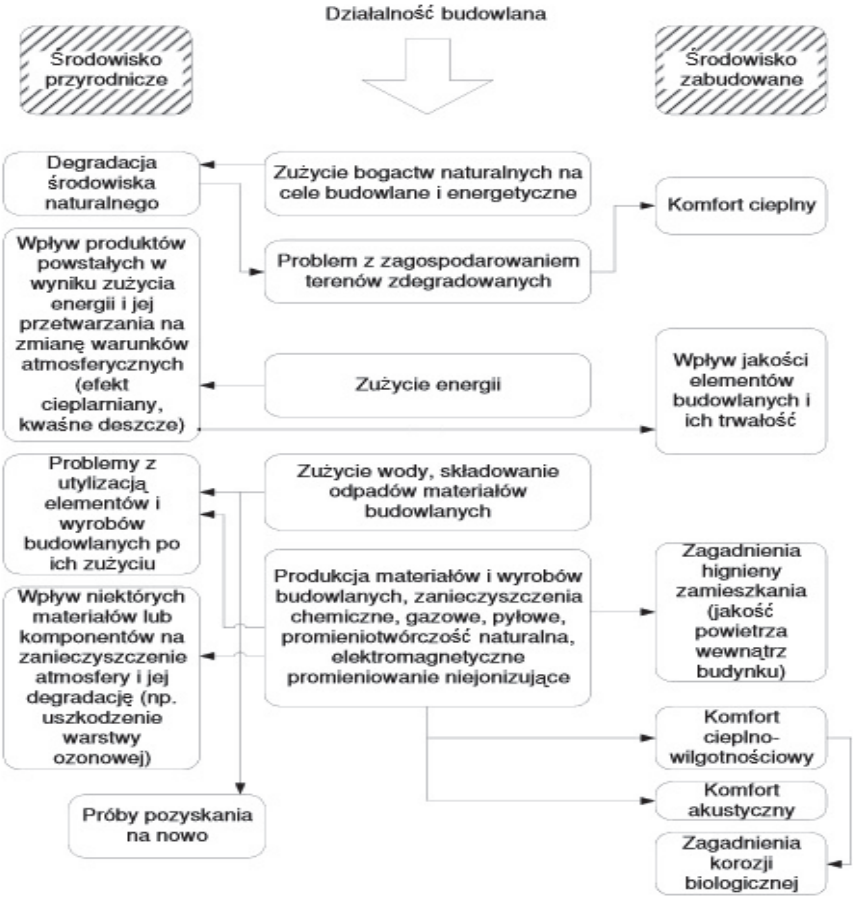
Podgrupy podzielone zostały na 42 rodzaje odpadów.

Od roku 2002 wszystkie kraje członkowskie zobowiązane są do sporządzania raportu o stanie gospodarki odpadami, zgodnie z rozporządzeniem UE (2150/2002/WE) [29]. W Polsce pierwszy Krajowy Plan Gospodarki Odpadami (KPGO) przyjęty został 2002 roku (M.P. 2003 nr 11 poz. 159) [35] i jest aktualizowany co 4 lata. Jak wynika z ostatniego KPGO (M.P. 2016 poz. 784) [23], obecnie zbieraniem i transportem odpadów z budowy, remontów i demontażu zajmuje się ich wytwórca lub specjalistyczne podmioty działające w zakresie zbierania i transportu odpadów. Odpady z grupy 17 poddawane są w szczególności odzyskowi pozainstalacyjnemu, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami [6],

a większość wykorzystywana jest przy budowie nowej infrastruktury drogowej i kolejowej, do formowania warstw inertnych na składowiskach odpadów, wypełniania wyrobisk, a także utwardzania placów budowy i dróg technologicznych. Odpady asfaltów, które nie zawierają substancji niebezpiecznych stosowane są do utwardzania dróg, poboczy i placów. Jako główny problem określone jest stosowanie nieuczciwych i nielegalnych praktyk przez podmioty prowadzące prace budowlano-remontowe (BiR). Praktykami takimi są: pozostawianie odpadów BiR w miejscu wytworzenia, przekazywanie odpadów nieuprawnionym podmiotom oraz porzucanie odpadów BiR w miejscach do tego nieprzeznaczonych. Według najnowszego KPGO za podstawowe cele w gospodarce odpadami przyjęto zwiększenie świadomości inwestorów oraz podmiotów wytwarzających odpady na temat właściwego postępowania ze strumieniem wyżej wskazanych odpadów, w szczególności w zakresie selektywnego zbierania i recyklingu oraz utrzymanie poziomu przygotowania do ponownego użycia, recyklingu oraz innych form odzysku materiałów budowlanych i rozbiórkowych na poziomie minimum 70% wagowo. Przyjęte w KPGO zostały także kierunki działań do 2022 roku, tj. działania informacyjno-edukacyjne, w celu uświadomienia inwestorów oraz podmiotów wytwarzających odpady w postępowaniu z odpadami, wprowadzenie zachęt promujących selektywne zbieranie odpadów BiR; wprowadzenie systemu zachęt promującego wykorzystywanie materiałów z recyklingu; kontynuacja prowadzenia kontroli podmiotów wytwarzających odpady oraz rozbudowa infrastruktury technicznej do selektywnego zbierania, przetwarzania oraz ponownego wykorzystania, odpadów BiR [23].

Współczesne budownictwo skupia się głównie na walorach zewnętrznych budynków, a mniejsza uwaga przywiązywana jest do sposobu odpowiedniego jego użytkowania. W celu zmniejszenia wykorzystania energii i rozwoju recyklingu konieczne jest zwracanie na to uwagi zarówno na czasie projektowania obiektu budowlanego, jak i wyboru materiałów. Właściwy dobór technologii oraz materiałów może sprawić, że działanie branży budowlanej będzie umożliwiało łatwiejszą segregację i ponowne wykorzystanie odpadów [6]6, 13].

Wpływ pojedynczego obiektu budowlanego na środowisko naturalne nie jest znaczący, jednak biorąc pod uwagę wszystkie obiekty należy zauważyć, że ich użytkowanie wpływa negatywnie na ekosystem. Sektor budownictwa oddziałuje również na środowisko m.in. podczas pozyskania surowców, produkcji materiałów budowlanych oraz rozbiórki i recyklingu zużytych materiałów (rys. 1).



Rys. 1. Cykl obiegu materiałów budowlanych [32]

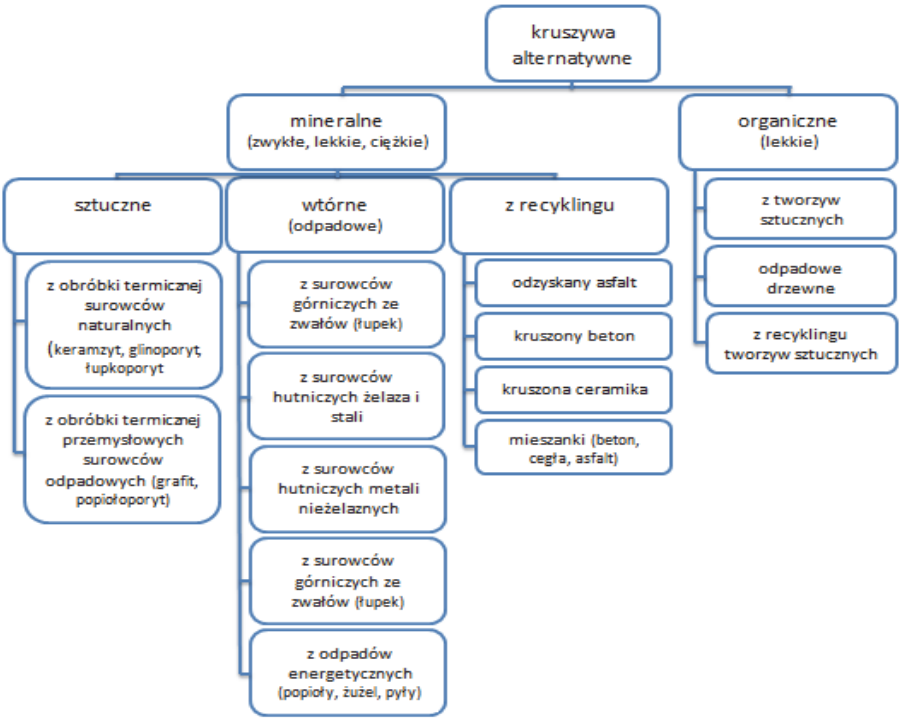
Chęć ograniczenia negatywnego wpływu budownictwa na środowisko wpłynęło na prowadzenie licznych prac w celu ochrony środowiska. Mają one propagować zrównoważony rozwój i ograniczyć zużycie energii. Programami takimi są np. europejska strategia na rzecz energii, strategia dotycząca zrównoważonego wykorzystania zasobów naturalnych czy strategia w sprawie zapobiegania tworzeniu odpadów i ich recyklingu. Pośredni wpływ na środowisko mają także ustawy wymagające wykonywania charakterystyk energetycznych obiektów budowlanych [5]. Wszystkie przepisy mają na celu określenie, racjonalnego i przemyślanego wykorzystania zasobów naturalnych, wykorzystywanie w największym możliwym stopniu nieodnawialnych źródeł energii, propagowanie eliminowania działań szkodliwych dla środowiska i człowieka, a także promowanie działań proekologicznych.

3. WYKORZYSTANIE ODPADÓW Z BUDOWNICTWA

Sektor budownictwa jest gałęzią gospodarki, która wytwarza dużą ilość odpadów bardzo zróżnicowanych pod względem pochodzenia oraz rodzaju materiału. W zależności od rodzaju surowca możliwe są różne sposoby ponownego wykorzystania, odzysku lub recyklingu takiego odpadu.

Odpady kruszywowe z recyklingu

Jako kruszywo z recyklingu określane są kruszywa, które powstały w wyniku przeróbki materiału zastosowanego wcześniej w budownictwie. Najczęściej tego rodzaju odpady wytwarzane są podczas prowadzenia prac budowlanych w tym m.in. robót rozbiórkowych, wyburzeniowych lub przebudowy dróg. Znaczna część pozyskanych w ten sposób kruszyw pozwala na ich zastosowanie w branży budowlanej. Skorzystać z nich można głównie w budownictwie kubaturowym, jak i drogownictwie, a zastosowanie jest uzasadnione ze względów ekologicznych i ekonomicznych. Kruszywa te mogą mieć zbliżone właściwości do kruszyw naturalnych, a zazwyczaj są od nich tańsze. Kruszywa alternatywne pochodzące z recyklingu mogą być kruszywami zarówno mineralnymi, jak i organicznymi (rys. 2).



Rys. 2. Podział kruszyw alternatywnych [34]

W Polsce kruszywa z recyklingu stanowią ok. 15–20% stosowanych kruszyw alternatywnych. Ponownie użyte mogą być materiały pochodzące z rozbiórek np. belki, słupy czy gruz budowlany. Podczas odzyskiwania i przetwarzania materiałów odpadowych wyróżnić można etap rozbiórki ze wstępną selekcją na grupy materiałowe, ogólne rozbijanie dużych elementów, transport gruzu do zakładu zajmującego się przetwarzaniem, wstępne kruszenie i oddzielenie zbrojenia oraz innych zanieczyszczeń, zasadnicze kruszenie i podział kruszywa na frakcje. Do wykorzystania nadają się także kruszywa pochodzące z remontów oraz przebudów torów kolejowych. Po oczyszczeniu kruszyw z recyklingu, wykonaniu badań umożliwiających określenie ich właściwości fizycznych oraz klasyfikacji, mogą one zostać dopuszczone do użycia w procesie budowlanym. Kruszywa spełniające określone wymagania wykorzystywane są głównie do budowy i modernizacji dróg, chodników, ścieżek rowerowych oraz wyrównywania nawierzchni nieposiadających nawierzchni bitumicznych [1, 30, 34].

Materiały z rozbiórek i recyklingu są również materiałem często stosowanym jako dodatek do mieszanek betonowych jako zamiennik części kruszywa naturalnego. Najkorzystniej stosowane do produkcji betonu jest kruszywo z dróg betonowych, które jest dużo czystsze niż gruz rozbiórkowy, który często jest zanieczyszczony, przez co może być konieczne jego oczyszczanie [7]. Do produkcji betonu wykorzystać można także kruszywo pochodzące z odzysku cegieł ceramicznych i stosować przede wszystkim w elementach niekonstrukcyjnych. Przeprowadzane badania wykazały również, że zmielone odpady ceramiczne użyte jako zamiennik piasku i nie wpływają to na utratę wytrzymałości i trwałości betonu [26]. Jako dodatek do betonu, jak wynika z ostatnich badań, stosowane może być również kruszywo pochodzące z ceramiki sanitarnej, tj. umywalki, sedesy czy użytkowej. Betony i zaprawy cementowe z dodatkiem ceramiki mają większą średnią wytrzymałość na ściskanie od betonu z dodatkiem kruszywa naturalnego np. żwiru. Zastosowanie ceramiki sanitarnej nie wpływa na zwiększenie głębokości penetracji wody, ale wpływa na wzrost wytrzymałości materiału, gdyż ziarna o różnej granulacji tworzą szczelny stos okruchowy, prowadząc do klinowania się ziaren. Niezbędnym elementem przed wykorzystaniem kruszywa z recyklingu w praktyce, jest wykonanie szeregu analiz samego kruszywa oraz próbek betonu wykonanego z jego dodatkiem, które potwierdzą możliwość zastosowania określonego materiału odpadowego do mieszanki betonowej. Wykorzystanie kruszyw z recyklingu pozwala na znaczne zmniejszenie ilości zużywanych kruszyw naturalnych, a jednocześnie zmniejsza ilość odpadów zalegających na składowiskach [14-17,21].

Odpady bitumiczne

Kolejnym materiałem odpadowym pochodzącym z sektora budownictwa są zużyte nawierzchnie bitumiczne. Odpady te uzyskiwane są głównie podczas wymiany warstw ścieralnych lub frezowania. Recykling asfaltu polega na prze-

tworzeniu istniejących warstw na nową warstwę konstrukcyjną. Stosowanie w asfaltach destruktu asfaltowego nie wpływa w znaczący sposób na właściwości mechaniczne mieszanek, a wykorzystanie sprzętu najnowszej generacji pozwala na użycie destruktu asfaltowego, bezpośrednio podczas wykonywanych na miejscu prac, z zachowaniem ścisłej kontroli jakości mieszanki. Stosowane mieszanki np. mieszanka mineralno – cementowo – emulsyjna (MCE) pozwalana na użycie nawet 100% starej mieszanki. Składniki mieszane są na miejscu budowy za pomocą recyklera lub w urządzeniach stacjonarnych. Recykler rozdrabnia istniejącą warstwę bitumiczną, a następnie miesza destrukt z emulsją, profiluje i wstępnie zagęszcza mieszankę [10].

Zużyty asfalt zastosować można podczas recyklingu na gorąco w metodzie nazywanej remiksingiem (rys. 3). Uzyskana warstwa charakteryzuje się dobrą przyczepnością do pozostałych warstw nawierzchni drogowej. Proces ten polega na wgłębnym podgrzaniu istniejącej nawierzchni promieniowaniem podczerwonym, następnie spulchnieniu zwykle 3-4 cm warstwy wierzchniej, dodaniu do spulchnionego materiału mieszanki mineralno-bitumicznej i wymieszaniu uzyskanej mieszanki. Na kolejnym etapie następuje rozłożenie jej i zagęszczenie. Wykorzystać można także proces remiksingu plus różniący się od remiksingu tym, że na wykonaną warstwę rozkładana jest dodatkowa cienka, nowa warstwa ścieralna zwykle o grubości 1-2 cm po której zostają zagęszczone obie warstwy. Recykling nawierzchni drogowych pozwala na budowanie dróg na starej podbudowie i zmniejsza ilość powstających odpadów drogowych w pełni, wykorzystując istniejące i nadające się do remontu nawierzchnie drogowe. Stosowanie metod wykorzystujących zużyty materiał bitumiczny bezpośrednio na budowie, pozwala na znaczne ograniczenie kosztów transportu i recyklingu, jednocześnie ograniczając ilość wytwarzanych przy tym spalin i zużywanej energii.

Rys. 3. Zestaw maszyn podczas remiksingu [27]

Odpady styropianowe

Jednym z materiałów, który będzie się pojawiał jako odpad w najbliższej przyszłości w dużych ilościach jest styropian. Polistyren spieniony jest obecnie najczęściej stosowanym materiałem wykorzystywanym do wykonywania termoizolacji przegród budowlanych. W czasie wykonywania termomodernizacji, remontów i rozbiórek powstają duże ilości odpadów polistyrenowych. Jedną z niewielu możliwości zagospodarowania jest uzyskanie ze zużytego polistyrenu ekostyrenu, a następnie produkcja styrobetonu (rys. 4). Może on być zastosowany jako izolacja, wypełniacz konstrukcji lub materiał do ocieplenia ścian pionowych, dachów, stropów i podłóg. Wykorzystywany może także być jako elastyczny podkład szos, dróg, aren sportowych oraz może służyć do izolacja wymienników ciepła i basenów

Z odpadów styropianowych wytwarzany jest także styrozol. Produkt ten jest wykorzystywany w pracach budowlanych jako izolacja wodochronna. Recykling styropianu polega na rozpuszczeniu odpadów polistyrenu rozpuszczalnikami, a następnie poddaniu ich wzbogaceniu plastyfikatorami i napełniaczami, aby uzyskać właściwości wodochronne.

Na rynku surowców wtórnych wykorzystywany jest także regranulat o wielkości od około 2 do 10 mm do zastosowania jako materiał sypki lub wypełniający. Wykorzystać go można jako materiał do izolacji przegród budowlanych np. wypełnienia między belkami stropowymi lub jako materiał dodawany do betonów, czyli tzw. styrobetonów. Zastosowanie odpadów styropianowych do produkcji innych materiałów pozwala na zmniejszenie ilości odpadów spalanych, z których uzyskiwana jest energia cieplna. Nie jest to jednak kaloryczny materiał, a jego opary mogą być szkodliwe dla środowiska naturalnego.

Rys. 4. Posadzka podłogi na gruncie wykonana ze styrobetonu [2]

4. ODPADY Z INNYCH SEKROTÓW GOSPODARKI

Budownictwo pozwala także na zagospodarowanie odpadów pochodzących z innych sektorów gospodarki, tj. górnictwa, przemysłu czy energetyki.

Odpady z przemysłu górniczego

Jednym z sektorów gospodarki, z którego odpady mogą być wykorzystane w budownictwie jest przemysł górniczy. Do wytwarzania materiałów budowlanych np. ceramiki mogą być stosowane odpady górnicze powstałe podczas wydobywania węgla i które nie mają wpływu na właściwości fizyczne wytwarzanych z nich materiałów. Wspólne mielenie gliny i odpadów górniczych powoduje poprawę właściwości oraz istnieje możliwość otrzymania produktów o wysokiej jakości, bez konieczności ponoszenia znacznych kosztów inwestycyjnych. Odpady górnicze z wydobycia węgla podczas suszenia zachowują się jak gliny i mogą być wypalane w tych samych etapach [20].

W drogownictwie wykorzystywane mogą być surowce znajdujące się na hałdach, tj. czarny materiał kopalniany, czarne i szare łupki, łupki przywęglowe, mułowce i piaskowce. Wiele materiałów pochodzących z górnictwa i pozostawionych na hałdach niejednokrotnie ulegało samozapaleniu, podczas którego wytwarzały się przepalone łupki czerwone. W wyniku wysokiej temperatury wytrzymałość łupków na ściskanie uległa zwiększeniu i jednocześnie zmniejszyła się ich wodochłonność. Pozwala to na wykorzystanie ich do wykonania podbudowy pomocniczej w drogownictwie. Ponadto odpady górnicze mogą być stosowane do robót ziemnych, np. na nasypy [32].

Odpady z energetyki

Budownictwo pozwala również na zagospodarowanie odpadów pochodzących z elektrowni i elektrociepłowni. Popioły lotne ze spalania węgla oraz współspalania węgla i biomasy wykorzystywane są m.in. do wytwarzania zestalonych zaczynów popiołów, do nawożenia gleb, utwardzania gruntów, nasypów, zwałowisk, produkcji spoiw bezcementowych jako dodatek aktywny do cementu, betonu, kruszyw lekkich oraz na podbudowy dróg. Popularne jest wykorzystywanie popiołów i żużli do modyfikacji składów cementów, pochodzących ze spalania węgla kamiennego. Wykorzystanie popiołu lotnego pozwala na poprawę urabialności betonu, szczelności, obniżenie ciepła hydratacji, podwyższenie odporności na agresję chemiczną, zwiększenie wytrzymałość betonu w długich okresach, a także obniżenie kosztów produkcji mieszanki betonowej. Popioły lotne oraz żużle są obecnie wykorzystywane do produkcji cementów. Problem w zastosowaniu stwarzają obecnie popioły wytwarzane podczas spalania wyłącznie biomasy. Prowadzone są jednak badania, w celu wykorzystania tych popiołów m.in. do produkcji zapraw cementowych i betonów. Zastosowanie takiego rodzaju popiołów pozwala na zwiększenie średniej wytrzymałości na ściskanie i zmniejszenie spadku wytrzymałości na ściskanie

po badaniach mrozoodporności przy jedynie niewielkim wzroście nasiąkliwości takich materiałów [18, 24].

Odpady szklane

Materiałem pozwalającym na jego recykling jest szkło najczęściej wykorzystywane w formie stłuczki szklanej. Stłuczka może być stosowana ponownie w procesie topienia szkła dzięki czemu możliwe jest zmniejszenie zużycia surowców i energii. Każdy wykorzystany Mg to duża oszczędność surowców, bo o około 800 kg piasku, 250 kg sody, 180 kg mączki wapiennej. Dodatkowo zastosowanie stłuczki pozwala na obniżenie o ok. 1/3 potrzebnego do wytopienia szkła ciepła, a w miarę wzrostu udziału stłuczki spada zużycie ciepła na jednostkę produkcji. Przy topieniu szkła ze stłuczką występują oszczędności energii, gdyż nie jest potrzebna dodatkowa energia do procesów chemicznych przebiegających podczas topienia szkła z zestawu surowcowego. Oszczędność uzyskuje się także przy wydobyciu i przeróbce surowców pierwotnych. Oprócz korzyści ekonomicznych wykorzystanie stłuczki daje także korzyści ekologiczne. Zmniejsza się emisja CO_2 z powodu mniejszego zużycia paliwa oraz surowców i SO_2 dzięki użyciu mniejszej ilości surowców pierwotnych. Dodatkowo podczas procesów przeróbki szkła wytwarzana jest mniejsza ilość Cl, F, pyłów i NO_X. Stłuczka szklana może być wykorzystana także jako grys budowlany, składnik mas ceramicznych, w produkcji porowatych materiałów szklistych i szkłopochodnych [25, 33].

Odpady gumowe

Kolejnym materiałem odpadowym pochodzącym spoza sektora budownictwa jest rozdrobniona guma np. ze zużytych opon samochodowych. Materiał najczęściej stosowany jest w asfaltach i pozwala na modyfikację lepiszcza przez co asfalty uzyskują większą lepkość, zmniejsza się ich temperatura mięknienia i rozszerza zakres plastyczności. Materiał może być dodawany w dwóch metodach. Pierwsza metoda wet polega na dodaniu go do asfaltu i powstania lepiszcza gumowo-asfaltowego, cechującego się lepszym indeksem penetracji oraz polepszeniem właściwości sprężystych. Druga metoda dry polega na wytworzeniu mieszanki mineralno-gumowo-asfaltowej poprzez zastosowanie gumy jako dodatku do kruszywa. W metodzie dry w mieszance mineralno-asfaltowej zamiast części kruszywa stosuje się granulat gumowy, projektując skład mieszanki mineralnej o nieciągłym uziarnieniu. Tak powstałe asfalty charakteryzują się większą odpornością na odkształcenia trwałe w porównaniu z mieszankami tradycyjnym. Na rynku dostępny jest również dodatek „TecRoad" modyfikowany granulatem powstałym ze zużytych opon samochodowych (30-45% gumy), który stosowany jest do budowy asfaltów.

Odpady gumowe nadają się także do modyfikowania mieszanek betonowych. Guma może zostać zastosowana w formie wiórów, jak i włókien, lecz lepszymi właściwościami charakteryzują się betony z dodatkiem włókien. Pro-

ponowane jest wykorzystywanie włókien nie dłuższych jak 50 mm z powodu możliwości ich splątania. Pozytywny wpływ na wytrzymałość i trwałość betonów mają także zawarte w oponach samochodowych kordy stalowe wzmacniające opony. Betony z dodatkiem gumy mają jednak słabsze właściwości od betonów z kruszywem naturalnym przez co nie mogą być stosowane jako materiał konstrukcyjny. Cechują się one niższą gęstością, większą odpornością na uderzenia, większą plastycznością, odpornością na pęknięcia i lepszą izolacyjnością akustyczną, co pozwala stosować je na podjazdy jako materiał podkładowy oraz wypełniający, a także do wyrobu płyt chodnikowych, krawężników czy ścian działowych [28, 31].

5. PODSUMOWANIE

Duża ilość odpadów oraz problemy z ich składowaniem powodują konieczność poszukiwania sposobów ich zagospodarowania. Niektóre materiały odpadowe z sektora budownictwa mogą być wykorzystane ponownie zgodnie z ich pierwotnym przeznaczeniem lub zostać przekazane do wykorzystania w innych sektorach gospodarki. Stosowanie materiałów z recyklingu jest uzasadnione ze względów ekonomicznych, technologicznych, jak i ekologicznych. Ważnym elementem jest zwiększenie wiedzy dotyczącej wpływu budynków na środowisko, podczas planowania inwestycji, jak i ich eksploatacji. Propagowanie metod ekologicznych pozwoli na zwiększenie świadomości obywateli oraz przyczyni się do ograniczenia negatywnego wpływu budownictwa na środowisko. Natomiast prowadzone na szeroką skalę badania i rozwój nowych technologii recyklingu materiałów pozwoli na ograniczenie ilości odpadów budowlanych deponowanych na składowiskach, osiągniecie wymaganego poziomu recyklingu, a przez to zmniejszenia złego wpływu na środowisko naturalne.

LITERATURA

[1] Ajdukiewicz A., Kliszczewicz A., 2009. A. Recykling betonu konstrukcyjnego. Inżynier Budownictwa 2, 65-69.
[2] Akces BK Sp. z o.o. – www.akces.info.pl.
[3] Dz.U. 2013 poz. 21. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach. z poź. zm.
[4] Dz.U. 2014 nr 0 poz. 1923. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów.
[5] Dz.U. 2014 poz. 1200 - Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków.
[6] Dz.U. 2015 poz. 796 - Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 maja 2015 r. w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami.

[7] Dworzańczyk-Krzywiec D., 2011. Wpływ zawartości kruszywa z recyklingu na wybrane właściwości betonów. Budownictwo i Inżynieria Środowiska 2, 229-233.
[8] Dyrektywa Rady Europy 75/442/EWG z dnia 15 lipca 1975 r.
[9] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego I Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy.
[10] Frigio F., Pasquini E., Ferrotti G., Canestrari F., 2013. Improved durability of recycled porous asphalt. Construction and Building Materials 4,8, 755-763.
[11] Główny Urząd Statystyczny. Ochrona Środowiska 2016. www.stat.gov.pl.
[12] Główny Urząd Statystyczny. Mały Rocznik Statystyczny Polski 2017. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.
[13] Golański M., 2011. Recykling materiałów budowlanych. Przegląd budowlany 9, 46-51.
[14] Halicka A., Ogrodnik P., Zegardło B. 2013. Using ceramic sanitary ware waste as concrete aggregate. Construction and Building Materials 48, 295-305.
[15] Jura J., Ulewicz M., 2015. Analiza możliwości wykorzystania ceramiki odpadowej w materiałach budowlanych. [W:] Ekoinnowacje w materiałach i technologiach budowlanych, (red.) M. Ulewicz, J. Selejdak. Wyd. Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej. 146-157.
[16] Jura J., Ulewicz M., 2016. Wpływ dodatku ceramiki użytkowej na właściwości zapraw cementowych. [W:] Budownictwo zrównoważone (red.) K. Pawłowski. Wyd. Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, 151-161.
[17] Jura J., Ulewicz M., 2016. Zastosowanie ceramicznych materiałów odpadowych w zaprawach cementowych. Materiały Budowlane. 12, 22-23.
[18] Jura J., Ulewicz M., 2017. Wpływ bio-popiołów na wybrane właściwości zapraw cementowych. Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska 26, 234-240.
[19] Kozioł W., Ciepliński A., Machniak Ł., Borcz A., 2015. Kruszywa w budownictwie. Cz. 2. Kruszywa alternatywne. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne. Wrzesień-Październik.
[20] Lemeshev V.G., Gubin I.K., Savel'ev Yu.A., Tumanov D.V., Lemeshev D., 2004. Utilization of coal-mining waste in the production of building ceramic materials. Glass and Ceramics 61, 9-10.
[21] Medina C., Sánchez de Rojas M.I., Frías M., 2013. Properties of recycled ceramic aggregate concretes: Water resistance. Cement & Concrete Composites 41, 21-29.
[22] M.P. 2003, nr 11, poz. 159. Uchwała Rady Ministrów Nr 219 z dnia 29 października 2002 r. w sprawie krajowego planu gospodarki odpadami.
[23] M.P. 2016 poz. 784 – Uchwała nr 88 Rady Ministrów z dnia 1 lipca 2016 r. w sprawie Krajowego planu gospodarki odpadami 2022.

[24] Nowak-Michta A., 2012. Wytrzymałość na ściskanie betonów z dodatkiem popiołu lotnego krzemionkowego. Czasopismo Techniczne Politechniki Krakowskiej 1-B/2012, 77-98.
[25] Określenie kryteriów zmniejszania zużycia ciepła w przemyśle szklarskim, oprac. ISiC Oddział w Krakowie, 1992.
[26] Pacheco-Torgal F., Jalali S., 2010. Reusing ceramic wastes in concrete. Construction and Building Materials 24, 832-838.
[27] Pankas – www.pankas.dk.
[28] Piłat J., Radziszewski P., Król J., 2007. Nowe technologie asfaltowe w budownictwie drogowym. Inżynier budownictwa 1, 72-77.
[29] Rozporządzenie (WE) nr 2150/2002 Parlamentu Europejskiego I Rady z dnia 25 listopada 2002 r. w sprawie statystyk odpadów.
[30] Sawicki M., 2007. Recykling materiałów budowlanych. Builder 9, 90-92.
[31] Siddique R., Naik T., 2004. Properties of concrete containing scrap-tire rubber – an overview. Waste Management 24, 563–569.
[32] Sobczyński P., 2011. Recykling a gospodarka kruszywami drogowymi. Kruszywa 4, 20 22.
[33] Sordoń-Kulibaba B., 2008. Zagospodarowanie odpadów szkła i opakowań szklanych. Recykling 3.
[34] Stawicka-Wałkowska M., 2001. Procesy wdrażania zrównoważonego rozwoju w budownictwie. Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej.
[35] Uchwała Rady Ministrów Nr 219 z dnia 29 października 2002 r. w sprawie krajowego planu gospodarki odpadami.
[36] ZSD-Polska. www.zsdpolska.pl.