

REALIZACJA ZASADY ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU W PRZEMYSŁE CEMENTOWYM

Lucjan Pawłowski (l.pawlowski@pollub.pl)
Artur Pawłowski (pawel@fenix.pol.lublin.pl)
Instytut Inżynierii Środowiska
Politechnika Lubelska

WSTĘP

Koncepcja rozwoju zrównoważonego kształtowała się na przełomie lat 80. i 90. XX w. Najkrótsza – i zarazem najczęściej cytowana – definicja została zamieszczona w raporcie „Our Common Future” z 1987 r. Według niej:

Rozwój zrównoważony to taki rozwój, który gwarantuje zaspokojenie potrzeb obecnych pokoleń, nie ograniczając możliwości zaspokajania potrzeb przez przyszłe pokolenia.

Już to krótkie określenie pokazuje, iż jest to koncepcja antropocentryczna, odnosząca się do jakości środowiska życia człowieka, bardzo wyraźnie ukierunkowana na przyszłość, wykraczająca nawet poza odległe konsekwencje aktywności obecnie podejmowanych wobec środowiska. Idea ta nawiązuje do przesłanki aktywności celowej człowieka, którą jest właśnie odniesienie do przyszłości i związane z nim marzenia i nadzieje. Przyszłość jest nieznana, jednak każdy dokonany wybór, w większym czy mniejszym stopniu przyczynia się do jej przybliżenia i określenia. Jakich wyborów dokonać, aby przyszłe pokolenia mogły żyć w świecie nie gorszym od naszego? Odpowiedź na te pytanie związana jest z opracowaniem i przyjęciem właściwej ogólnej strategii działania (przyjętej w Rio w 1992 r. „Agendy 21”), oraz licznych strategii szczegółowych odnoszących się do konkretnych obszarów ludzkiej aktywności. Te obszary, czy też pola działania, wyznaczone są przez różnorodne aspekty rozwoju zrównoważonego.

Najważniejszy z nich odnosi się do opozycji: rozwój tradycyjny a rozwój zrównoważony. Klasyczny program wzrostu gospodarczego, czy też może program rozwoju zupełnie nowego jakościowo?

Opozycja ta często rozpatrywana jest głównie w kontekście ochrony środowiska, jednak koncepcja rozwoju zrównoważonego wykracza daleko poza tę problematykę. Chodzi w niej o integrację i zrównoważenie różnorodnych płaszczyzn, wśród których należy wymienić:

- Płaszczyznę przyrodniczo-ekologiczną (ochrona przyrody).

- Płaszczyznę techniczną (nowe technologie, oszczędność surowców).
- Płaszczyznę ekonomiczną (podatki, subsydia i inne instrumenty ekonomiczne).
- Płaszczyznę społeczną (w polskich warunkach niezwykle istotne jest rozwiązanie problemu bezrobocia).
- Płaszczyznę polityczną (formułowanie strategii rozwoju zrównoważonego, ich wdrażanie i kontrola).

Wydaje się, że szczególnie znacznie może odegrać płaszczyzna techniczna. Istotnym wyzwaniem jest to, że nie można użytkować środowiska i pozyskiwać zasobów naturalnych tak, aby działania te nie pociągały za sobą żadnych negatywnych zmian. Mogą mieć one charakter bezpośredni bądź pośredni, odwracalny lub nieodwracalny. Różna będzie ich skala: od stosunkowo niewielkich konsekwencji lokalnego zdarzenia, po problemy o charakterze globalnym. Zawsze jednak ten aspekt negatywny będzie obecny. Zniszczenia środowiska można jednak minimalizować, co jest zadaniem dla nauk technicznych, a w szczególności dla rozwijającej się obecnie inżynierii środowiskowej.

Płaszczyzna techniczna rozwoju zrównoważonego może odnosić się do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń poprzez budowę nowych urządzeń oczyszczających (tzw. rozwiązania „na końcu rury”), jednak o wiele istotniejsza jest ingerencja w samą istotę wykorzystywanego procesu technologicznego. Wskazać tu można na 4 podstawowe grupy strategii:

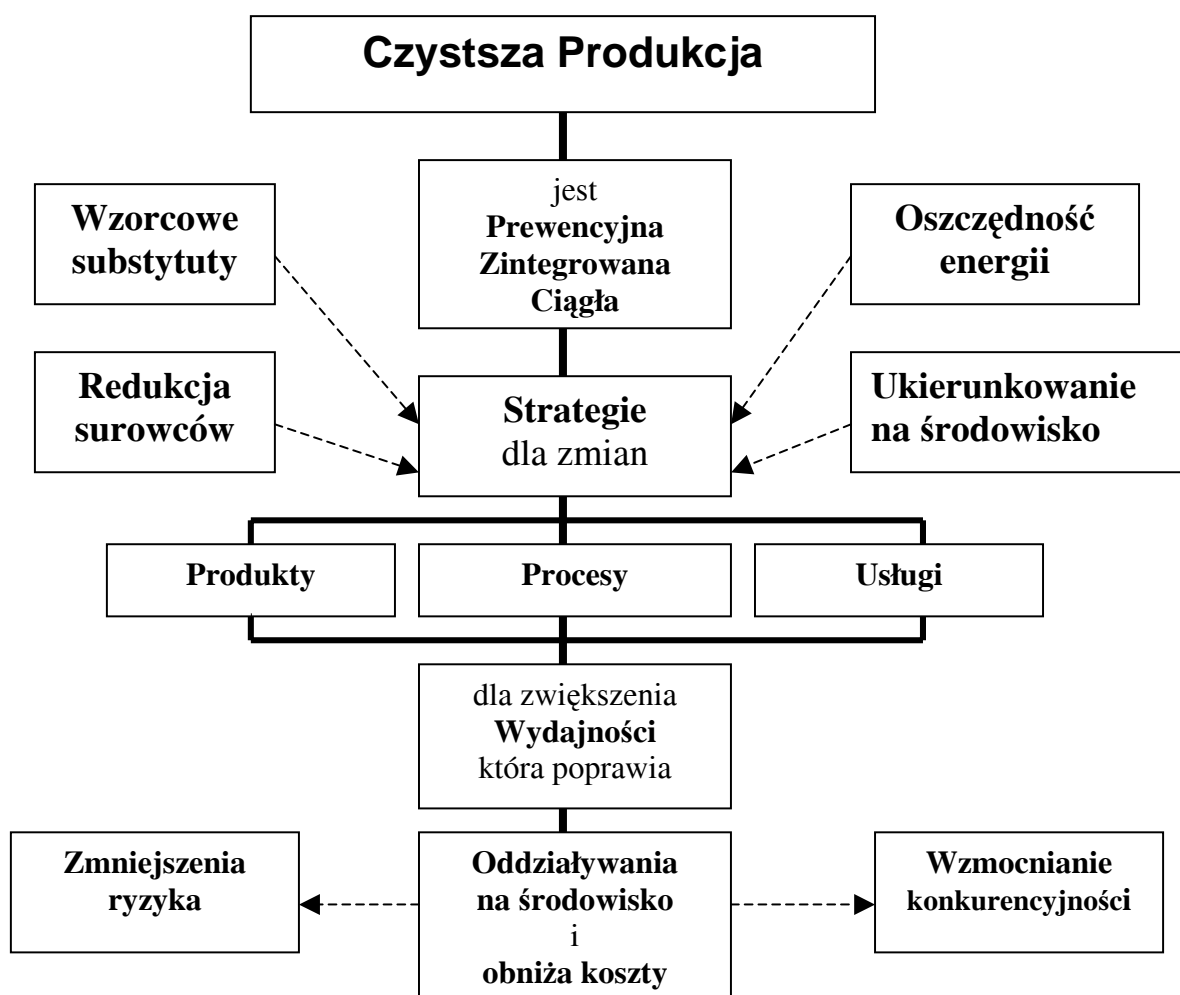
- Ograniczenie przepływu surowców, a więc użytkowanie mniejszej ich ilości. Jest to kwestia wydajniejszego ich użytkowania, czy też wprowadzanie materiałooszczędnych technologii. Nie jest tajemnicą, że gdyby dziś budowano słynną wieżę Eiffla, to przy użyciu współczesnych technologii zużyto by jedynie 1/7 tej stali, którą faktycznie wykorzystano.
- Zwolnienie przepływu surowców - to kwestia ich jakości, większej bezawaryjności produktów i ich dłuższego wykorzystywania.
- Zamknięcie przepływu surowców odnoszące się do ponownego użytkowania odzyskiwanych materiałów. Może to nastąpić poprzez wprowadzanie różnych form recyklingu.
- Zastąpienie przepływu - zastępowanie materiału szkodliwego mniej szkodliwym, czy też zastąpienie nieodnawialnych surowców materiałami odnawialnymi.

Integracja tych strategii następuje poprzez wprowadzenie tzw. „czystszej produkcji”. Koncepcja ta oznacza ciągle stosowanie zapobiegawczej strategii względem środowiska odnośnie:

- Procesów produkcji, w szczególności chodzi o oszczędność surowców i energii, eliminowanie materiałów toksycznych, zmniejszenie emisji zanieczyszczeń.
- Produktów - zmniejszenie oddziaływania na środowisko podczas całego okresu „życia” produktu.
- Usług – wybór takich usług, które będą wywierały jak najmniejszy wpływ na środowisko, co w dużej mierze jest związane z zastosowaniem podejścia prewencyjnego.

Ogólnym celem czystszej produkcji jest polepszenie jakości, wydajności, zmniejszenie ryzyka dla ludzi i oszczędność wydatków. Przykładem, gdzie takie rozwiązania są już wdrażane może być przemysł cementowy.

Rys. 1. Koncepcja czystszej produkcji.



Źródło: J. Strahl, Sustainable industrial production: waste minimalization, cleaner technology and industrial technology, Uppsala 1997.

CO OZNACZA ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ DLA PRZEMYSŁU CEMENTOWEGO?

Mówiąc o zrównoważonym rozwoju w aspekcie przemysłu cementowego powinniśmy się odnieść, przede wszystkim, do gospodarki zasobami surowcowymi oraz oddziaływaniem wydobywania i przetwarzania tych surowców na środowisko.

Upraszczając proces wytwarzania klinkieru możemy powiedzieć, że związany jest on z trzema głównymi strumieniami surowców: marglem, kredą i nośnikami energii. W procesie termicznym wytwarzany jest główny składnik, jakim jest klinkier i emitowane są zanieczyszczenia do atmosfery: ditlenek węgla, ditlenek siarki, tlenki azotu, węglowodory aromatyczne i pyły.

Emisja ditlenku węgla zdeterminowana jest dwoma procesami technologicznymi: procesem kalcynacji, w którym ditlenek węgla wytwarzany jest w wyniku rozkładu węglanu wapnia i spalaniem nośników energii. Emisja ditlenku siarki spowodowana jest przez obecność siarki w spalanych paliwach. Tlenki azotu tworzą się zawsze w procesach wysokotemperaturowych. Zmniejszenie ich emisji, podobnie jak zmniejszenie emisji pyłów, wymaga podjęcia specjalistycznych przedsięwzięć zdużających do ich eliminacji.

Warto odnotować, że wytworzony produkt – klinkier – jest neutralny dla środowiska, ponieważ jego stosowanie nie przyczynia się do wzrostu zawartości zanieczyszczeń w środowisku. Pisze się, co prawda o negatywnych skutkach zabetonowywania powierzchni ziemi, należy jednakże pamiętać, że wiąże się to z realizowaną koncepcją planowania przestrzennego nie zaś z cementem stosowanym do realizacji infrastruktury budowlanej na powierzchni ziemi.

Biorąc pod uwagę, że w trakcie zużywania się infrastruktury budowlanej wytworzonej z materiałów betonowych i ceramicznych powstają neutralne dla środowiska odpady, można wręcz uznać, że są to materiały nie przyczyniające się w przyszłości do degradacji środowiska, a tym samym spełniają one naczelną zasadę zrównoważonego rozwoju, tj. ich stosowanie nie pogarsza jakości środowiska z punktu widzenia przyszłych pokoleń.

W tym miejscu warto na chwilę zatrzymać się nad problematyką budownictwa drogowego. Z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju stosowanie cementu jako materiału neutralnego dla środowiska do budowy nawierzchni dróg jest bardziej wskazane niż stosowanie materiałów bitumicznych.

PROBLEMY SUROWCOWE W ASPEKCIE ZRÓWNOWAZONEGO ROZWOJU

Jak to zostało już wspomniane na problemy surowcowe należy spojrzeć z dwu punktów widzenia: wyczerpywania się zasobów oraz skutków pozyskiwania i przerobu surowców na produkty użyteczne, w tym przypadku na klinkier.

Tabela 1. Światowe zużycie energii w oparciu o wykorzystanie różnorodnych nośników energii.

Nośnik energii	Udział procentowy
Olej	32,5
Węgiel	26,5
Gaz	18
Biomasa, drewno, węgiel drzewny	11,5
Energia wodna	6
Energia jądrowa	5
Energia słoneczna i wiatrowa	0,5

Źródło: E.U. von Weizsacker, A.B. Lovins, L.H. Lovins, Mnożnik Cztery, podwojony dobrobyt – dwukrotnie mniejsze zużycie zasobów naturalnych, raport dla Klubu Rzymskiego, Toruń 1999.

Używane surowce możemy podzielić na dwie grupy: surowce mineralne i nośniki energii. W dającej się wyobrazić przyszłości z uwagi na ogromne zasoby, nie powinny wystąpić problemy z podażą surowców mineralnych. Również szkody powstające na powierzchni ziemi w wyniku eksploatacji tych surowców, nie powinny w zasadniczy sposób rzutować na degradację powierzchni ziemi, tym bardziej, że z uwagi na neutralny charakter dla środowiska pozyskiwanych materiałów, powstałe w wyniku eksploatacji surowców mineralnych wyrobiska, stosunkowo łatwo mogą być zrekultywowane.

Zasadniczy problem występuje natomiast z pozyskiwaniem i wykorzystaniem nośników energii. Po pierwsze, dlatego, że zaopatrzenie w energię cywilizacji ludzkiej staje się jednym z najważniejszych zagadnień. Istniejące prognozy, co do ilościowych zasobów kopalnianych nośników energii (węgiel, ropa i gaz) wskazują na kurczące się ich zasoby. Co prawda węgla (który jest głównym nośnikiem energii w przemyśle cementowym) powinno starczyć na kilkaset lat, ale istotne ograniczenie podaży ropy i gazu może wystąpić już na przestrzeni około 100 lat. Poza tym, jak szacują naukowcy, czas powstawania zasobów surowców kopalnych, które człowiek zużywa w ciągu zaledwie 1 roku, zajmuje około miliona lat.

Na ograniczenie ilościowe zasobów, stanowiące istotne zagrożenia dla realizacji zasady zrównowalonego rozwoju (może oznaczać pozbawienie przyszłych pokoleń niezbędnych dla

ich funkcjonowania zasobów surowców), nakładają się zagrożenia związane z przetwarzaniem nośników energii na energię użytkową, związane z emisją ditlenku węgla.

PROBLEMY ZWIĄZANE Z EMISJĄ CO₂

Panuje powszechne przekonanie, że wzrost zawartości ditlenku węgla, pochodzącego ze spalania paliw kopalnianych jest głównym czynnikiem powodującym tzw. „efekt cieplarniany”, objawiający się wzrostem średniej temperatury. Prognozowane zmiany klimatyczne zdają się być na tyle groźne, iż obawy o ich skutki doprowadziły do porozumień międzynarodowych mających na celu ograniczenie emisji tego gazu.

Dla porządku należy odnotować, że znane są poważne prace kwestionujące dominujący wpływ efektu cieplarnianego na obserwowany wzrost średniej temperatury. Według nich, większe wahania temperatury mogły zostać spowodowane zmianami m.in. aktywności słońca.

Niezależnie od takiej czy innej interpretacji przyczyn i skutków efektu cieplarnianego, zużycie nośników energii i emisja CO₂ jest jednym z najważniejszych zagadnień, jakie stoją przed przemysłem cementowym w aspekcie realizacji zasady zrównoważonego rozwoju.

Obniżenie zużycia nośników energii wiąże się bezpośrednio ze zmniejszeniem emisji ditlenku węgla. W tym zakresie możliwe są do podjęcia dwa kierunki działań:

- stosowanie paliw zastępczych wytworzonych z odpadów;
- stosowanie biopaliw.

PALIWA ZASTĘPCZE

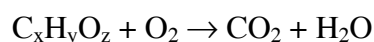
Wykorzystanie odpadów jako paliwa zastępczego do wypału klinkieru jest niewątpliwie dobrym przykładem na realizację zasady zrównoważonego rozwoju. Biorąc pod uwagę, że w przypadku spalania odpadów w piecu cementowym, nie tylko eliminuje się odpady i odzyskuje z nich energię, ale także całkowitej neutralizacji ulegają popioły poprzez wbudowywanie ich składników w klinkier.

Eliminacja odpadów jest niewątpliwie typowym przykładem realizacji zasady zrównoważonego rozwoju w zakresie ochrony powierzchni ziemi.

Wykorzystanie energii z odpadów, co można zaliczyć do recyklingu energii, jest także zgodne z zasadą zrównoważonego rozwoju, oznacza bowiem zmniejszanie zużycia tradycyjnych nośników energii. Warto także odnotować możliwość zmniejszenia emisji ditlenku węgla. Analizując problem z tego punktu widzenia spalane odpady można podzielić na 3 grupy.

Odpady składające się z węglowodorów o ogólnym wzorze $C_xH_yO_z$

Proces spalania tych odpadów schematycznie ilustruje zapis reakcji:

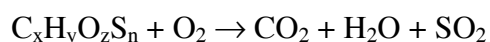


W tym przypadku powstają tylko dwa produkty: CO_2 i H_2O . Warto odnotować, że w przeliczeniu na jedną jednostkę wytwarzanego ciepła, ilość powstającego ditlenku węgla przy spalaniu odpadów tego typu jest mniejsza od ilości wytworzonej przy spalaniu równoważnej ilości węgla.

Oznacza to, że spalanie odpadów organicznych w piecu cementowym przyczynia się do ograniczenia emisji CO_2 .

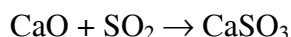
Odpady węglowodorów zawierające dodatkowo związki siarki o ogólnym wzorze $C_xH_yO_zS_n$

Proces spalania tych odpadów schematycznie ilustruje zapis reakcji:



W tym przypadku powstaje ditlenek siarki, podobnie jak to ma miejsce przy spalaniu zasiarczonego węgla. Ponieważ pyły wydostające się z komina i zatrzymywane w elektrofiltrach są alkaliczne, tworzący się ditlenek siarki nie przedostaje się do środowiska.

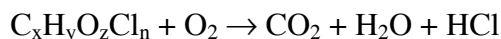
Reaguje on z CaO zawartym w pyłach zgodnie z równaniem:



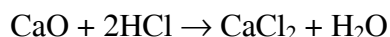
Tworzący się $CaSO_3$ jest zatrzymywany w elektrofiltrze.

Odpady węglowodorów zawierające dodatkowo chlor np. PCV, PCB itp. o ogólnym wzorze $C_xH_yO_zCl_n$

Proces spalania tych odpadów schematycznie ilustruje zapis reakcji:



W tym przypadku, podobnie jak przy spalaniu związków zawierających siarkę, powstający chlorowódor reaguje z CaO zgodnie z równaniem reakcji:



Tworzący się $CaCl_2$ jest zatrzymywany w elektrofiltrze.

Ponadto w warunkach laboratoryjnych przebadaliśmy spalanie pestycydów. Poniżej w tabeli – przedstawiamy reakcje dla kilkunastu najbardziej typowych związków tego typu.

Tabela 2. Charakterystyka produktów otrzymanych ze spalania pestycydów.

Lp.	Nazwa pestycydu	Rodzaj działania i klasa toksyczności	Wzór sumaryczny	Ilość produktu spalania w kg/kg						
				CO ₂	H ₂ O	SO ₂	NO	CaCl ₂	Ca ₃ (PO ₄) ₂	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	Dieldryna	J-II	C ₁₂ H ₈ OCl ₆	1,40	0,19	-	-	0,87	-	
2.	Eudosulfan	J-II	C ₉ H ₆ O ₃ S ₂ Cl ₆	0,98	0,13	0,16	-	0,82	-	
3.	Toksafen	J-II	C ₉ H ₁₀ Cl ₈	0,99	0,23	-	-	1,10	-	
4.	DDT	J-III	C ₁₄ H ₉ Cl ₅	1,75	0,23	-	-	0,78	-	
5.	Lindan	J-III	C ₆ H ₆ Cl ₆	0,92	0,19	-	-	0,38	-	
6.	Metoksychlor	J-III	C ₁₆ H ₁₅ O ₂ Cl ₃	2,05	0,39	-	-	0,48	-	
7.	HCB	J-III	C ₆ Cl ₆	0,94	-	-	-	1,17	-	
8.	Kwintocen	J-III	C ₆ H ₅ Cl ₂ N	0,90	-	-	0,10	0,94	-	
9.	Dimetoat	J-II	C ₆ H ₁₄ O ₃ NS ₂ P	1,09	0,52	0,53	0,12	-	0,64	
10.	Morfotion	J-II	C ₈ H ₁₆ O ₄ S ₂ P	1,30	0,53	0,47	-	-	0,57	
11.	Tiometon	J-II	C ₆ H ₅ O ₂ S ₃ P	1,07	0,55	0,78	-	-	0,63	
12.	Fentionfen	J-II	C ₁₀ H ₁₅ O ₃ SP	1,79	0,55	0,26	-	-	0,63	
13.	Metylodeme	J-II	C ₆ H ₁₅ O ₂ S ₃ P	1,07	0,55	0,55	-	-	0,63	
14.	Demefion	J-II	C ₅ H ₁₃ O ₃ S ₃ P	0,89	0,47	0,77	-	-	0,63	
15.	Fenitron	J-II	C ₉ H ₁₂ O ₅ NSP	1,43	0,39	0,23	0,11	-	0,56	
16.	Treihloroforon	J-III	C ₄ H ₈ O ₂ Cl ₃ P	0,79	0,32	-	-	0,74	0,69	
17.	Malation	J-IV	C ₁₀ H ₁₉ O ₆ S ₂ P	1,33	0,52	0,39	-	-	0,47	
18.	PMA – octan fenylortęciowy	F, H – II	C ₈ H ₉ O ₂ Hg	1,04	0,24	-	-	-	0,64 (HgO)	
19.	CCC	G, H –III	C ₃ H ₁₃ NCl ₂	1,40	0,75	-	-	0,70	-	
20.	2,4 D	H – III	C ₈ H ₅ O ₃ Cl ₂	1,60	0,25	-	-	0,50	-	
21.	2,4,5 T	H – III	C ₈ H ₅ O ₃ Cl ₃	1,39	0,18	-	-	0,65	-	
22.	Chloroksuron	H – IV	C ₁₅ H ₁₅ O ₂ NCl	2,28	0,47	-	0,21	0,19	-	
23.	Kartap	J – III	C ₇ H ₁₆ O ₂ N ₃ Cl ₂	1,47	0,69	-	0,43	0,26	-	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

24.	Karbaryl	J – IV	$C_{12}H_{11}O_2N$	2,63	0,49	-	0,15	-	-
25.	Chloroprofom	H – IV	$C_{10}H_{12}O_2NCl_2$	2,07	0,51	-	0,14	0,26	-
26.	Fenmedifan	H – V	$C_{16}H_{16}O_4N$	2,46	0,53	-	0,10	-	-
27.	Dinitro- cjanobenzen	F – III	$C_7H_3O_4N_3S$	1,37	0,12	0,28	0,40	-	-
28.	Mankozeb	F – IV	$C_4H_6N_2S_4Mn$	0,66	0,20	0,97	0,23	-	0,27 (MnO)
29.	Tiuram	F – IV	$C_6H_{12}N_2S_4$	1,10	0,45	1,07	0,25	-	-
30.	Chinometionat	F – IV	$C_{10}H_6O_2N_2S_2$	1,76	0,22	0,52	0,24	-	-
31.	Octan dinosebu	H – I	$C_{12}H_{14}O_6N_2$	1,87	0,45	-	0,12	-	-
32.	Dinoseb	H – II	$C_{10}H_{12}O_5N_2$	1,83	0,45	-	0,25	-	-
33.	DNOC	J, J – II	$C_7H_6O_5N_2$	1,56	0,27	-	0,30	-	-
34.	DNPP	H, J – II	$C_8H_8O_6N_2$	1,54	0,32	-	0,26	-	-
35.	DINOCAP	F – IV	$C_{19}H_{26}O_6N_2$	2,21	0,62	-	0,16	-	-
36.	Kaptan	F – IV	$C_9H_6O_2SNCl_3$	1,39	0,18	0,26	0,10	0,66	-
37.	Prometryna	H – IV	$C_{10}H_{19}N_5S$	1,83	0,71	0,26	0,62	-	-
38.	Symazyna	H – IV	$C_7H_{12}N_5Cl$	1,53	0,54	-	0,75	0,27	-
39.	Fosforek cynku	R – II	Zn_3P_2	-	-	-	-	1,01 (ZnO)	1,37
40.	DDVP	J – II	$C_4H_7O_4Cl_2P$	0,80	0,29	-	-	0,50	0,70
41.	Antrachinon	Re – IV	$C_{14}H_8O_2$	2,96	0,35	-	-	-	-
42.	NAA	G – V	$C_{12}H_{10}O_2$	2,84	0,48	-	-	-	-
43.	Tetradifon	M – IV	$C_{12}H_6O_2Cl_4S$	1,49	0,15	0,18	-	0,62	-
44.	Tlenochlorek miedzi	F – IV	$H_8Cu_4O_7Cl_2$	-	0,16	-	-	0,25	0,18 (Cu)
45.	Siarka elementarna	F – V	S_8	-	-	2,00	-	-	-

Znaczenie symboli:

J – insektycyd, F – fungicyd, H – herbicyd, M – akaricyd, Re – repelent, R – rodentocyd, D – defoliant

Źródło: badania własne.

BIOPALIWA

Najbardziej pożądanym przykładem realizacji zasady zrównoważonego rozwoju w przemyśle cementowym byłoby stosowanie biopaliw. Stosowanie tego typu paliw nie powoduje zmniejszania się zasobów surowcowych nośników energii. Poza tym, w czasie spalania do atmosfery jest emitowana ilość ditlenku węgla równoważna ilości wcześniej z atmosfery pobranej przy wzroście biomasy.

Wydaje się, że celowym byłoby rozważenie założenia specjalnych upraw roślin na cele energetyczne np. wierzby. Tego typu rozwiązania funkcjonują już w niektórych krajach europejskich, np. w Szwecji.

Biorąc pod uwagę, że powstające w czasie spalania popioły zostają wbudowane w strukturę klinkieru, plantacje takie mogą być uprawiane na obszarach zdegradowanych z wykorzystaniem do nawożenia osadów z oczyszczalni ścieków komunalnych, ponieważ metale ciężkie, które przechodzą z osadów do biomasy, w trakcie spalania ulegają immobilizacji w klinkierze.

Zastosowanie biomasy jako nośnika energii do wypału klinkieru stanowić może podręcznikowy przykład przystosowania się przemysłu cementowego do zasady zrównoważonego rozwoju.

Nie dysponujemy dostatecznymi zasobami informacji, aby jednoznacznie ocenić, z ekonomicznego i technicznego punktu widzenia tego typu rozwiązania. Uważamy jednakże, że metoda ta potencjalnie zawiera możliwość poszerzenia stosowania zasady zrównoważonego rozwoju w przemyśle cementowym.

PODSUMOWANIE

W artykule staraliśmy się pokazać wybrane zagadnienia przemysłu cementowego, z punktu widzenia zgodności z zasadą zrównoważonego rozwoju, wykazując że cement jako materiał konstrukcyjny spełnia podstawowe kryterium takiego rozwoju, jakim jest nie szkodenie przyszłym pokoleniom.

Przeanalizowano również proces produkcyjny, wskazując na te potencjalne rozwiązania, których wprowadzenie jest pożądane z punktu widzenia realizacji zasad zrównoważonego rozwoju.

Zasada zrównoważonego rozwoju została sformułowana w trosce o przyszłe pokolenia. Nie szkodzić im – to znaczy nie tylko zachować niezdegradowane środowisko przyrodnicze, ale także niezbędne surowce dla funkcjonowania cywilizacji ludzkiej. Istotnym aspektem powstrzymania degradacji środowiska przyrodniczego jest niedopuszczenie do

rozprzestrzeniania się w nim związków toksycznych. Z tego punktu widzenia końcowy produkt, jakim jest wytwarzany z cementu beton, sam w sobie nie przyczynia się do emisji toksycznych zanieczyszczeń. Ponadto wykorzystywanie w procesie produkcyjnym paliw alternatywnych, otrzymanych z odpadów i biomasy, przyczynia się do zmniejszenia konsumpcji tradycyjnych nośników energii, a poprzez to pośrednio także ograniczenie emisji CO₂. Technologie te bez wątpienia także zgodne są z wdrażaniem zrównoważonego rozwoju, tak w aspekcie technicznym, jak i czysto środowiskowym, dlatego też należy dążyć do ich jak najszybszego rozpropagowania. Jest to tym bardziej istotne, iż programy środowiskowe Unii Europejskiej odnoszące się do kwestii energetycznych i surowcowych wyraźnie zorientowane są na stosowanie paliw alternatywnych. Polskie doświadczenia, także na tym polu, mogą okazać się bardzo potrzebne.