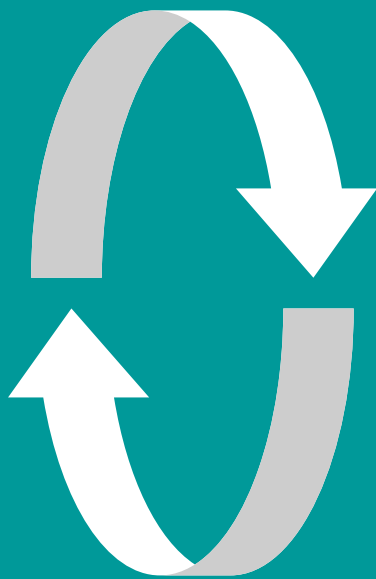




Politechnika Warszawska
Instytut Badań Stosowanych



**MINERAŁY
ANTROPOGENICZNE
A GOSPODARKA
O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM**

Redakcja:

Tomasz Szczygielski

Warszawa, lipiec 2015

SPIS TREŚCI

–	WPROWADZENIE	3
–	SZANSE I ZAGROŻENIA DLA UPS W ASPEKcie STRATEGII UE dr inż. Tomasz Szczygielski – Politechnika Warszawska, IBS CIMA	5
–	WYKORZYSTANIE MINERAŁÓW ANTROPOGENICZNYCH W GOSPODARCE O OBIEGU ZAMKNIĘTYM mgr Dagmara Szczygielska – Politechnika Warszawska, IBS CIMA	17
–	MAPA DROGOWA – Komisja Europejska	33
–	WSKAŹNIKI OBIEGU ZAMKNIĘTEGO Podejście do mierzenia obiegu zamkniętego (ZARYS PROJEKTU)	45
–	WSKAŹNIKI OBIEGU ZAMKNIĘTEGO Podejście do pomiaru obiegu zamkniętego (METODOLOGIA)	57
–	STANOWISKO W SPRAWIE WDRAŻANIA GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM Circular Economy (PROJEKT) dr inż. Tomasz Szczygielski – Politechnika Warszawska, IBS CIMA	151

WPROWADZENIE

Franciscus Cornelis Gerardus Maria Timmermans – holenderski polityk i dyplomata, pierwszy wiceprzewodniczący Komisji Europejskiej, na otwarciu konsultacji wdrażania Circular Economy (CE), gospodarki o obiegu zamkniętym, powiedział: „naszym celem nie jest produkcja ale danie ludziom tego co potrzebują. Problem nie jest określenie gdzie jesteśmy ani dokąd mamy dojść? To jest jasne. Ale jak dojść? ...to jest trudne zadanie dla ekspertów i wielkie wyzwanie dla demokracji. Zmieniać rzeczywistość i nie przegrywać wyborów, to jest wyzwanie dla polityków i rządzących gospodarką. CE jest jasna jako koncepcja, piękna jako wizja i filozofia życia. Pokazuje oczywiste korzyści i oszczędności. Wdrażanie tego to inna, znacznie trudniejsza sprawa. Zapewnienie przyszłym pokoleniom zasobów, wysokiej jakości życia jest wyzwaniem dla nas wszystkich i tylko wspólnie możemy i musimy to zrobić. Zobaczcie KE jako partnera dla tego procesu, dla dzieci i wnuków we wdrażaniu podejścia **„Trash into cash”**”

Karmenu Vella – komisarza ds. środowiska, gospodarki morskiej i rybołówstwa stwierdził, że „Pytaniem nie jest czy wdrażać CE, ale jak? Konsultacje służą temu abyśmy uczyli się od siebie wzajemnie i dali szanse Komisji Europejskiej na zrobienie ambitnego planu CE. Będzie to plan wyzwanie, zmian i szans dla Unii Europejskiej. Musimy być razem i wspólnie tworzyć zrównoważonym rozwój i postęp. Podkreślać się w nim będzie pozytywny aspekt życia i szanse a nie lęki przed zmianami. Raporty Ellen MacArthur Foundation i McKinsey & Company pokazuje jak pracować w obszarze, w który już jest zaangażowanych około 4 mln ludzi. Tworzą nowe miejsca pracy w UE i są liderem tego postępu. Ambitne cele są źródłem energii a do tego potrzebne są polityki krajowe i UE, szczególnie w zakresie mądrego użycia zasobów i przetwarzania odpadów. Potrzebujemy regulacji krajowych i narodowych”

Ellen MacArthur powiedziała, że: „musimy patrzeć na gospodarkę perspektywą 15 i 35 lat. Adoptując główne zasady CE zyskujemy szanse na równowagę i postęp. Na odpady należy patrzeć jak na zasoby. Koszty wdrożenia będą ale stanowiąc będą szanse na innowację i edukację. Sama technologia nas nie obroni. Wdrażanie CE musimy zacząć od projektowania i analiz własnych procesów oraz ich usprawniania. Podstawą będzie współpraca między firmami i krajami aby zmiany miały charakter systemowego wdrażania najlepszych dostępnych rozwiązań. Jest szansa na rozwój gospodarki nawet o 40% w ciągu najbliższych 4 lat”.

Inne głosy mówiły, że Komisja Europejska powinna dla CE promować Zielone zamówienia publiczne i wpłynąć na obniżanie podatku VAT od wykorzystywania surowców wtórnych. Ponadto zmienić dyrektywę o projektowaniu i wspierać innowacje społeczne. Usuwać bariery regulacyjne stworzyć specjalną platforma dla CE. Regulacje powinny być podzielone na horyzontalne oraz system zachęt dla przedsiębiorstw.

Wydaje się więc, że każdy może i powinien, w ramach swoich obowiązków i zainteresowań, być świadomym nadchodzących regulacji i wyrazić swoje stanowisko w ramach procesu konsultacji krajowych i unijnych.

W celu ułatwienia dotarci do dokumentów źródeł i zapoznania się z projektem stanowiska polskiego w zakresie minerałów antropogenicznych, został sporządzony ten raport.

W pierwszej części przedstawia podstawy podejścia gospodarki o obiegu zamkniętym, z przywołaniem dokumentów źródłowych oraz odniesieniami dla ubocznych produktów spalania (UPS). Następnie prezentuje minerały antropogeniczne, ich wytwarzanie i wykorzystywanie jako zasobu z odniesieniem do zasad CE. Pokazuje jak słabo wyglądamy jako kraj na tle innych w Europie w zakresie antropogeniczności gospodarki, szczególnie w obszarze kruszyw. Trzeci materiał przedstawia Mapę Drogową dla wdrażania CE. Kolejny materiał przedstawia zarys Bezodpadowej Energetyki Węglowej, z jej obszarami doskonalenia i szansami na innowacje w energetyce. Kolejny prezentuje wskaźniki CE a następujący po nim Metodologię ich obliczania. Wydaje się, że skupiają się one na produkcji towarów a nie na obszarze, który nas interesuje – minerałów antropogenicznych. W następstwie tego przedstawiamy Założenia do Bezodpadowej Energetyki Węglowej (BEW) oraz propozycję wskaźników dla CE w obszarze wytwarzania i gospodarczego stosowania minerałów antropogenicznych. Raport zamyka projekt stanowiska branż, które wytwarzają minerały antropogeniczne, a więc głównie górnictwa paliw kopalnych i kruszyw oraz energetyki dla CE. Traktujemy go jako wskazanie ważnych obszarów dla skutecznego wdrażania CE i wstęp do merytorycznej dyskusji w tym zakresie.

Składam podziękowania Zbyszkowi Beckerowi za tłumaczenia oryginalnych dokumentów na j. polski oraz współpracę merytoryczną nad BEW, wskaźnikami i projektem stanowiska CE, wszystkim konsultantom, których lista jest długa, Edycie Kryszkiewicz za skład a w szczególności Panu Mirosławowi Niewiadomskiemu za inspirację, wskazywanie sensu przygotowania takiego raportu oraz finansowe wsparcie projektu.

Dziękuję Panu Prof. Januszowi Lewandowskiemu za krytyczne uwagi i wsparcie w pracach nad badaniami i wdrażaniem minerałów antropogenicznych w gospodarce.

Tomasz Szczygielski
Politechnika Warszawska,
Instytut Badań Stosowanych

SZANSE I ZAGROŻENIA DLA UPS W ASPEKTCIE STRATEGII UE

1. CIRCULAR ECONOMY – GOSPODARKA O OBIEGU ZAMKNIĘTYM

Od czasu rewolucji przemysłowej w naszych gospodarkach utrwalił się model wzrostu „weź, wyprodukuj, zużyj i wyrzuć” – model liniowy, oparty na założeniu, że zasoby występują obficie, w dużych ilościach, są dostępne, łatwo pozyskiwalne i można je usunąć niewielkim kosztem. Staje się jednak coraz bardziej oczywiste, że z naszych gospodarek wyciekają cenne materiały i zagraża to konkurencyjności Europy w świecie. Jednym z przykładów są minerały antropogeniczne (MA), pochodzące z energetyki spalającej paliwa kopalne i biomasę, zwane ubocznymi produktami spalania (UPS), które w kraju waloryzowane są w około 30%, a łącznie z wykorzystaniem ich do rekultywacji i uzdatniania terenów – na poziomie około 60% wytwarzanych ilości.

Przechodzenie na gospodarkę o bardziej zamkniętym obiegu jest nieodzowne do realizacji inicjatywy mającej na celu oszczędność zasobów, przewidzianej w ramach strategii „Europa 2020” na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju¹. W przypadku MA będzie to szansa na znalezienie dla nich niemal w całości miejsca w gospodarce, zaspakajając jednocześnie istotną część potrzeb spoiwowych i kruszywowych, bez tworzenia nowych mocy produkcyjnych i zwiększania emisji CO₂.

Systemy gospodarki o obiegu zamkniętym pozwalają zachować możliwie jak najdłuższą wartość dodaną produktów i wyeliminować odpady. Zachowują one zasoby w obrębie gospodarki, kiedy cykl życia produktów zamyka się, pozwalając na ich ponowne, wielokrotne wykorzystanie w sposób produktywny, tworząc w ten sposób kolejną wartość. Przejście na gospodarkę o bardziej zamkniętym obiegu wymaga zmian w każdym ogniwie łańcucha wartości, od fazy projektowania produktu do nowych modeli biznesowych i rynkowych, od nowych sposobów przekształcania odpadów w zasoby do nowych zachowań konsumentów. Wiąże się to z kompletną zmianą systemową oraz innowacjami nie tylko w technologiach, ale również w organizacji, świadomości społecznej, metodach finansowania i polityce. Nawet w gospodarce, która w dużym stopniu opiera się na obiegu zamkniętym, pozostanie pewien element linearności, ponieważ istnieje zapotrzebowanie na zasoby wcześniej nie eksploatowane¹.

Szacuje się, że poprawa oszczędności zasobów w całym łańcuchu wartości może zmniejszyć zapotrzebowanie na nakłady materiałowe o 17–24 % do roku 2030², a lepsze wykorzystanie zasobów może przynieść europejskiemu przemysłowi oszczędności wynoszące łącznie 630 mld EUR rocznie³. Z badań przeprowadzanych na potrzeby biznesu, opierających się na modelowaniu na poziomie produktu, wynika, że podejście oparte na gospodarce o obiegu zamkniętym oferuje duże możliwości

¹ COM (2010) 2020, COM (2011) 21.

² Meyer B. et al (2011) *Macroeconomic modelling of sustainable development and the links between the economy and the environment*. Badanie dla Komisji Europejskiej (DG ds. Środowiska) dostępne na stronie: http://ec.europa.eu/environment/enveco/studies_modelling/pdf/report_macroeconomic.pdf.

³ *Guide to resource efficiency in manufacturing: Experiences from improving resource efficiency in manufacturing companies*. Europe INNOVA (2012).

z oszczędzenia kosztów materiałów przez przemysł UE, a dzięki tworzeniu nowych rynków i nowych produktów oraz wartości dla biznesu, może przyczynić się do wzrostu PKB nawet o 3,9 %⁴.

Europejska platforma ds. efektywnego gospodarowania zasobami⁵, skupiająca wybrane rządy, przedsiębiorstwa i organizacje społeczeństwa obywatelskiego, wezwała do podjęcia działań na rzecz wprowadzenia modelu gospodarki o bardziej zamkniętym obiegu, która w większym stopniu opierałaby się na ponownym wykorzystaniu materiałów i wysokiej jakości recyklingu, a w dużo mniejszym na surowcach pierwotnych.

W *Planie działania na rzecz zasobooszczędnej Europy* z 2011 r.⁶ Komisja zaproponowała ramy działania, uwydatniając konieczność wypracowania zintegrowanego podejścia w wielu różnych obszarach polityki i na wielu poziomach. Podstawowe założenia tego planu rozwinięto w *Siódmym unijnym programie działań w zakresie środowiska*⁷.

Przejście na modele gospodarcze o bardziej zamkniętym obiegu wiąże się z szansą na lepszą przyszłość dla europejskiej gospodarki. Pozwoliłoby to Europie sprostać aktualnym i przyszłym wyzwaniom, związanym z globalną presją na zasoby i z coraz mniejszym bezpieczeństwem dostaw. Wielokrotne przekierowywanie zasobów z powrotem do zastosowania w produkcji, ograniczanie ilości odpadów i zmniejszenie uzależnienia od niepewnych dostaw, to niezawodny sposób na zwiększenie odporności i konkurencyjności gospodarki. Pomagając oddzielić wzrost gospodarczy od wzrostu wykorzystywania zasobów i skutków tego wykorzystywania, podejście takie zapewnia możliwość zrównoważonego i trwałego rozwoju gospodarczego.

W latach 2000–2011 produktywność zasobów w UE wzrosła o 20%, lecz można to przypisać częściowo skutkom recesji. Utrzymanie tej stopy wzrostu zapewniłoby dalszy wzrost o 30 % do 2030 r. oraz wzrost PKB o blisko 1%, prowadząc do stworzenia o ponad dwa miliony miejsc pracy więcej niż w przypadku postępowania według dotychczasowego scenariusza⁸. Podjęcie intensywniejszych wysiłków na rzecz zwiększenia produktywności zasobów jest zgodne z celami unijnej polityki, takimi jak ograniczenie emisji dwutlenku węgla, zwiększenie efektywności energetycznej, zrównoważona reindustrializacja gospodarki UE oraz zagwarantowanie dostępności surowców, przy jednoczesnym ograniczeniu negatywnego oddziaływania na środowisko i emisji gazów cieplarnianych.

2. TWORZENIE SPRZYJAJĄCEJ POLITYKI

Rynki to ważny czynnik stymulujący oszczędność zasobówi gospodarkę o obiegu zamkniętym, ponieważ dla wielu przedsiębiorstw materiały i energia stanowią obecnie główne koszty nakładów. Jednak choć rynki już dążą do zmiany, istnieje szereg barier rynkowych dla sprawnego i skutecznego gospodarowania zasobami. Zapobieganie wytwarzaniu odpadów, ekoprojektowanie, ponowne wykorzystanie odpadów i tym podobne działania mogą przynieść przedsiębiorstwom w UE oszczędności netto sięgające 600 mld EUR lub ok. 8 % rocznego obrotu, prowadząc jednocześnie do ograniczenia łącznych emisji gazów cieplarnianych o 2–4 % rocznie⁹. Jednak aby to umożliwić, należy usunąć bariery rynkowe, utrudniające korzystanie z tych możliwości.

⁴ Ellen MacArthur Foundation (2012) *Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*.

⁵ http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/re_platform/index_en.htm

⁶ COM (2011) 571.

⁷ Dz.U. L 354 z 28.12.2013, s. 171–200.

⁸ *Modelling the Economic and Environmental Impacts of Change in Raw Material Consumption* (2014), Cambridge Econometrics

⁹ *The opportunities to business of improving resource efficiency* (2013), AMEC

Produktywność zasobów może przynieść nie tylko korzyści dla szerokiej gamy sektorów, ale umożliwi również firmom europejskim odniesienie korzyści z szybkiego wzrostu na rynkach przemysłu ekologicznego, które według prognoz mają zwiększyć się dwukrotnie w okresie 2010–2020.

2.1. Projekty i innowacje na rzecz gospodarki o obiegu zamkniętym

Projekty i innowacje z zakresu gospodarki o obiegu zamkniętym zakładają minimalizację odpadów na poziomie projektowania i standardowo obejmują innowacje w całym łańcuchu wartości, a nie tylko rozwiązania na koniec cyklu życia produktu.

Na przykład mogą one uwzględniać:

- ograniczenie ilości materiałów wymaganych do świadczenia konkretnej usługi (ograniczenie wagi),
- przedłużenie okresu użytkowania produktów (trwałość),
- ograniczenie zużycia energii i materiałów na etapach produkcji i użytkowania (efektywność),
- ograniczenie wykorzystania materiałów niebezpiecznych lub trudnych do recyklingu w produktach i procesach produkcji (substytucja),
- stworzenie rynków dla surowców wtórnych w oparciu o normy, zamówienia publiczne itd.,
- projektowanie produktów łatwiejszych do utrzymania, naprawy, modernizacji, przerobienia lub recyklingu (ekoprojekt),
- rozwój koniecznych usług dla konsumentów w danym obszarze (konserwacje/naprawy itd.),
- zachęcanie konsumentów do ograniczania ilości odpadów i wysokiej jakości segregacji oraz wspieranie tych działań,
- zachęcanie do segregacji i stosowanie systemów zbiórki minimalizujących koszty recyklingu oraz ponownego wykorzystania,
- ułatwianie grupowania działań mających na celu zapobieganie przeznaczaniu produktów ubocznych na odpady (symbioza przemysłowa),
- stymulowanie warunków sprzyjających różnicowanym i lepszym wyborom konsumentów za sprawą usług dzierżawy, wynajmu lub współużytkowania, stanowiących alternatywę dla posiadania produktów na własność, przy jednoczesnym zabezpieczeniu interesów konsumentów (pod względem kosztów, ochrony, informacji, warunków umownych, aspektów dotyczących ubezpieczenia itd.).

Ważnym punktem wyjścia jest projektowanie procesów produkcji, produktów oraz usług. Produkty można przeprojektować, wydłużając okres ich użytkowania, zapewniając możliwość naprawy, modernizacji, przerobienia lub ostatecznie recyklingu – zamiast ich wyrzucania. Procesy produkcji można bardziej ukierunkować na ponowne wykorzystanie produktów i surowców oraz uwzględnienie zdolności zasobów naturalnych do odtwarzania się, a innowacyjne modele biznesowe mogą prowadzić do powstawania nowych relacji między przedsiębiorstwami a konsumentami.

Niektóre obszary polityki i instrumenty UE dostarczają już narzędzi oraz środków zachęty sprzyjających modelowi gospodarki o obiegu zamkniętym. Hierarchia postępowania z odpadami, stanowiąca podwaliny naszego prawodawstwa dotyczącego odpadów, prowadzi stopniowo do przyjęcia preferowanych opcji zapobiegania wytwarzaniu odpadów, przygotowywania odpadów do ponownego użycia i recyklingu oraz zniechęca do ich składowania. Polityka w obszarze chemikaliów ukierunkowana jest na stopniowe wycofywanie substancji toksycznych, które budzą poważne obawy. Niektóre środki odnoszące się do ekoprojektu produktów związanych z energią obejmują wymogi

dotyczące trwałości oraz wymogi mające ułatwić recykling. Strategia dotycząca biogospodarki¹⁰ sprzyja zrównoważonemu i zintegrowanemu wykorzystaniu zasobów biologicznych i strumieni odpadów do wytwarzania środków spożywczych, energii i produktów pochodzenia biologicznego. Polityka przeciwdziałania zmianie klimatu oferuje środki zachęcające do oszczędności energii i ograniczania emisji gazów cieplarnianych.

Wspólne i spójne ramy UE na rzecz propagowania gospodarki o obiegu zamkniętym zespółą takie elementy z inicjatywą „Horyzont 2020”, co pozwoli na podjęcie wyzwania, jakim są badania naukowe i innowacje¹¹.

Aby wspierać projekty i innowacje sprzyjające gospodarce o obiegu zamkniętym, Komisja Europejska:

- w ramach programu UE w dziedzinie badań i innowacji („Horyzont 2020”) przedstawi możliwości przejścia na gospodarkę o obiegu zamkniętym na poziomie europejskim za sprawą innowacyjnych projektów na dużą skalę, ukierunkowanych na współpracę w obrębie łańcuchów wartości i między tymi łańcuchami, stymulując rozwój umiejętności oraz wspierając zastosowanie innowacyjnych rozwiązań na rynku,
- zacieśni partnerstwo mające na celu wspieranie polityki w obszarze badań i innowacji ukierunkowanych na gospodarkę o obiegu zamkniętym,
- ułatwi opracowanie modeli o bardziej zamkniętym obiegu dla produktów i usług, również za sprawą spójniejszej polityki dotyczącej produktów, jak również rozszerzy zakres stosowania dyrektywy w sprawie ekoprojektu, przez zwrócenie jeszcze większej uwagi na kryteria dotyczące oszczędności zasobów, w tym dla przyszłych priorytetowych grup produktów uwzględnionych w planie pracy na okres 2015–2017, oraz
- będzie zachęcała do przestrzegania zasady kaskadowości w zrównoważonym wykorzystaniu biomasy, z uwzględnieniem wszystkich sektorów korzystających z biomasy, tak aby można ją było wykorzystywać w sposób możliwie najbardziej zasobooszczędny.

2.2. Wspieranie inwestycji w rozwiązania gospodarki o obiegu zamkniętym

UE i państwa członkowskie powinny zachęcać do inwestowania w innowacje w obszarze gospodarki o obiegu zamkniętym i w przechodzenie na taką gospodarkę oraz, w związku z reformą systemu finansowego, powinny wyeliminować przeszkody, mobilizując większe nakłady finansowe na oszczędność zasobów ze strony podmiotów sektora prywatnego. W swoim niedawnym wniosku w sprawie ujawniania informacji niefinansowych¹² oraz w komunikatach w sprawie finansowania długoterminowego¹³ i w sprawie działalności instytucji pracowniczych programów emerytalnych¹⁴ Komisja dokonała integracji wymogów dotyczących ujawniania stosownych informacji o środowisku

¹⁰ COM (2012) 60.

¹¹ Zob. załącznik do niniejszego komunikatu.

¹² COM (2013) 207.

¹³ COM (2014) 168.

¹⁴ COM (2014) 167.

inwestorom lub uwzględniania ryzyka inwestycyjnego związanego z niedoborem zasobów i zmianą klimatu.

Do realizacji celów gospodarki o obiegu zamkniętym aktywnie przyczynia się partnerstwo publiczno-prywatne SPIRE (zrównoważone procesy przemysłowe dzięki efektywnemu gospodarowaniu zasobami i większej efektywności energetycznej).

2.3. Wykorzystanie działań przedsiębiorstw i konsumentów oraz wspieranie MŚP

Kluczową rolę w procesie przechodzenia na gospodarkę o bardziej zamkniętym obiegu odgrywają przedsiębiorstwa i konsumenci. Należy zapewnić większą spójność decyzji podejmowanych na wyższym i niższym szczeblu łańcucha wartości, dostarczając spójnych zachęt producentom, inwestorom, dystrybutorom, konsumentom i podmiotom zajmującym się recyklingiem, jak również zapewniając uczciwy podział kosztów i korzyści. Aby zapewnić podział i wykorzystanie zasobów w możliwie najbardziej efektywny sposób, należy zastosować mechanizmy rynkowe, eliminując wszelkie niedoskonałości rynku i wąskie gardła dla innowacji. Należy rozwijać funkcjonujące już rynki surowców wtórnych. Szczególną uwagę należy zwrócić na stworzenie przedsiębiorcom możliwości wejścia na potencjalne nowe rynki związane z gospodarką o obiegu zamkniętym, zapewniając równocześnie obecność na rynku pracy potencjalnych pracowników o koniecznym zasobie umiejętności. Konsumentom należy stworzyć możliwości dokonywania świadomych wyborów poprzez lepsze informowanie o ekologicznych aspektach różnych produktów.

Europejska Platforma Efektywnego Gospodarowania zasobami wskazała¹⁵ znaczne możliwości dla przedsiębiorstw na różnych etapach „obiegu”, polegające na ponownym wprowadzaniu materiałów do procesów produkcyjnych, do różnych segmentów pierwotnego łańcucha dostaw lub do innych łańcuchów dostaw. Możliwości te zidentyfikowano na podstawie doświadczeń wyniesionych z udanych inicjatyw, które można zastosować na większą skalę oraz w szerszym wymiarze i które obejmują:

1. na etapie produkcji – zrównoważone środowiskowo standardy wyboru dostawców, dobrowolne systemy w sektorach przemysłu i wśród sprzedawców detalicznych oraz symbioza przemysłowa w celu stworzenia rynków produktów ubocznych,
2. na etapie dystrybucji – lepsze informacje na temat zasobów zawartych w produktach oraz sposobu naprawy lub recyklingu tych produktów, określane w zaleceniach platformy jako „paszport produktu”,
3. na etapie konsumpcji – modele konsumpcji współdzielonej, opierające się na pożyczaniu, wymianie, zamianie i wynajmowaniu produktów oraz na systemach produktowo-usługowych w celu uzyskania większej wartości z niedostatecznie wykorzystanych aktywów lub zasobów.

Etap pilotażowy oznaczania śladu węglowego, określony w komunikacie Komisji *Tworzenie jednolitego rynku dla produktów ekologicznych*¹⁶, polega na współpracy zainteresowanych stron w celu opracowania wspólnego, uzgodnionego sposobu pomiaru śladu węglowego produktów i organizacji. Po zakończeniu etapu pilotażowego Komisja oceni, czy metody te są na tyle skuteczne, aby można je

¹⁵ http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/documents/erep_manifesto_and_policy_recommendations_31-03-2014.pdf.

¹⁶ COM (2013) 196 i zalecenie Komisji 2013/179/UE.

było stosować w istniejących lub nowych instrumentach w celu zwiększenia wskaźnika efektywności środowiskowej produktów.

Dla wybranych produktów wytwarzanych na bazie minerałów antropogenicznych z energetyki dowód taki przeprowadzono w pojęciu TEFRA (2008–2012), w którym wykazano ślad węglowy i oszczędności emisji CO₂, jakie z tego wynikają.

Komisja Europejska zachęca do intensyfikacji działań w zakresie tworzenia warunków równych szans dla istniejących i nowych przedsiębiorstw, umożliwiając im dostosowanie się do globalnych trendów w zakresie zasobów. Mobilizuje do nagradzania najlepszych przedsiębiorstw, zachęcając nowych przedsiębiorców do opracowywania rozwiązań biznesowych dnia jutrzejszego i ich sprawdzenia na rynku oraz dostarczając wiarygodnych informacji konsumentom. Multilateralny proces, zapoczątkowany w kontekście Europejskiego programu na rzecz konsumentów¹⁷, uwydatnił zapotrzebowanie na skuteczne narzędzia ochrony konsumentów przed wprowadzającymi w błąd twierdzeniami dotyczącymi ekologiczności produktu.

Aby przemiana była skuteczna i sprzyjała tworzeniu miejsc pracy, pracownicy muszą posiadać stosowne umiejętności¹⁸. Ramy ułatwiające odblokowanie możliwości w obszarze tworzenia miejsc pracy w gospodarce o obiegu zamkniętym i w większym stopniu zasobooszczędnej stwarza *Komunikat w sprawie zielonego zatrudnienia*¹⁹. Ważną rolę w wypracowaniu ukierunkowanego i skoordynowanego wsparcia w formie inwestycji, infrastruktury, technologii i umiejętności, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb MŚP, odgrywają władze krajowe, regionalne i lokalne oraz partnerzy społeczni. Korzystając ze swojej pozycji, mogą one także ułatwić zmianę preferencji konsumentów na rzecz bardziej zrównoważonych produktów i usług i stymulować zmianę zachowań.

Wydaje się, że w przypadku MA pochodzących z energetyki zrobiono wiele dla popularyzacji produktów na ich bazie, ale nie wolno ustawać w komunikacji społecznej w tym zakresie. Jest wiele dowodów na to, że nie tylko zwykły obywatel ma błędne wyobrażenie o tych substancjach, ale nawet wysocy urzędnicy i pracownicy wyższych uczelni. To nie własności minerałów z energetyki a niekompetentny człowiek na drodze tych minerałów do właściwego miejsca w gospodarce, stanowi przeszkodę.

3. MODERNIZACJA POLITYKI DOTYCZĄCEJ ODPADÓW I JEJ CELÓW: WYKORZYSTANIE ODPADÓW W CHARAKTERZE ZASOBÓW

Przekształcanie odpadów w zasoby to element procesu zamykania obiegu w systemach gospodarki o systemie zamkniętym. Cele i wartości docelowe określone w prawodawstwie europejskim stanowią podstawowe czynniki warunkujące lepsze gospodarowanie odpadami: stymulują innowacje w zakresie recyklingu i ponownego wykorzystania, ograniczają ilość składowanych odpadów, zmniejszają straty w zasobach oraz dostarczają środków zachęcających do zmiany zachowań. Cały czas jednak wytwarzamy w UE średnio około pięciu ton odpadów na osobę rocznie i zaledwie niewiele więcej niż jedna trzecia z tej ogromnej ilości jest rzeczywiście poddawana recyklingowi.

¹⁷ COM (2012) 225.

¹⁸ COM (2012) 173.

¹⁹ COM (2014) 446.

Unia Europejska wyznaczyła sobie zobowiązanie polityczne²⁰ do ograniczenia ilości wytwarzanych odpadów, poddawania odpadów recyklingowi w celu zapewnienia Unii ważnego i solidnego źródła surowców, odzyskiwania energii z materiałów nie podlegających recyklingowi oraz praktycznego wyeliminowania składowania na składowiskach. Dalszy rozwój polityki dotyczącej odpadów może przynieść znaczne korzyści, przy stosunkowo niskich kosztach, w zakresie wzrostu gospodarczego i tworzenia miejsc pracy, przyczyniając się również do poprawy stanu środowiska. Jeśli chodzi o rynki światowe, oczekuje się, że ambitna polityka dotycząca odpadów będzie stymulowała innowacje i pomoże przedsiębiorstwom z UE zwiększyć konkurencyjność w zakresie usług gospodarowania odpadami, jak również zaowocuje nowymi szansami na rynku dla eksporterów z UE.

W zakresie MA dowody na ich przydatność w gospodarce prezentowane są od ponad pół wieku. Nie tylko wytwórcy cementu i betonu, ale także drogownictwo i budownictwo inżynierskie są stałymi odbiorcami coraz szerszej gamy produktów na ich bazie. Wydaje się, że niebawem nowe obszary zastosowań MA, będące obecnie w fazie badawczej czy wdrożeń półtechnicznych jak sorbenty i zeolity, będą miały szanse na szersze wejście do praktyki gospodarczej.

3.1. Określenie wartości docelowych dla odpadów z myślą o urzeczywistnieniu „społeczeństwa recyklingu”

Europa poczyniła znaczne postępy w zakresie przekształcania odpadów w zasoby i propagowania zrównoważonych sposobów gospodarowania odpadami, takich jak recykling. Między poszczególnymi państwami członkowskimi występują jednak znaczne różnice pod względem efektywności. Sześć z nich zdołało już skutecznie zlikwidować składowanie odpadów komunalnych, odnotowując w ciągu ostatnich 20 lat spadek z 90% do poniżej 5% i osiągając współczynniki recyklingu w niektórych regionach na poziomie 85%. W innych państwach ponad 90% odpadów nadal podlega składowaniu, a mniej niż 5% jest poddawanych recyklingowi.

Aby przywrócić gospodarce surowce wtórne uzyskane z takich materiałów jak tworzywa sztuczne, szkło, metale, papier, drewno, guma i inne materiały podlegające recyklingowi po konkurencyjnych cenach, konieczne są zdecydowane sygnały ze strony polityki, pozwalające zapewnić w dłuższej perspektywie czasowej przewidywalność inwestycji i zmian. Przewidywalność taką zapewni ustalenie wartości docelowych dla recyklingu do roku 2030. Selektywna zbiórka u źródła z solidnymi metodami obliczania współczynników recyklingu zaowocuje wysoką jakością recyklingu i przyczyni się do rozwoju rynków dla dostaw wysokiej jakości surowców wtórnych. W tym celu należy doprecyzować obecną metodę pomiaru, co rzeczywiście poddaje się recyklingowi, ponieważ obecnie niektóre państwa członkowskie zgłaszają odpady gromadzone jako odpady poddane recyklingowi, mimo znacznych strat materiałowych między tymi etapami. Od roku 2025 należy wprowadzić zakaz składowania wszelkich odpadów nadających się do recyklingu. Państwa członkowskie powinny dążyć do faktycznego wyeliminowania składowania odpadów do roku 2030. Ważną rolę, jeśli chodzi o odpady nie nadające się do ponownego wykorzystania i recyklingu, będzie pełniło odzyskiwanie energii, w tym odzyskiwanie energii z odpadów, jak również zastosowanie biopaliw. Będzie to wymagało efektywniejszego wykorzystania nierówno rozłożonego w UE potencjału w zakresie odzysku energii, w połączeniu ze środkami zapobiegającymi nadmiernym mocom produkcyjnym.

Niestety, wśród priorytetów KE nie widać minerałów antropogenicznych (MA) z energeyki. Wydaje się, że brak procedur i wytycznych z KE do zmiany statusu odpadu dla UPS może być poważną barierą w traktowaniu składowisk UPS jako łatwo dostępnych zasobów minerałów antropogenicznych. Wydaje się, że bez oczekiwania na rozwiązania unijne powinniśmy, wspólnie z Ministerstwem Środowiska, wypracować i wdrożyć krajowe procedury w zakresie ustania statusu odpadu dla MA. Krajowe doświadczenie w stosowaniu popiołów ze składowisk, w tym przeprowadzanie procedur

²⁰ Siódmy unijny program działań w zakresie środowiska.

urzędowych związanych z ich wydobywaniem i przetwarzaniem do produktów może być solidną podstawą w tym zakresie.

Pomyślne wdrożenie powyższych celów może doprowadzić do stworzenia w UE do 2030 r. ponad 180 000 miejsc pracy, bezpośrednio związanych z ich realizacją, nie licząc ok. 400 000 miejsc pracy, które powstaną za sprawą wdrożenia obowiązującego prawodawstwa dotyczącego odpadów²¹. Działania te pozwolą zaspokoić od 10 do 40 % popytu na surowce w UE, jednocześnie przyczyniając się do realizacji wyznaczonego na 2030 r. celu, jakim jest ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o 40 %, czyli wyeliminowanie w 2030 r. 62 Mt ekwiwalentu CO₂ w skali roku.

Aby zwiększyć korzyści gospodarcze, społeczne i środowiskowe płynące z lepszego gospodarowania odpadami komunalnymi, Komisja proponuje:

- zwiększyć ponowne wykorzystanie i recykling odpadów komunalnych do co najmniej 70 % do 2030 r.,
- zwiększyć współczynnik recyklingu odpadów opakowaniowych do 80 % do 2030 r., wyznaczając pośrednie cele na poziomie 60 % do roku 2020 i 70 % do roku 2025, w tym cele dla konkretnych materiałów,
- od 2025 r. zakazać składowania podlegających recyklingowi tworzyw sztucznych, metali, szkła, papieru i tektury oraz odpadów ulegających biodegradacji, przy czym państwa członkowskie powinny dążyć do praktycznego wyeliminowania składowania do roku 2030²²,
- nadal wspierać rozwój rynków dla surowców wtórnych wysokiej jakości, m.in. poprzez ocenę wartości dodanej kryteriów utraty statusu odpadu dla poszczególnych materiałów,
- doprecyzować metodę obliczeniową dla materiałów poddawanych recyklingowi w celu zapewnienia wysokiej jakości recyklingu.

3.2. Uproszczenie i lepsze wdrożenie prawodawstwa dotyczącego odpadów

Wyznaczone cele pozostawiają państwom członkowskim swobodę w kwestii decydowania o sposobach ich realizacji. Istnieją jednak znaczne możliwości dalszego uproszczenia i lepszego wdrożenia prawodawstwa dotyczącego odpadów na poziomie krajowym oraz zmniejszenia występujących obecnie dysproporcji.

W 2012 r. Komisja opracowała tablicę wyników gospodarowania odpadami oraz plany działania ze szczególnymi zaleceniami dla państw członkowskich osiągających najłabsze wyniki. Komisja nadal będzie zwracała szczególną uwagę na państwa członkowskie, którym najdalej do realizacji celów, dążąc, wspólnie z tymi państwami, do wyeliminowania słabych stron już na wczesnym etapie.

Swojej skuteczności w usprawnieniu gospodarowania odpadami na poziomie krajowym dowiodły środki ekonomiczne, zwłaszcza za sprawą podatków od składowania i spalania, systemów opłat proporcjonalnych do ilości wyrzucanych odpadów i systemów rozszerzonej odpowiedzialności

²¹ SWD (2014) 207.

²² Pewna część odpadów resztkowych nie może być odzyskana i dlatego może być kierowana na składowiska, ponieważ obecnie nie jest dostępna alternatywna opcja przetwarzania. Wielkość ta byłaby ograniczona do maksymalnie 5%.

producenta czy środków zachęcających władze lokalne do propagowania zapobiegania wytwarzaniu odpadów, ponownego ich wykorzystania i recyklingu. Skuteczne okazały się również zakazy składowania. Ustalenie minimalnych wymogów w odniesieniu do systemów odpowiedzialności producenta na poziomie UE pomoże zmniejszyć koszty i wyeliminować przeszkody, z którymi borykają się producenci zobowiązani dostosować się do kilku krajowych systemów w UE.

W przypadku energetyki składowanie MA będzie coraz droższe, aż ostatecznie zostanie wyeliminowane. Nowe bloki energetyczne, jak np. elektrownia Północ, o ile mi wiadomo uzyskują pozwolenia na budowę pod warunkiem pełnego zagospodarowania całości wypadu MA.

Fundusze europejskie mogą wspomóc państwa członkowskie w dążeniu do zintegrowanego gospodarowania odpadami, w tym do zapewnienia infrastruktury na potrzeby selektywnej zbiórki, ponownego wykorzystania i recyklingu odpadów. KE stoi na stanowisku, że w przyszłości nie należy wspierać składowania lub samego spalania odpadów.

Możliwie najlepsze wykorzystanie dostępnych zdolności w obszarze gospodarowania odpadami w UE wymaga lepszego planowania i wymiany informacji oraz może wiązać się z przemieszczaniem większej ilości odpadów w UE w związku z ich transportem do najnowocześniejszych i efektywnych instalacji, przynajmniej przez pewien czas, w okresie przejściowym.

Nadal zachodzi konieczność usprawnienia i ułatwienia procesu gromadzenia danych na poziomie krajowym oraz sprawozdawczości, jak również zwiększenia wiarygodności i spójności danych w całej UE. Przyjęcie wspólnych wskaźników ułatwi lepsze monitorowanie i analizę porównawczą wyników państw członkowskich²³.

Działania mające na celu dalsze uproszczenie dorobku w dziedzinie odpadów oraz zapewnienie efektywności i skuteczności, będą bazować na dotychczasowych wysiłkach podejmowanych w celu zmniejszenia kosztów administracyjnych polityki gospodarowania odpadami, np. przez zwolnienia dla niektórych MŚP z obowiązków w zakresie odbioru, lub wysiłkach na rzecz wdrożenia obowiązkowej elektronicznej wymiany danych dotyczących przemieszczania odpadów.

3.3. Rozwiązanie szczególnych problemów związanych z odpadami

Niektóre szczególne problemy dotyczące odpadów, związane ze znaczną utratą zasobów lub wpływem na środowisko, wymagają opracowania specjalnych rozwiązań.

Zapobieganie powstawaniu odpadów. Pierwszorzędne znaczenie na wszystkich etapach gospodarki o obiegu zamkniętym należy nadać dążeniom do wytwarzania mniejszej ilości odpadów. Spełniając wymóg dyrektywy ramowej dotyczącej odpadów, państwa członkowskie przyjęły ostatnio programy zapobiegania powstawaniu odpadów, które aktualnie są poddawane przeglądowi przez Europejską Agencję Środowiska. W następstwie ich oceny Komisja opracuje inicjatywy propagujące dobre praktyki w obszarze zapobiegania powstawaniu odpadów w UE.

Odpady z budowy i rozbiórki. Rynki dla materiałów pochodzących z recyklingu mają zasadnicze znaczenie dla podniesienia współczynnika recyklingu. Projekt na rzecz lepszego gospodarowania odpadami z budowy i rozbiórki, zwiększenia ilości materiałów nadających się do recyklingu oraz materiałów pochodzących z recyklingu w materiałach budowlanych zostanie uwzględniony w ramach

²³ Dopuszcza się np. cztery metody obliczeń wartości docelowej recyklingu odpadów komunalnych. Wyniki mogą się znacznie różnić (o ok. 20%), zależnie od wybranej metody.

dotyczących oceny efektywności środowiskowej budynków, jak określono w komunikacie Komisji w sprawie *możliwości efektywnego gospodarowania zasobami w sektorze budowlanym*²⁴.

Ponadto, w ramach proponowanego mechanizmu wczesnego ostrzegania, wyniki państw członkowskich będą monitorowane pod kątem realizacji celu zakładającego recykling na poziomie 70% do 2020 r., wprowadzone zostaną wyższe opłaty za składowanie odpadów z budowy i rozbiórki lub dodatkowe obowiązki związane z segregowaniem odpadów w miejscach większych robót rozbiórkowych, w celu poprawy jakości recyklatów.

Recykling surowców krytycznych. Chociaż wszystkie surowce są ważne, na szczególną uwagę zasługują surowce krytyczne, ponieważ ich światowa produkcja koncentruje się w kilku krajach i wiele z tych surowców charakteryzuje niska substytucyjność oraz niskie współczynniki recyklingu. Komisja propaguje efektywne korzystanie z surowców krytycznych i ich recykling w ramach inicjatywy na rzecz surowców²⁵ oraz europejskiego partnerstwa innowacji w dziedzinie surowców.

W związku z powyższym należy spodziewać się poważnych restrykcji związanych ze składowaniem popiołów z energetyki. Wydaje się, że pierwszym krokiem będzie poważny wzrost opłat za ich składowanie. Kolejnym może być rozdzielnie ich statusu na nie będącym niebezpiecznym jeśli jest na bieżąco zagospodarowywany i niebezpiecznym jeśli jest składowany, jak w niektórych krajach na świecie aż po wprowadzanie ograniczeń ilościowych, poziomów recyklingu, jak dla wyżej wymienionych grup odpadów.

4. USTALENIE CELU W ZAKRESIE ZASOBOOSZCZĘDNOŚCI

W siódmym unijnym programie działań w zakresie środowiska państwa członkowskie i Parlament Europejski uzgodniły, że Unia Europejska powinna ustalić wskaźniki i cele dla zasobooszczędności i ocenić, czy główny wskaźnik i cel należałoby uwzględnić w europejskim semestrze. Po szerokich konsultacjach jako cel w zakresie produktywności zasobów zaproponowano produktywność zasobów mierzoną stosunkiem PKB do zużycia surowców²⁶.

Realistyczny cel w zakresie zwiększenia produktywności zasobów, zatwierdzony przez UE oraz państwa członkowskie, skupiłby uwagę polityczną oraz pozwolił na wykorzystanie obecnie nie dostrzeganego potencjału gospodarki o obiegu zamkniętym do tworzenia zrównoważonego wzrostu gospodarczego i zwiększenia liczby miejsc pracy oraz do zwiększenia spójności polityki UE. Byłby to proporcjonalny sposób na zapewnienie spójności i zachęty do działań.

Według prognoz opierających się na dotychczasowym scenariuszu postępowania Unia Europejska odnotuje wzrost produktywności zasobów o 15% w okresie od 2014 do 2030 r. Wzrost ten można byłoby podwoić przy pomocy inteligentnej polityki, mającej na celu propagowanie przejścia na gospodarkę o obiegu zamkniętym, do której wzywa Europejska Platforma Efektywnego Gospodarowania Zasobami. Oprócz znacznego wkładu w zrównoważenie wzrostu gospodarczego, zwiększenie produktywności zasobów o 30% pozytywnie wpłynęłoby na tworzenie miejsc pracy i wzrost PKB²⁷.

²⁴ COM (2014) 445.

²⁵ COM (2011) 25.

²⁶ RMC to złożony wskaźnik pomiaru (w tonach) wszystkich zasobów surowcowych zużytych w gospodarce, z uwzględnieniem zużytych zasobów zawartych w towarach importowanych. Wskaźnik taki jest obecnie dostępny dla UE i niektórych państw członkowskich. Kraje, dla których wskaźnik RMC nie jest dostępny, mogą korzystać ze wskaźnika krajowej konsumpcji surowców.

²⁷ SWD (2014) 211.

Przemysł skorzystałby na tej poprawie produktywności zasobów, zwiększając swoją konkurencyjność²⁸. Koszty zasobów mogą stanowić istotną część całej struktury kosztów w przemyśle; istotna jest też dostępność i przewidywalność dostaw²⁹. Pojawiłyby się zarówno natychmiastowe korzyści finansowe, jak i bardziej długofalowe korzyści strategiczne, gdyż rosnący globalny popyt przyspiesza wzrost cen zasobów oraz zwiększa zmienność tych cen. Zwiększenie oszczędności zasobów pomoże zatem Europie w osiągnięciu celu, jakim jest reindustrializacja.

5. PODSUMOWANIE

1. Powyższy materiał, w zasadniczej części będący komunikatem Komisji Europejskiej do Parlamentu Europejskiego i Rady oraz Komitetów: *Ku gospodarce o obiegu zamkniętym: Program „zero odpadów” dla Europy* z lipca 2014, jest posumowaniem szerokich badań i opracowań przeprowadzonych w Europie w ostatnich latach w tym zakresie. Jednoznacznie wskazuje na szanse w popularyzacji i rozszerzaniu gospodarczego wykorzystania minerałów antropogenicznych pochodzących z energetyki.
2. Nie ulega wątpliwości, że opisane trendy gospodarcze będą jedną z dominant w jej rozwoju przez najbliższe lata. Działania, jakie prowadzimy w Polsce od ponad pół wieku w obszarze UPS, zapoczątkowane badaniami i wdrożeniami prof. Jana Pachowskiego i dr inż. Jana Hyncara, były i są w pełni zgodne z tymi tendencjami. Ukazują także dystans, jaki dzieli prognostów i badaczy od normalizatorów i działaczy sceny politycznej, we wdrażaniu dobrego prawa.
3. Zielone zamówienia publiczne i realne wdrożenie w życie gospodarcze przez Rząd RP zapisów Ustawy o Odpadach i innych regulacji w tym obszarze, w tym *Pierwszeństwa dla Wtórnych i Zielonej Geotachniki*, jest kluczowe dla osiągnięcia pełnego wykorzystania minerałów antropogenicznych z energetyki przez gospodarkę.
4. Zagrożeniem dla skorzystania z dobrodziejstw gospodarki o obiegu zamkniętym może być brak skoordynowanych działań w tym zakresie. Brak wizji i uzgodnionego przez środowisko odpowiedzialne za gospodarkę UPS wspólnego stanowiska może spowodować, że inne działy gospodarki uzyskają priorytet oraz szersze wsparcie w tym zakresie.
5. Bezodpadowa Energetyka Węglowa (BEW) jest spójną i otwartą propozycją działań, w które mogą i powinni włączyć się ci wszyscy, którzy są innowacyjni na etapie modyfikacji procesów wytwarzania UPS, projektowania wyrobów na ich bazie i technologii ich stosowania, aby wspólnie wnieść wartość dodaną do zamiany szarego na zielone.

²⁸ Zainteresowane strony preferują RMC jako wskaźnik pomiaru zużytych zasobów, ponieważ ujmuje on zużycie zasobów związane zarówno z produktami importowanymi, jak i wytwarzanymi w kraju, umożliwiając tym samym sprawiedliwe porównanie efektywności korzystania z zasobów dla tych produktów.

²⁹ Opracowane w ostatnim okresie badania dotyczące przemysłu stalowego i aluminiowego pokazują, że koszt surowców stanowi od 30 do 40 proc. całej struktury kosztów w tych branżach i jest większy niż np. koszt pracy.

WYKORZYSTANIE MINERAŁÓW ANTROPOGENICZNYCH W GOSPODARCE O OBIEGU ZAMKNIĘTYM

W artykule przedstawiono rozwiązania, dzięki którym, w obliczu odejścia od dotychczasowego modelu gospodarki linearnej opierającego się na zasadzie „weź, wyprodukuj, zużyj i wyrzuć”, możliwa będzie transformacja krajowych modeli gospodarczych w kierunku koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym (*ang. circular economy*). System gospodarki o obiegu zamkniętym ma na celu zachować wartość dodaną zasobów w obrębie gospodarki między innymi poprzez ich ponowne wykorzystanie w sposób produktywny, eliminując tym samym odpady. Nowy model gospodarczy wymaga wprowadzenia mechanizmów zamkniętego obiegu w każdym ogniwie łańcucha wartości: w fazie projektowania, tworzenia modeli biznesowych i rynkowych, wyborów konsumpcyjnych, zapobiegania powstawaniu odpadów oraz efektywnego sposobu ich zagospodarowania – w tym kontekście – przedstawiono w jaki sposób efektywne zagospodarowanie minerałów antropogenicznych (MA), które powstają każdego roku w warunkach polskiej energetyki węglowej oraz innych gałęziach przemysłu w ilościach milionów ton mogą spełniać założenia koncepcji [1].

1. ŹRÓDŁA MINERAŁÓW ANTROPOGENICZNYCH

Podstawowym źródłem energii elektrycznej i ciepłej w Polsce jest spalanie węgla kamiennego i brunatnego (84%, 2013 rok), udział pozostałych nośników jest nieznaczący [2]. Węgiel to zasób, który nadal będzie dominował w miksie energetycznym Polski stanowiąc dla nas główne źródło energii, co sprawia, że Polska w dobie prowadzonej przez Unię Europejską polityki pro ekologicznej stoi przed ogromnym wyzwaniem emisyjnym. Takie realia nie są spowodowane brakiem chęci w dążeniu do rozwijania produkcji energii ze źródeł odnawialnych ale troską o konkurencyjność rodzimej gospodarki. W procesie termicznego przekształcenia tych surowców, a dokładnie zawartej w nim materii organicznej obok powstających gazów, tworzone są bezpostaciowe tlenki nieorganiczne, stanowiące minerały antropogeniczne, zwane także ubocznymi produktami spalania (UPS) [3]. Zaliczamy do nich m.in.: popioły lotne z węgla, żużle, popioły paleniskowe i pyły z kotłów, popioły lotne z kotłów fluidalnych, popioły denne z kotłów fluidalnych, mieszanki popiołowo – żużlowe, gips poreakcyjny, produkty odsiarczania spalin, mikrosfery [4]. Wytwarzane uboczne produkty spalania, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 roku w sprawie Katalogu Odpadów, zaliczane są do odpadów grupy 10 – „Odpady z procesów termicznych”, podgrupy 01 – „Odpady z elektrowni i innych zakładów energetycznego spalania paliw” [4]. Jako produkty wytwarzane są: gips, który jest produktem odsiarczania spalin metodą wapienno gipsową oraz popiół lotny wykorzystywany w przemyśle jako dodatek do betonu [5].

Kody klasyfikacyjne UPS wg Katalogu odpadów:

- 10 01 01** – żużle, popioły paleniskowe i pyły z kotłów,
- 10 01 02** – popioły lotne z węgla,
- 10 01 05** – stałe odpady z wapniowych metod odsiarczania spalin,
- 10 01 07** – produkty z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych odprowadzane w postaci szlamu,
- 10 01 15** – popioły paleniskowe, żużle i pyły z kotłów ze współspalania inne niż wymienione w 10 01 14,
- 10 01 17** – popioły lotne ze współspalania inne niż wymienione w 10 01 16,
- 10 01 24** – piaski ze złóż fluidalnych (z wyłączeniem 10 01 82),
- 10 01 80** – mieszanki popiołowo – żużlowe z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych,
- 10 01 81** – mikrosfery z popiołów lotnych,
- 10 01 82** – mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych (metody suche i półsuche odsiarczania spalin oraz spalanie w złożu fluidalnym) [4].

Na energetykę węglową nakładane są obciążenia związane ze zmianami klimatu i degradacją środowiska. Emisje związane z procesem pozyskiwania energii z węgla są niepodważalnym faktem, niemniej jednak wskazane jest przeanalizowanie zalet funkcjonowania energetyki węglowej jako źródła minerałów antropogenicznych. Węgiel, surowiec z jakiego powstają to organiczne paliwo kopalne wydobywane przez człowieka dla jego wartości energetycznej, jest tworem osadowym utworzonym pod wpływem procesów geologicznych przemieniających pozostałości roślin i zwierząt w złoża węglowe. Pochodzą one głównie z okresu karbońskiego, proces ich formowania miał miejsce około 285 a 360 milionów lat temu. Węgiel składa się ze składnika organicznego – pierwiastkowego węgla oraz towarzyszącej mu materii mineralnej (skały płonnej). Substancja mineralna, która nie da się oddzielić w czasie wstępnej przeróbki węgla, po jego spalaniu pozostaje w postaci produktu ubocznego, który można uznać za wydobyty minerał kopalny, który uległ obróbce cieplnej [6]. Podobnie jak pierwiastki zawarte w węglu i występujące w ilościach śladowych: miedź, nikiel, kobalt, chrom, cynk, wanad, molibden, gal, fluor, selen oraz rtęć, ołów, kadm, arsen, stanowiące tzw. mikroelementy, które po spalaniu wchodzi w skład popiołu i żużla [7]. Energetyka z natury jest bezodpadowa, węgiel nie jest odpadem a poddany obróbce cieplnej zmienia swoją postać i nabiera nowych właściwości.

Określenia opisujące uboczne produkty spalania ulegały zmianie. Początkowo definiowane były jako odpady z procesów energetycznego spalania węgla, produkty uboczne z węgla, produkty spalania węgla, pozostałości spalania węgla, popiół z węgla, itp. [24]. Tradycyjne określenie ubocznych produktów spalania jako odpady jest nietrafne, z uwagi na negatywne skojarzenie wartościowego materiału z produktem bezużytecznym. Definiowanie ubocznych produktów spalania jako „odpady” spowalnia wprowadzenie wielu nowych strategii przemysłowych, dlatego niezbędne stało się nadanie przez odpowiednie ciała legislacyjne bardziej postępowych definicji oraz sposobów kategoryzacji tych materiałów. Termin uboczne produkty spalania był określeniem wprowadzonym w celu zmiany wizerunku i podkreślenia ich potencjału, należy do nurtu ekologii przemysłowej, której ideą jest poszukiwanie rozwiązań pozwalających na wykorzystywanie produktów ubocznych jednego przemysłu jako surowców innego [24]. Przedstawione sposoby określania ubocznych produktów spalania bezpośrednio wskazują i wiążą je z substratem z jakiego powstały – węglem oraz procesem spalania, natomiast żadne nie określa w sposób jawny tego czym konkretnie jest produkt po procesie termicznego spalania węgla. Definicją trafną jest określenie ubocznych produktów spalania jako minerały antropogeniczne. Po raz pierwszy termin minerały antropogeniczne odnośnie ubocznych produktów spalania zaproponował Tomasz Szczygielski w 2013 roku, podczas konferencji „World of Coal Ash Conference (WOCA)” w Lexington, zwracając uwagę na to, że są to surowce zawierające się w kategorii gruntów mineralnych, a nie sztucznych.

Składowiska ubocznych produktów spalania węgla w elektrowniach i elektrociepłowniach ze względu na obecność na nich minerałów antropogenicznych możemy zatem określić gruntami antropogenicznymi. Termin grunty antropogeniczne wprowadził do literatury naukowej prof. dr hab. Andrzej Drągowski, który przez wiele lat rozwijał i badał ich problematykę. Wg obowiązującej normy PN-86/B-02480 (*Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów*) grunty dzieli się na antropogeniczne oraz naturalne. Grunty antropogeniczne to grunty, które zostały utworzone z gruntów naturalnych lub które powstały z produktów gospodarczej bądź przemysłowej działalności człowieka [8]. Termin grunty antropogeniczne w literaturze z zakresu geologii inżynierskiej i ochrony środowiska funkcjonuje od wielu lat, prof. Drągowski definiuje je jako grunty, które powstały na skutek działalności człowieka i jego bytowania, mogą stanowić odpady, są niejednorodne, mają zmienne właściwości i formę zależną od technologii składowania. Ze względu na zawarte w nich składniki mineralne powinny być opisywane podobnie jak grunty naturalne. Ich pochodzenie i bogaty skład mineralny sprawiają, że są one doskonałym surowcem zastępczym kruszyw naturalnych [9].

Kierując minerały antropogeniczne jako kruszywo do produkcji na ich bazie określonych wyrobów, konieczne jest doprecyzowanie ich przeznaczenia i związanych z tym cech jakościowych. W tym celu stworzony jest szeroki zakres dokumentów odniesienia, są to tzw. normy techniczne precyzujące wymagania dla kruszyw, zastosowanie poszczególnych rodzajów materiałów w konkretnej dziedzinie. Normy dostarczają niezbędnych definicji oraz informacji przewodnich co do zakresu ich wykorzystania. Specyfikacje odnoszą się do zawartości poszczególnych składników, właściwości chemicznych, mineralogicznych i fizycznych. [10].

Normy definiują kruszywo jako materiał ziarnisty stosowany w budownictwie. Wyróżniamy trzy rodzaje kruszyw: naturalne, sztuczne oraz kruszywa z recyklingu. W Polsce pakiet norm dotyczących kruszyw obowiązuje od roku 2004 r., normy te ustalają wymagania dla kruszyw przeznaczonych do określonego zastosowania, podają podział kruszyw oraz ich definicje i są zharmonizowane z normami europejskimi [11]. Dla każdej z grupy kruszyw obowiązują takie same wymagania dla określenia ich przydatności, na podstawie parametrów jakościowych, niezależnie od pochodzenia surowca z którego zostały one wytworzone. Ma to zapewnić bezpieczeństwo ich wykorzystania oraz niedopuszczenia do sytuacji, w której produkt finalny miałby gorszą jakość [12]. Zatem zakres wykorzystania odpadów przemysłowych do produkcji kruszyw pod warunkiem spełniania przez wyprodukowane na ich bazie kruszywa wymagań dla kruszyw podanych w normach nie jest ograniczony, jest identyczny jak dla kruszyw naturalnych.

Kruszywa naturalne stanowią kruszywa pochodzenia mineralnego i poza obróbką mechaniczną nie zostały poddane innej obróbce.

Kruszywa sztuczne są to kruszywa pochodzenia mineralnego, uzyskuje się w wyniku prowadzenia procesów przemysłowych obejmujących modyfikację termiczną lub inną. Kruszywa sztuczne mogą być również produkowane z wtórnych surowców odpadowych, które powstają w energetyce (popioły oraz żużel), hutnictwie żelaza i metali kolorowych oraz ciepłownictwie, przemyśle ceramicznym i górnictwie.

Kruszywa z recyklingu to kruszywa powstające w wyniku przeróbki materiału nieorganicznego zastosowanego poprzednio w budownictwie: beton z robót wyburzeniowych, kruszywa z podbudów i nasypów, inne surowce z robót wyburzeniowych [12].

Kruszywa sztuczne i z recyklingu w literaturze określane są mianem kruszyw alternatywnych, produkowanych z surowców odpadowych pochodzących z głównych gałęzi przemysłu:

- **Energetyki:** popiół lotny ze spalania węgla, popiół lotny z kotłów fluidalnych, żużel z kotłów elektrownianych, popiół denny ze spalania węgla, popiół denny z kotłów fluidalnych;
- **Hutnictwa żelaza i stali:** żużel wielkopiecowy granulowany (szklisty), żużel wielkopiecowy chłodzony powietrzem (krystaliczny), żużel z konwertora tlenowego (żużel konwertorowy), żużel z elektrycznego pieca łukowego (z produkcji stali węglowej), żużel z elektrycznego pieca łukowego (z produkcji nierdzewnej/wysokiej jakości stali stopowej);
- **Przemysłu metali nieżelaznych:** żużel miedziowy, żużel molibdeniczny, żużel pocynkowy, żużel pofosforowy;
- **Odlewnictwa:** piasek odlewniczy, żużel z pieca odlewniczego;
- **Górnictwa węglowego i skalnego:** łupek węglowy przepalony, odpady z węgla kamiennego (łupki przywęglowe), wcześniej wyselekcjonowane odpady z górnictwa węglowego i skalnego;
- **Prac pogłębiających:** piasek z pogłębiania rzek i zbiorników wodnych, glina pogłębiająca;
- **Budownictwa, recyklingu i przemysłu ceramicznego:** kruszywa z recyklingu betonu, kruszywa z recyklingu cegieł, kruszywa z recyklingu asfaltu, kruszywa z recyklingu odpadów ceramicznych, kruszona cegła murarska [11];
- **Spalarni stałych odpadów komunalnych:** popiół denny z pieców do spalania odpadów komunalnych (z wyłączeniem popiołów lotnych), popiół lotny z pieców do spalania odpadów miejskich;
- **Pozostałe:** popiół z przemysłu papierniczego, ziemia z prac wykopaliskowych, popiół ze spalania odpadów, popiół ze spalania biomasy, stłuczka szklana, glina pęczniejąca.

Do kruszyw alternatywnych zaliczane są kruszywa naturalne z surowca odpadowego, towarzyszącego i ubocznego tzw. odpady wydobywcze, stanowiące obszerną grupę do której zaliczamy m.in.: surowce odpadowe z górnictwa węgla kamiennego, masy skalne z odkrywkowych kopalń węgla brunatnego, surowce odpadowe z górnictwa rud, surowce odpadowe z innych gałęzi górnictwa rud [12].

Minerały antropogeniczne z energetyki na podstawie opisanego podziału zaliczamy do grupy kruszyw alternatywnych produkowanych z surowców odpadowych pochodzących z energetyki i ciepłownictwa. Energetyka i ciepłownictwo nie jest jedynym źródłem minerałów antropogenicznych, obszerną bazą tych surowców jest sektor hutnictwa żelaza i metali kolorowych, przemysł ceramiczny i górnictwo. W Polsce baza wtórnych surowców odpadowych jest bogata w zróżnicowane minerały antropogeniczne mogące z powodzeniem uzupełniać, bądź po części zastępować krajową bazę surowcową wykorzystywaną do produkcji kruszyw.

Część z powyższych surowców jest wykorzystywana gospodarczo między innymi w kierunku produkcji kruszywa. Kruszywa alternatywne z przemysłu pozyskiwane są z bieżącej produkcji bądź z odpadów nagromadzonych na składowiskach. Nie istnieje jednak kompleksowo zinwentaryzowana baza takich surowców w Polsce, pokazująca rzeczywistą ich ilość w poszczególnych regionach kraju [13]. Dane dotyczące ogólnej ilości wyprodukowanych kruszyw w wybranych krajach europejskich oraz ilości wyprodukowanych kruszyw z surowców odpadowych w tych krajach w roku 2013 podane zostały w poniższej tabeli nr 1 i pochodzą z raportu *European Aggregates Association 2013–2014*.

Krajami wyróżniającymi się pod względem ilości wyprodukowanych kruszyw alternatywnych z surowców odpadowych są Niemcy, Wielka Brytania i Holandia. Biorąc pod uwagę przedstawione dane w Polsce produkcja kruszyw alternatywnych stanowi zaledwie 2% produkcji kruszyw ogółem.

Tabela 1. Produkcja kruszyw i kruszyw z surowców odpadowych w wybranych krajach europejskich

Kraj	Ogólna ilość wyprodukowanych kruszyw [mln t.]	Ilość kruszyw wyprodukowanych z surowców wtórnych [mln t.]	Udział kruszyw z surowców wtórnych [%]
Austria	100	6	6,0
Belgia	82	16	20,0
Bułgaria	29	1	3,5
Dania	45	3	6,7
Francja	360	25	7,0
Holandia	83	17	20,5
Niemcy	564	98	17,5
Polska	268	5	2,0
Szwajcaria	50	5	10,0
Wielka Brytania	202	54	~ 27,0

Opracowanie własne na podstawie [14].

2. MINERAŁY ANTROPOGENICZNE BAZĄ ZASOBOWĄ DO PRODUKCJI KRUSZYW

Naturalne kruszywa mineralne są podstawowymi surowcami mającymi swoje zastosowanie w wielu gałęziach gospodarki, ich największe wykorzystanie notuje się w budownictwie, gdzie kruszywo stanowi 75% mieszanek betonowych, oraz 90% masy produktów wykorzystywanych w budownictwie drogowym. Zastosowania te stanowią do 30% masy wszystkich kruszyw wykorzystywanych w Polsce. [16]. Zakres zastosowań kruszyw naturalnych ze względu na ich bogaty skład mineralny jest dosyć szeroki i stosowane są one w wielu dziedzinach gospodarki. W krajowym przemyśle wydobywczym rocznie produkuje się 220 mln ton kruszyw. Krajowa baza zasobów szacowana jest na ok. 5 mld ton. Można stwierdzić, że obecnie przemysł kruszyw naturalnych jest w stanie sprostać potrzebom krajowej gospodarki bez konieczności importu. Jednak realizacja rozwoju gospodarczego zawsze związana jest z budową, modernizacją i remontem obiektów budowlanych lub infrastruktury [16]. Przewiduje się, że w Polsce w latach 2014–2020 zapotrzebowanie na kruszywa do wybudowania dróg publicznych i tras kolejowych, sięgało będzie rzędu 170 mln ton kruszyw oraz 100 mln ton mas ziemnych, skalnych oraz materiałów nasypanych [17]. W budownictwie drogowym i ogólnym w Polsce, są przede wszystkim eksploatowane kamienie łamane wykorzystywane jako składnik mieszanek mineralnych i mineralno-asfaltowych oraz jako składnik betonu i materiałów budowlanych. Jednak największą ilość kruszyw: piasków, żwirów, pochłaniają inwestycje drogowe realizowane na terenie całego kraju, gdzie wykorzystywane są do budowy nasypów, stabilizacji czy wymiany gruntów. [17]. Polska jest w posiadaniu bogatej i różnorodnej bazy surowcowej do produkcji kruszyw, jednak dużą niedogodnością jest nierównomierne rozmieszczenie złóż, ponadto znaczna ich część nie może być wykorzystana ze względu na ograniczenia wynikające z uwarunkowań przestrzennych i ekologicznych. Zasoby często zlokalizowane są na obszarach chronionej przyrody i krajobrazu. Obszary występowania złóż surowców pokrywają się także z obszarami sieci Natura 2000; specjalnej ochrony i specjalnej ochrony siedlisk, ujęte na tzw. Shadow List. W Polsce dotyczy to 700 złóż kopalin o udokumentowanych zasobach, często są to zasoby o dużym znaczeniu. W obszarach Natura 2000 znajduje się szczególnie dużo złóż surowców skalnych do produkcji kruszyw łamanych i żwirowych wykorzystywanych w budownictwie i drogownictwie, jak również złóż wapieni, dolomitów, margli i opok dla przemysłu cementowego i wapienniczego. Taka lokalizacja złóż znacznie utrudnia ich eksploatację [18].

Tabela 2. Zasoby do produkcji kruszyw naturalnych i alternatywnych.

Zasoby do produkcji kruszyw [mln. t.]			
Wyszczególnienie	Liczba złóż	Zasoby geologiczne, bilansowe	Zasoby przemysłowe
Kamienie budowlane i drogowe	747	10 663, 50	3 461, 39
Gipsy i anhydryty	15	261, 24	109, 11
Piaski i żwiry	9316	17 972, 50	3 614, 42
Piaski kwarcowe do produkcji betonów komórkowych	59	259, 34	34,79
Piaski kwarcowe do produkcji cegły wapienno-piaskowej	105	483, 53	18,51
Piaski podsadzkowe	34	4199	130, 59
Surowce ilaste ceramiki budowlanej	1 219	4087, 04	315, 24
Surowce ilaste dla przemysłu cementowego	28	276, 29	-
Surowce ilaste do produkcji kruszywa lekkiego	41	337, 66	5,60
Wapienie i margle dla przemysłu cementowego	70	12 794, 68	2 115, 59
Razem:	11 600	5 1334,78	9 805, 24

Odpady – wytwarzanie i nagromadzenie [mln t.]			
Pochodzenie i rodzaj odpadów		Wytworzone w ciągu roku	Nagromadzone
Przemysł wydobywczy	Odpady powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalin	34,36	454,42
	Odpady z floatacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych	30,23	613,94
	Odpady z wydobywania kopalin innych niż rudy metali	5,82	75,22
Przemysł energetyczny	Mieszanki popiołowo-żużlowe z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych	11,47	276,63
	Popioły lotne z węgla	4,48	27,24
	Mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapienowych metod odsiarczania gazów odlotowych	3,76	0,02
Przemysł hutniczy	Żużle z procesów wytapiania (wielkopieczowe, stalownicze)	2,63	3,75
Razem:		92,75	1451,22

Opracowanie własne na podstawie [20], [15]

W ostatnich latach obserwuje się znaczną intensyfikację w zakresie wydobycia kruszyw ze względu na rosnące potrzeby budownictwa drogowego. Poniżej tabela 3 przedstawiająca prognozę zapotrzebowania na masy ziemne i inne materiały przeznaczone do budowy dróg publicznych w latach 2014 – 2020.

Tabela 3. Prognoza zapotrzebowania na masy ziemne i inne materiały przeznaczone do budowy dróg publicznych w latach 2014-2020 [mln t]

Rok	Autostrady	Drogi ekspresowe	Obwodnice	Modernizacje	Razem
2014	6	5	3	3	17
2015	-	5	3	3	11
2016	-	5	2	6	13
2017	-	6	2	6	14
2018	-	6	2	7	15
2019	-	6	2	8	16
2020	-	5	2	8	15
Razem 2014–2020	6	38	16	41	101

Opracowanie własne na podstawie [17].

Istniejąca baza surowców tylko pozornie stwarza bezpieczną sytuację, wg prognoz nastąpi ograniczenie produkcji kruszyw m.in. z powodu przyszłych ograniczeń środowiskowych, z kolei po 2025 roku wystąpią już ograniczenia w dostępie do złóż, oraz brak wystarczającej produkcji piasków i żwirów, po 2050 roku również kruszyw naturalnych łamanych. Zatem realizacja potrzeb związanych z budową, modernizacją, przebudową infrastruktury drogowej będących warunkiem rozwoju gospodarczego kraju stanie się ogromnym wyzwaniem dla producentów materiałów drogowych, tym bardziej, że analizując powyższe tabele zapotrzebowanie na kruszywa ma tendencję wzrostową. [17] Warunkiem realizacja potrzeb krajowych jest nowe podejście do zasobów minerałów antropogenicznych. Analizując dane wyżej przedstawionej tabeli nr 2 możemy stwierdzić, iż surowce alternatywne stanowią znaczną bazę w stosunku do zasobów przemysłowych surowców naturalnych (ok. 15%) bieżącej produkcji, bez uwzględnienia tych dotychczas składowanych, tym bardziej jeśli szacowane potrzeby rynku są znacznie większe niż ilości minerałów antropogenicznych wytwarzanych w energetyce. Sytuacja ta sprawia, że obecnie stoimy przed ogromną szansą zwiększenia zagospodarowania zgromadzonych na składowiskach surowców wtórnych powstających w przemyśle [19].

Złoża minerałów antropogenicznych to kopalnie wartościowych surowców, gwarantujących wysoką jakość wytworzonych na ich bazie produktów. Dodatkowo oszczędności finansowe jakie płyną z ich zagospodarowania sprawiają, iż stały się bardzo atrakcyjnym materiałem alternatywnych dla producentów wielu gałęzi przemysłu. Olbrzymi potencjał minerałów antropogenicznych z energetyki oraz ich szeroka dostępność, pozwoliły na wypracowanie szeregu strategii ich zagospodarowania do których zaliczamy między innymi:

- produkcję betonów (komórkowych i kruszywowych, zapraw),
- produkcję ceramiki budowlanej,
- produkcję cementów,
- produkcję spoiw budowlanych,
- produkcję kruszyw granulowanych,
- wyroby gipsowe (płyty gipsowe, spoiwa, tynki, masy szpachlowe),
- budownictwo drogowe (mieszanki hydrauliczne, podbudowy, stabilizacje podłoża, nasypy komunikacyjne),
- technologie górnicze (składnik podsadzki doszczelniającej zroby, w profilaktyce przeciwpożarowej, likwidacji wyrobisk, wzmocnień oraz stabilizacji górniczych),
- makronielacje oraz rekultywacje terenów zdegradowanych lub niekorzystnie przekształconych, iniekcje gruntowe, wymiany gruntów,
- rolnictwo,
- technologie znane, stosowane w niewielkiej skali bądź nie wykorzystywane: produkcja tworzyw sztucznych, farb, mas szpachlowych, mas gęszących, papy, zasypek hutniczych, odzysk pyłu magnetytowego, odkwaszanie gleb lub poprawa jej struktury [21].

W gospodarce zakres zastępowalności surowców naturalnych surowcami antropogenicznymi pochodzącymi z energetyki węglowej jest ogromny. Możliwości wykorzystanie minerałów antropogenicznych szacuje się na poziomach:

- 100% przy budowie nasypów komunikacyjnych
- 50% przy produkcji podbudów drogowych
- 35% przy produkcji cementu
- 10% przy produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych
- 5% przy produkcji betonu [21].

Zagospodarowanie surowców mineralnych ma wiele znaczących dla środowiska i gospodarki zalet, do których zaliczyć można:

- realizację strategii Pierwszeństwa dla Wtórnych, poprzez wzrost zagospodarowania odpadów przemysłowych,
- realizację założeń idei gospodarki o obiegu zamkniętym,
- zredukowanie potrzeby zużycia surowców naturalnych,
- zmniejszenie powierzchni składowisk ubocznych produktów spalania,
- zmniejszenie zapotrzebowania na energię,
- zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych jako efekt środowiskowy,
- oszczędności związane z budową – wykonanie drogi z udziałem minerałów antropogenicznych jest tańsze nawet o 50%,
- szeroka dostępność materiału,
- popioły stanowią materiał o niskim ciężarze objętościowym co znacznie zmniejsza koszty transportu,
- są materiałami o wysokiej wytrzymałości, mrozoodporności i trwałości,
- zapobieganie degradacji środowiska: terenów kopalni surowców oraz terenów wokół elektrowni [22].

Łączna ilość zidentyfikowanych minerałów antropogenicznych z energetyki wytworzona w roku 2013 wyniosła ok. 20,3 mln Mg. Na ilość tą składają się odpowiednio w 40% uboczne produkty spalania z węgla kamiennego, w 45% z węgla brunatnego i w 1% z biomasy. Gipsy oraz uboczne produkty spalania zawierające produkty odsiarczania spali z instalacji spalania stanowiły 14% całości.

Elementem determinującym ilość ale też jakość wytwarzanych na rynku minerałów antropogenicznych jest powstawanie nowych jednostek wytwórczych, w Koziencach, Opolu Jaworznie lub wygaszanie innych, a także modyfikacje technologii spalania oraz oczyszczania spalin, zmiany kotłów, surowców węglowych na biomasę czy chociażby zmiany jakości surowców dotychczas stosowanych w elektrowniach i elektrociepłowniach [23]. Ponadto, biorąc pod uwagę uboczne produkty spalania pochodzące z systemów ciepłowniczych należy uwzględnić również te, pochodzące ze spalania odpadów komunalnych, aktualnie budowanych jest sześć tego typu spalarni, co spowoduje pojawienie się w przyszłości nowych rodzajów ubocznych produktów spalania [23]. Zmiany są szansą rozwoju nowych technologii i sposobów zagospodarowania, stwarzając tym samym nowe jeszcze ciekawsze rynki odbiorców minerałów antropogenicznych.

Szerokie spektrum możliwości zagospodarowania minerałów antropogenicznych z energetyki, poparte znajomością składu, właściwości oraz podatności na wykorzystanie, sprawia, że stanowią one bogate źródło surowcowe zmniejszające zapotrzebowanie na ich naturalne odpowiedniki, ich racjonalne wykorzystanie, będące rezultatem symbiozy wiedzy o ich właściwościach i możliwościach zastosowania z wiedzą na temat skutków ekonomicznych takich rozwiązań może stanowić zasadniczą wartość dodaną dla polskiej gospodarki. Z zastosowania minerałów antropogenicznych płynie szereg

korzyści środowiskowych, ekonomicznych i produkcyjnych, co spotyka się z uznaniem stale powiększającego się kręgu przetwórców i użytkowników wytworzonych na ich bazie produktów.

3. WYKORZYSTANIE ODPADÓW W CHARAKTERZE ZASOBÓW

Utrzymanie wzrostu zagospodarowania minerałów antropogenicznych w przemyśle zależy w dużej mierze od czynników wykraczających poza kwestie związane z ich jakością i technicznymi właściwościami. Istotnymi czynnikami pozwalającymi na wzrost zagospodarowania ubocznych produktów spalania są odpowiednia legislacja, przepisy, opracowane systemy klasyfikacyjne, normy, aprobaty oraz kodeksy dobrych praktyk, zapewniające prawne bezpieczeństwo dalszych inwestycji [24].

Zapisy nowej Ustawy odpadowej z dnia 14 grudnia 2013 roku wprowadzają zmiany pozwalające na możliwość szerszego ich wykorzystania. Odpad jest to termin prawny, który nie wskazuje czym jest dana substancja. Ustawa z dnia 14 grudnia 2013r. o odpadach definiuje pojęcie odpadu w następujący sposób: *Odpad – rozumie się przez to każdą substancję lub przedmiot, których pozbywa się, zamierza się pozbyć lub do których pozbycia się jest zobowiązany* (Art. 3 u Dz. U. 2013 poz. 21) [24]. Zatem termin ma zastosowanie tylko wtedy, gdy nie wykorzystujemy tych surowców w roli minerałów co pociąga za sobą konieczność ich składowania, tylko i wyłącznie przy niskim stopniu ich zagospodarowania mogą stanowić one problem środowiskowy [19].

Ustawa wprowadza hierarchię postępowania z odpadami, zgodnie z którą pierwszorzędym celem jest zapobieganie ich powstawaniu, następnie kolejno przygotowanie do ponownego użycia, recykling, inne procesy odzysku i unieszkodliwianie (Art. 17 u Dz. U. 2013 poz. 21) [25].

Konieczność zapobiegania powstawaniu odpadów w rozumieniu ww. Ustawy, rozumie się poprzez zastosowanie odpowiednich środków, w odniesieniu do produktu, materiału lub substancji, zanim staną się odpadami w celu zmniejszenia:

- ilości odpadów, także poprzez ponowne użycie lub przedłużenie okresu używania danego produktu,
- negatywnego oddziaływania na środowisko i zdrowie ludzi,
- zawartości substancji szkodliwych w produkcie lub materiale (Art. 3 u Dz. U. 2013 poz. 21) [25].

Zapisy Ustawy odpadowej wprowadziły pojęcie produktu ubocznego, dzięki czemu określenie uboczne produkty spalania nie jest już tylko nazwą własną, promowaną przez przedsiębiorców zajmujących się ich zagospodarowaniem. Pojęcie produkt uboczny definiuje przedmioty lub substancje, które powstały w wyniku procesu produkcyjnego, którego podstawowym celem nie jest ich produkcja i uważane są za odpad, przestają nim być i mogą być uznane za produkt uboczny jeśli łącznie spełnią następujące warunki:

- b. dalsze wykorzystanie przedmiotu lub substancji jest pewne;*
- c. przedmiot lub substancja mogą być wykorzystywane bezpośrednio bez dalszego przetwarzania, innego niż normalna praktyka przemysłowa;*
- d. dany przedmiot lub substancja są produkowane jako integralna część procesu produkcyjnego;*
- e. dana substancja lub przedmiot spełniają wszystkie istotne wymagania, w tym prawne, w zakresie produktu, ochrony środowiska oraz życia i zdrowia ludzi, dla określonego wykorzystania tych substancji lub przedmiotów i wykorzystanie takie nie doprowadzi do ogólnych negatywnych oddziaływań na środowisko, życie lub zdrowie ludzi. (Art.10 u Dz. U. 2013 poz. 21) [25].*

Nowe podejście w kwestii gospodarki odpadami jakie wprowadza Ustawa, zwraca uwagę przedsiębiorców na konieczność podjęcia działań umożliwiających ponowne wykorzystanie odpadów lub materiałów wytwarzanych w trakcie produkcji, stwarzając odpowiednie ku temu warunki prawne. Przepisy mają zachęcić producentów do tworzenia technologii pozwalających na odzysk i recykling, oraz podjęcia odpowiedzialności za skutki rozwoju gospodarczego. Status odpadu jest zdejmowany z produktów, ulegających procesowi odzysku, warunkiem jest to aby po przeprowadzonym procesie recyklingu, stanowiły powszechnie stosowany materiał, na który istnieje popyt.

Obecnie wykorzystanie minerałów antropogenicznych z energetyki regulowane jest zapisem ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. z 2013 r. poz. 21), a także Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów, zgodnie z którym odpady paleniskowe nie należą do odpadów niebezpiecznych. Nie zaobserwowano ich negatywnego wpływu na środowisko ani zdrowie ludzi. Wyniki badań uwzględniły kierunki ich dalszego gospodarczego wykorzystania. W roku 2010 zostały z powodzeniem zarejestrowane w ECHA (European Chemicals Agency), i są dostępne do wglądu każdego, kto chciałby rozwiązać swoje ewentualne wątpliwości lub uzyskać szczegółowe dane [26]. Kluczowymi badaniami w ocenie ich wpływu na środowisko były kompleksowe badania przeprowadzone w ramach systemu REACH w akredytowanych europejskich laboratoriach, wykluczyły one jakiegokolwiek niekorzystny wpływ produktów wytworzonych na bazie popiołów i żużli ze spalania węgla na środowisko naturalne, dając tym samym gwarancje bezpieczeństwa ich stosowania [27].

4. BEZODPADOWA ENERGETYKA WĘGLOWA

W założeniach polityki surowcowej Unii Europejskiej przewiduje się, że dla rozwoju innowacyjnej i efektywnej gospodarki, niezbędne jest maksymalne wykorzystanie w pierwszej kolejności surowców wtórnych. Takie podejście ma na celu chronić zasoby naturalne poprzez promocję materiałów przyjaznych środowisku pochodzących z powtórnego przetworzenia. W tym kontekście uwagę zwraca pojęcie tzw. „circular economy”, gospodarki o obiegu zamkniętym, której kluczowym obszarem działalności jest wykorzystanie w produkcji materiałów wtórnych przed naturalnymi, gospodarka obiegowa to rozwiązanie systemowe, które ma polegać na daniu realnego pierwszeństwa surowcom wtórnym, a nawet obowiązku ich stosowania, zanim sięgniemy po zasoby surowców naturalnych [3].

Paradoksalnie, minerały antropogeniczne traktowane przez wiele lat jako odpad z „brudnej energetyki”, za sprawą postępu wiedzy technicznej, który przyczynił się do ich powszechnego wykorzystania w gospodarce i zastąpienia nimi wielu surowców naturalnych wydobywanych dla przemysłu przetwórczego, mogą być szansą polskiej gospodarki do pozyskania znacznej ilości surowców do produkcji na terenie całego kraju [3]. Biorąc pod uwagę uwarunkowania zewnętrzne związane z prowadzoną polityką pro klimatyczną, oraz potrzebą implementacji zasad gospodarki bezodpadowej (*Zero Waste Europe*), efektywnego korzystania z zasobów (*Resource Efficient Europe*) oraz gospodarki o obiegu zamkniętym (*Circular Economy*), należy skupić się na ograniczaniu szkodliwych efektów procesu wytwarzania energii w Polsce, poprzez wykorzystanie potencjału tego sektora, tak aby efekty jego pracy stanowiły wartość dodaną dla gospodarki i nie funkcjonowały w naszej świadomości jako odpady [19]. Takie podejście do minerałów antropogenicznych spełni założenia pakietu UE, który w pełni realizował będzie zasady gospodarki o obiegu zamkniętym. Pakiet uwzględnia wszystkie etapy cyklu życia produktu i już na etapie produkcji poprzedzającej powstanie odpadów wymaga podejmowania działań, które pozwolą traktować przyszły odpad jak surowiec. Wiąże się to ze zmianą w obszarze projektowania produktu [1]. Podstawą efektywnego wykorzystania minerałów antropogenicznych, tak aby stanowiły wartość dodaną w gospodarce, jest integracja działań energetyki, przedsiębiorstw zajmujących się ich zagospodarowaniem oraz odbiorców, na zasadzie wzajemnych korzyści. Energetyka jako wytwórca pozbywając się minerałów

antropogenicznych unika konieczności ich składowania oraz kosztów z tym związanych, już na etapie przed spalaniem surowców energetycznych powinna zadbać o przyszłą jakość generowanych przez nią odpadów, traktując je obok wytwarzanych energii i ciepła jako surowce lub produkty oraz dokonując zmian w zakresie swojej działalności [19]. Drogą do bezodpadowej energetyki jest optymalizacja procesów uzdatniania minerałów antropogenicznych na etapie: przygotowania i podawania paliwa, spalania paliwa w kotłach energetycznych, odprowadzania minerałów antropogenicznych z komory spalania, magazynowania i załadunku na środki transportu oraz przetwarzania w specjalistycznej instalacji w bezpośredniej bliskości elektrowni [28]. Dzięki takim działaniom przedsiębiorstwa specjalizujące się w ich zagospodarowaniu zyskują surowiec do wytworzenia ekologicznych produktów, które w porównaniu z cenami surowców tradycyjnych, stanowią dla potencjalnych odbiorców efektywną kosztowo i jakościowo alternatywę [28]. W gospodarce o obiegu zamkniętym surowce wtórne stają się równorzędne, a nawet priorytetowe, mają istotne znaczenie dla gospodarki jako element mogący przyczynić się do stworzenia przewag konkurencyjnych, tym bardziej, że koszty składowania ubocznych produktów spalania z energetyki są bardzo wysokie, szacowane średnio na ok. 50 zł/tonę będą nadal rosły [19].

5. WNIOSKI

Zakres wykorzystania minerałów antropogenicznych – pod warunkiem spełnienia przez wyprodukowane na ich bazie kruszywa wymagań podanych w normach PN-EN- jest nieograniczony. W Polsce od lat udowadniają swoją użyteczność tym samym w znacznym stopniu stanowią uzupełnienie krajowej bazy surowcowej dla produkcji kruszyw, co potwierdzają liczne inwestycje i działalność na polskim rynku producentów szerokiej gamy materiałów budowlanych wytworzonych na ich bazie oraz analiza ilości ich krajowego zagospodarowania. Wieloletnia praktyka ich wykorzystania w gospodarce, potwierdzająca walory użytkowe tychże surowców zalety ekonomiczne i te wynikające z ochrony środowiska – minerały antropogeniczne z energetyki są elementem gospodarki niskoemisyjnej, co udowodnione zostało w ramach Projektu Wspólnych Wdrożeń (JI) Tefra w standardach Konwencji Klimatycznej ONZ, zrealizowanego przez Ekotech Inżynierię Popiołów. W ramach projektu wykazano że każda tona (MA) zastosowana w miejsce części cementu lub wapna obniża emisję gazów cieplarnianych o ok. 0,5 tony [19].

Z tego względu konieczne jest podjęcie działań mających na celu wskazanie i promowanie jak najpełniejszego wykorzystania surowców wtórnych przed naturalnymi, jedynie uwzględnienie obciążenia środowiska, emisyjności i stopnia antropogeniczności stosowanych w inwestycjach materiałów w postępowaniu budowlanym, może zainicjować zmiany w obszarze zamówień publicznych. Jednak w tym celu niezbędne są zmiany legislacyjne zapewniające, jeśli jest taka możliwość, obowiązek wykorzystania w pierwszej kolejności surowców antropogenicznych. Etap użytkowania jest istotnym elementem w cyklu życia produktu, to konsument dokonuje wyboru jaki nabędzie produkt, dlatego powinien mieć świadomość tego w jaki sposób jego wybór wpłynie na pozostałe elementy gospodarki i środowiska [26].

Główne cele oraz sugestie działań w obszarze realizacji idei gospodarki o obiegu zamkniętym to:

- wskazanie oraz opracowanie obszarów zastępowalności surowców naturalnych minerałami antropogenicznymi,
- pełna inwentaryzacja zasobów surowców antropogenicznych kraju wraz z określeniem ich właściwości oraz przydatności,
- pozyskanie pełnych danych dotyczących ilości wytwarzanych surowców antropogenicznych, ilości zalegających na składowiskach, ich lokalizacji i jakości w celu możliwości ich optymalnego wykorzystania,
- opracowanie innowacyjnych technologii dla optymalizacji produkcji na bazie surowców antropogenicznych,
- zapewnienie realnego dostępu do zasobów minerałów antropogenicznych wszystkich zainteresowanych podmiotów,
- weryfikacja sposobu opracowywania kryteriów dla obszaru wykorzystania surowców wtórnych, odejście od zasady uwzględniającej wyłącznie rodzaj materiału i wprowadzenie nowych uwzględniających jego parametry,
- analiza procedur dotyczących zamówień publicznych i tego czy zawarte są w nich założenia koncepcji Pierwszeństwa dla Wtórnych,
- wydanie prawnych aktów wykonawczych zawierających realne wymagania związane z realizacją celów gospodarki o obiegu zamkniętym,
- stworzenie katalogu przepisów technicznych dla budownictwa,
- opracowanie w oparciu o badania, statystyki oraz potwierdzone naukowo fakty, strategii oraz narzędzi w celu jak najbardziej wydajnego i pełnego sposobu odzyskiwania surowców o kluczowym dla gospodarki znaczeniu,
- wymiana informacji i doświadczeń dotyczących sposobów realizacji zasad gospodarki obiegowej,
- szukanie nowych rynków zbytu,
- stosowanie zachęt ekonomicznych mających pobudzić rynek surowców wtórnych, nakłaniających prywatny sektor do inwestowania w badania oraz innowacje w zakresie gospodarki surowcami wtórnymi,
- rozszerzenie odpowiedzialności inwestorów za cykl życia wytwarzanych przez nich produktów,
- egzekwowanie zasad gospodarki o obiegu zamkniętym,

PODSUMOWANIE

Z uwagi na problematykę funkcjonowania polskich elektrowni węglowych jako podstawowej siły napędowej gospodarki, zagadnienia związane z ograniczeniem jej szkodliwych efektów są szczególnie istotne oraz aktualne. Wykorzystanie minerałów antropogenicznych powstających w polskiej energetyce spełnia założenia modelu gospodarki o obiegu zamkniętym, która w większym stopniu opiera się na ponownym wykorzystaniu materiałów, a mniejszym na surowcach pierwotnych, której celem jest zachowanie jak najdłuższej wartości dodanej oraz wyeliminowanie odpadów.

Jedynie racjonalna, oparta na wiedzy, której filarem jest współpraca nauki administracji i praktyki gospodarka, w sposób efektywny i zrównoważony wykorzystująca zasoby uwzględniając cały okres ich cyklu życiowego, jest gospodarką trwałą oraz konkurencyjną. Obecnie żaden kraj, zarówno ze względu na korzyści ekonomiczne jak i środowiskowe, nie może pozwolić sobie na marnotrawstwo zasobów. Idea gospodarki o obiegu zamkniętym pozwoli sprostać wyzwaniom związanym z presją na zasoby oraz coraz mniejszym bezpieczeństwem dostaw. W wyniku reorientacji gospodarki materiałochłonnej do współczesnej opartej na wiedzy, kluczową rolę odgrywają innowacyjne technologie, które pozwalają na stały i zrównoważony rozwój oraz przyczyniają się do zmniejszenia kosztów inwestycyjnych i środowiskowych, przynosząc korzyści zarówno gospodarcze jak i społeczne.

Wykorzystanie minerałów antropogenicznych w gospodarce to ekologiczny i zarazem ekonomiczny sposób na inwestycje. Okazuje się bowiem, że budowa autostrad, dróg i budynków w wysokim standardzie jest możliwa przy jednoczesnym zachowaniu kurczących się zasobów naturalnych. Minerały antropogeniczne stanowią ogromną bazę surowców alternatywnych – bezpiecznych i wartościowych minerałów, niezbędnych w wielu dziedzinach przemysłu budowlanego oraz drogownictwa. Stosowanie minerałów antropogenicznych przyczynia się do zwiększenia rentowności wielu inwestycji, pozwala chronić złoża surowców naturalnych przed nadmierną eksploatacją, i likwidować złoża surowców antropogenicznych. Wdrażamy w ten sposób w życie zasady dotyczące zrównoważonego rozwoju, i mechanizmy pierwszeństwa dla wtórnych.

Dzięki dobrej współpracy przedstawicieli świata nauki i administracji, odpowiedzialnych za rozwój technologii i wdrażanie zasad ochrony środowiska, zagospodarowanie minerałów antropogenicznych w kraju stało się coraz bardziej świadome i kreatywne. Mimo szerokiego wykorzystania minerałów antropogenicznych na polskim rynku utrzymanie ich zagospodarowania w przemyśle zależy w dużej mierze od czynników wykraczających poza kwestie związane z ich jakością i technicznymi własnościami. Nadal istnieje wiele barier mentalnych, społecznych oraz administracyjnych, utrudniających pracę z tymi cennymi dla gospodarki polskiej surowcami. Analiza dotychczasowego procesu zagospodarowania nasuwa wnioski o konieczności identyfikacji źródeł zasobów surowców antropogenicznych w naszym kraju oraz określenia ich przydatności do celów gospodarczych i zakresu zastępowalności surowców naturalnych. Zdaniem autorki bliska współpraca nauki, administracji i praktyki powinna znajdować miejsce w gospodarce dla wszystkich wytwarzanych w Polsce minerałów antropogenicznych, a ich stosowanie jest pilnym zadaniem współczesnej gospodarki. Nie chodzi tu wyłącznie o aspekt ekologiczny, chociaż to on stanowi podstawę dla ustaleń politycznych narzucających twardą rzeczywistość, związaną ze stawianiem coraz to bardziej wygórowanych celów redukcyjnych dla krajów Unii Europejskiej. Tylko reorientacja gospodarki materiałochłonnej do tej opartej na wiedzy pozwoli na trwałą i zrównoważony rozwój gospodarczy.

Literatura

- [1] COM (2014) 398; Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno – Społecznego i Komitetu Regionów; Ku gospodarce o obiegu zamkniętym: program „zero odpadów” dla Europy.
- [2] „Gospodarka paliwowo energetyczna w latach 2012 i 2013” Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 7 lipca 2014 r., Publikacja dostępna w Internecie: <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/gospodarka-paliwowo-energetyczna-w-latach-2012-i-2013,4,9.html>
- [3] Łącka-Matusiewicz M., Fraś K. (2012), Wpływ zagospodarowania ubocznych produktów spalania węgla na redukcję emisji CO₂ do środowiska [w:] Popioły z energetyki. XI Międzynarodowa Konferencja pt. „Popioły z Energetyki”. Sopot, 24-26 października 2012 r.; (red.) Szczygielski T., t. 19, s. 131-150.
- [4] ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. Nr 112, poz. 1206).
- [5] Łuczak-Wilamowska B. (2011), Możliwości zastosowania popiołów-odpadów przemysłu energetycznego do uszczelniania i rekultywacji składowisk odpadów [w:] Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, (red.) Pinińska J., Frankowski Z. nr 446 (2), s.477-481, Warszawa.
- [6] Lutze D., Berg W. (2010), *Popiół lotny w betonie*, Wyd.2 zm., s. 17, Warszawa.
- [7] Kucowski J., Laudyn D., Przekwas M. (1997), *Energetyka a ochrona środowiska*, Wyd. 4 zm. i rozsz., Warszawa.
- [8] Cabalski K., Radzikowski M. (2010), *Grunty antropogeniczne w dokumentowaniu warunków geologiczno-inżynierskich dla badań drogowych – wybrane problemy* [w:] „Przegląd Geologiczny” (red.) Gąsiewicz A., vol. 59, nr 9/2, s. 886-891, Warszawa.
- [9] Drągowski A. (2010), *Charakterystyka i klasyfikacja gruntów antropogenicznych* [w:] „Przegląd Geologiczny” (red.) Gąsiewicz A., vol.58, nr 9/2, s. 868—872, Warszawa.
- [10] Pachowski J. (2004), *Odpady elektrowniane i ciepłownicze* [w:] Ocena i badania wybranych odpadów przemysłowych do wykorzystania w konstrukcjach drogowych. Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie. Pr. Spec. (red.) Sybilski D., s.127-175, Warszawa.
- [11] Machniak Ł., Kozioł W. (2014), *Kruszywa alternatywne – baza zasobowa i kierunki wykorzystania w budownictwie*, [w:] „Kruszywa” (red.) Lerch D., nr 4/2014, s.28-33, Katowice.
- [12] Uzunow E. (2014), Surowce odpadowe jako alternatywa wobec kruszyw naturalnych, [w:] Lerch D. (red.) „Kruszywa” [online] nr 4/2014, s. 36-39, Katowice.
- [13] Góralczyk S., Kukielska D.(2013), *Surowce wtórne bazą zasobową do produkcji kruszyw*, Prace Naukowe Instytutu Górnicztwa Politechniki Wrocławskiej, Vol. 136, nr 43, S.49—59, Wrocław
- [14] Annual Review 2013-2014: European Aggregates Association, Bruksela 2013
- [15] Rocznik Statystyczny Przemysłu, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2014
- [16] Góralczyk S., Kukielska D. (2011), *Produkcja kruszyw z surowców wtórnych*, [w:] „Kruszywa” (red.) Lerch D., nr 4/2011 s. 33-38
- [17] Kabziński, A. (2012), Prognoza zapotrzebowania i produkcji kruszyw w Polsce w latach 2012-2020 (+2), [w:] „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne”, (red.) M. Karpiński-Rzepa, nr 6, s. 84-89, Kraków
- [18] Kozioł, W. Kawalec, P. (2008), *Kruszywa budowlane i drogowe w Polsce i Unii Europejskiej*, [w:] „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne”, (red.) M. Karpiński-Rzepa, nr 3, s. 62-65, Kraków
- [19] Szczygielski T., (2014), Przyczynki do Bezodpadowej Energetyki Węglowej (BEW), [w:] Popioły z energetyki. XXI Międzynarodowa Konferencja pt. „Popioły z Energetyki”. Zakopane, 22-24 października 2014 r.; (red.) Szczygielski T., t. 21, s. 1-6
- [20] Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2013, PIG-PIB, Warszawa 2014
- [21] Hycnar J. (2013), Ekonomiczne aspekty gospodarki ubocznymi produktami spalania węgla (ups) [w:] „Energetyka”, (red.) Kołakowski T.E., nr 5 (707)/Rocznik 66, Warszawa

- [22] Łacka-Matusiewicz M., Fraś K., (2013), Zagospodarowanie ubocznych produktów spalania węgla krokiem do niskoemisyjnej energetyki [w:] Popioły z energetyki. XX Międzynarodowa Konferencja pt. „Popioły z Energetyki”. Warszawa, 23-25 października 2013 r.;, (red.) Szczygielski T., t. 20, s. 352-354
- [23] Chrzanowski Z., Masłowski D., (2014), Zagospodarowanie ubocznych produktów spalania w Polsce, [W:] „Materiały Budowlane”, (red.) K. Wiśniewska, nr 12 str. 2-5, Warszawa
- [24] Heidrich C., Feuerborn H.J., Weir A. (2013), Uboczne produkty spalania: perspektywa globalna [w:] Popioły z energetyki. XX Międzynarodowa Konferencja pt. „Popioły z Energetyki”. Warszawa, 23-25 października 2013 r.;, (red.) Szczygielski T., t. 20, s. 17-35
- [25] Art. 3 u Dz. U. 2013 poz. 21
- [26] Szczygielski T. (2011), Nowa dyrektywa ramowa a rozporządzenie REACH. Od odpadu do produktu na przykładzie ubocznych produktów spalania [online], Ministerstwo Środowiska, Warszawa 18.02.2011 [dostęp:2014.03.10], Dostępny w Internecie:
<http://www.mos.gov.pl/g2/big/.../21abac8a967c19a09361fa64fca30965.ppt>.
- [27] Szczygielski T. (2013), Popioły ze spalania węgla w energetyce to surowce, a nie odpady. Pierwszeństwo dla wtórnych. „Liderzy Innowacyjności”, dziennik Gazety Powszechnej, nr 21
- [28] Lewandowski J., Szczygielski T., Bezodpadowa Energetyka Węglowa (BEW), Materiały Centrum Inżynierii Mineraliów Antropogenicznych, Instytut Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej
- [29] Szczygielski T. Szanse i zagrożenia dla UPS w aspekcie strategii UE [w:] Popioły z energetyki. XXI Międzynarodowa Konferencja pt. „Popioły z Energetyki”. Zakopane, 22-24 października 2014 r.;, (red.) Szczygielski T., t. 21, s. 7-22

