

7

WYBRANE PROBLEMY MINIMALIZACJI WYTWARZANIA ODPADÓW

7.1 WSTĘP

Z działalnością człowieka, w różnych sferach jego aktywności związana jest kwestia wytwarzania odpadów. Spora część odpadów pochodzi bezpośrednio z procesów produkcyjnych, choć źródeł ich powstawania jest dużo więcej, często jedynie pośrednio powiązanych z procesami technologicznymi. Zwiększająca się skala produkcji i konsumpcji, oraz ich konsekwencja – rosnąca ilość odpadów – doprowadziły do sytuacji, w której priorytetową sprawą jest wypracowanie takich postaw producentów i konsumentów, by skutecznie wspierane były działania na rzecz minimalizowania ilości powstających odpadów. Poniższy artykuł omawia podstawowe kwestie związane z gospodarowaniem odpadami.

7.2 KLASYFIKACJA ODPADÓW

Odpad jest podstawowym pojęciem, które pełni wiodącą rolę w regulacjach prawnych dotyczących gospodarowania odpadami. Poprzez odpad „(...) rozumie się (...) każdą substancję lub przedmiot, których posiadacz pozbywa się, zamierza się pozbyć lub do których pozbycia się jest obowiązany (...)” [5].

Ustawa o odpadach klasyfikuje odpady do wyznaczonych w ustawie grup, podgrup i rodzajów mając na uwadze następujące kryteria [5]:

- pochodzenie ich powstania,
- własności warunkujące to, że dany odpad jest odpadem niebezpiecznym,
- skład odpadów, w którym nadmierna ilość substancji niebezpiecznych może zaklasyfikować odpad jako odpad niebezpieczny.

W ustawie o odpadach wyszczególnienie znalazły następujące rodzaje odpadów [5]:

- komunalne,
- niebezpieczne,
- medyczne – np. leki,
- obojętne – np. ziemia z wykopów,
- ulegające biodegradacji – np. liście, chwasty,
- weterynaryjne – np. zużyte opatrunki wykorzystane podczas leczenia zwierząt,
- zielone – np. skoszona trawa, gałęzie,

- z wypadków (w wyniku istotnej awarii lub szkody w środowisku),
- bioodpady – np. odpady spożywcze.

7.3 PODSTAWOWE AKTY PRAWNE DOTYCZĄCE GOSPODARKI ODPADAMI

Obecny kierunek polityki ekologicznej jaki realizuje Unia Europejska obejmuje nie tylko kwestię zapobiegania zagrożeniom, które wpływają na zdrowie i życie ludzkie oraz środowisko ale dotyczy również podniesienia poziomu wykorzystania zasobów w sensie maksymalnej eksploatacji surowców zawartych w odpadach i minimalizację powstających ilości odpadów. Założenia takiego podejścia zawiera ramowa dyrektywa odpadowa 2008/98/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 19 listopada 2008 r. Dyrektywa opisuje metody gospodarki odpadami oraz nakłada obowiązek na członków UE do opracowania programów przeciwdziałających ich powstawaniu. Podstawowym jej celem jest minimalizacja masy odpadów przekazanych do składowania lub poddanych spalaniu. Omawiana dyrektywa wyszczególnia kolejność postępowania z odpadami – minimalizacja, recykling, odzysk, unieszkodliwienie. Zastosowanie tej kolejności postępowania z odpadami powinno doprowadzić do stworzenia rozwiązań, które pozytywnie wpłyną na środowisko. Istnieje możliwość odejścia od opisywanej hierarchii postępowania w przypadku niektórych rodzajów strumieni odpadów. Musi być jednak zachowane myślenie w kategoriach wpływu jaki odpad wywiera podczas całego swojego cyklu życia.

W Polsce do najważniejszych aktów prawnych obowiązujących w zakresie gospodarki odpadami należą:

- 1) Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy (Dz. Urz. WE L 312 z 22.11.2008).
- 2) Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz. U. z 2012 r. poz. 391 z późn. zm.).
- 3) Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. z 2013 r. poz. 21).
- 4) Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo Ochrony Środowiska (t.j. Dz. U. z 2008 r. Nr 25, poz. 150 z późn. zm.).
- 5) Ustawa z dnia 29 lipca 2005 r. o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz. U. z 2005 r. Nr 180, poz. 1495 z późn. zm.).
- 6) Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. o opakowaniach i odpadach opakowaniowych (Dz. U. z 2001 r. Nr 63, poz. 638 z późn. zm.).

W 1996 roku opracowana została dyrektywa IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń [2]. Jej celem jest pomoc przedsiębiorstwom, by minimalizować wytwarzanie odpadów poprzez bardziej zrównoważone korzystanie z surowców naturalnych. Do obszarów objętych dyrektywa należą między innymi [7]:

- hałas i wibracje,
- zużycie surowców,

- katastrofy ekologiczne,
- minimalizacja odpadów,
- rekultywacja terenu.

W treści dyrektywy wyszczególnione zostały instalacje, w których prowadzona jest działalność związana z [7]:

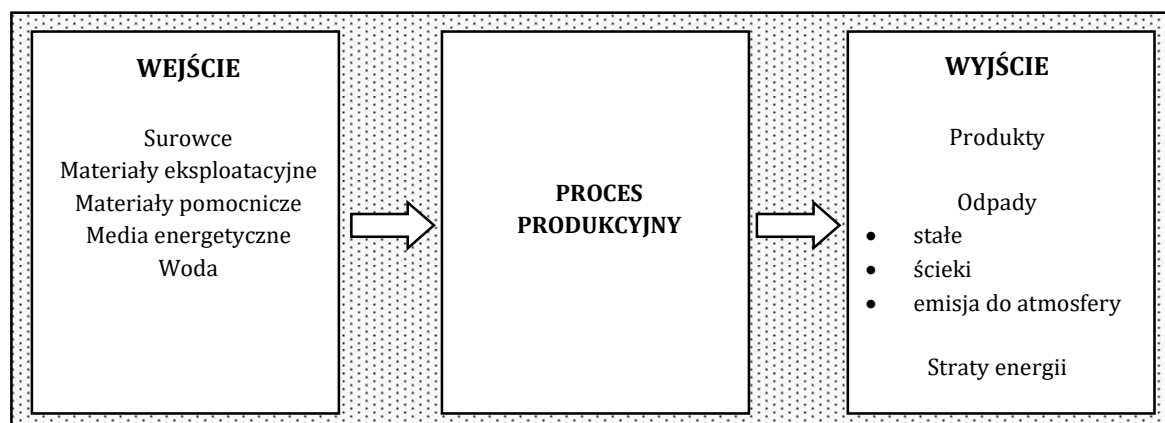
- przemysłem energetycznym – przetwórstwo ropy naftowej i gazów, zakłady energetyki zawodowej (elektrownie),
- produkcją i przetwarzaniem metali – hutnictwo metali żelaznych i nieżelaznych,
- przemysłem mineralnym – hutnictwo szkła, cementownie,
- przemysłem chemicznym – organiczny, nieorganiczny, farmaceutyczny,
- gospodarką odpadami – składowiska, spalarnie,
- inną formą – produkcja papiernicza, spożywcza (produkcja i przetwarzanie żywności, w tym mleka), garbarska, rzeźnicza, hodowla drobiu i trzody chlewnej, utylizacja padliny.

Nie bez znaczenia dla środowiska gruntowo-wodnego ma również działalność górnicza związana z wydobyciem i przetwórstwem węgla kamiennego [3].

W oparciu o stosowanie najlepszych dostępnych technik (BAT), stosowanie recyklingu, po zakończeniu działalności przywracanie terenu do zadawalającego stanu tak dalece, jak tylko jest to możliwe, prowadzący instalację jest zobligowany do wykazania, że ogranicza do minimum oddziaływanie na środowisko w postaci wytwarzania odpadów stałych, ścieków i emisji do atmosfery.

7.4 GOSPODAROWANIE ODPADAMI

Rysunek 7.1 schematycznie przedstawia przepływ zasobów w procesie produkcyjnym. Choć powstawanie odpadów w przedsiębiorstwie często jest efektem właśnie działalności produkcyjnej, nie jest to regułą – wytwarzanie odpadów nie musi być bezpośrednio związane z procesami technologicznymi. Odpad mogą stanowić opakowania, zużyte materiały eksploatacyjne, wycofane urządzenia, odpady spożywcze itp.



Rys. 7.1 Schemat przepływu zasobów w procesie produkcyjnym

7.4.1 Identyfikacja strumieni odpadów

Przedsiębiorstwo, by mogło sprawnie gospodarować odpadami i w końcu minimalizować ich powstawanie, musi trafnie zidentyfikować wszystkie strumienie odpadów. Najprostszym sposobem czytelnego przedstawienia dróg powstawania odpadów jest narysowanie mapy procesów, z uwzględnieniem takich cech odpadów jak [8]:

- właściwości fizyczne,
- stan skupienia,
- podatność na utlenianie,
- podatność na wchodzenie w reakcje chemiczne z różnymi ośrodkami,
- palność,
- stopień toksyczności itp.

Powstała w oparciu o mapę procesów lista odpadów powinna być zaopatrzona w takie informacje, jak [8]:

- ilość produkowanego odpadu,
- miejsce w którym odpady powstają,
- miejsce, do którego odpad trafia.

Cykl życia odpadu z reguły wykracza poza ramy przedsiębiorstwa w którym powstał. Zwłaszcza w przypadku odpadów związanych nie z procesami produkcyjnymi, tylko materiałami będącymi zużytych w procesach pomocniczych i opakowaniowych. Dla uproszczenia należy przyjąć, że gospodarowanie odpadami odbywa się dwufazowo: w pierwszym etapie dokonuje się na terenie przedsiębiorstwa, druga faza ma miejsce poza zakładem. Uwzględnienie tych etapów w tworzonej mapie uczytelni kwestię odpowiedzialności za odpady na każdym etapie jego zagospodarowania.

7.4.2 Kategoryzacja odpadów zgodnie z prawnymi definicjami

Na tym etapie określone zostają grupy odpadów, które wymagają ewidencjonowania. Są to odpady powstałe w procesach przemysłowych, gospodarczych oraz komunalnych. Na podmioty wytwarzające odpady przepisy nakładają szczegółowe obowiązki określające konieczność nadzoru nad kolejnymi etapami powstawania odpadów aż do ich ostatecznego zagospodarowania. Obowiązki te mają za zadanie umożliwić lub w znacznym stopniu ograniczyć niewłaściwe formy przechowywania, transportowania i utylizowania odpadów. Mowa o formach zagrażających życiu lub zdrowiu ludzi, lub zanieczyszczających środowisko. Działania te skutecznie wspomaga sporządzanie dokumentacji przewozowej, która musi być zarchiwizowana przez wytwórcę na okres kilku lat (minimum dwóch).

Szczególną kategorię odpadów stanowią odpady tzw. niebezpieczne. Tą nomenklaturą objęte są odpady, charakteryzujące się następującymi cechami:

- toksyczność,
- łatwopalność,
- korozyjność.

Transport i przechowywanie odpadów niebezpiecznych obwarowane są dodatkowymi wymogami, które ujęte zostały wewnętrznym dokumentem Agencji Środowiska, zwanym „Uwagami wyjaśniającymi”. Agencja publikuje i udostępnia uwagi przedsiębiorstwom, co znacznie ułatwia sprawne i właściwe traktowanie odpadów niebezpiecznych przez ich wytwórców.

Znaczny procent odpadów współczesnego świata to odpady pochodzące z opakowań. Rosnąca skala odpadów opakowaniowych doprowadziła do sytuacji, w której sprawowany jest nadzór nad produkcją materiałów opakowaniowych. Producenci ponadto zobowiązani są wykazywać, czy osiągają narzucony prawnie procentowy poziom odzysku i recyklingu opakowań. Podstawowe wymagania dotyczące opakowań to:

- wymiary fizyczne powinny być minimalne,
- ograniczenie do minimum wykorzystania substancji toksycznych i niebezpiecznych,
- opakowanie musi podlegać odzyskowi poprzez: recykling, spalanie z odzyskiem energii, kompostowanie lub biodegradację,
- zaleca się stosowanie opakowań wielokrotnego użytku.

Ograniczenia związane z zawartością metali ciężkich dotyczą następujących pierwiastków:

- rtęć,
- kadm,
- chrom,
- ołów.

Stosowanie się do prostych zasad, takich jak:

- stosowanie na opakowania materiałów łatwych do utylizacji, lub powtórnego użycia,
- minimalizacja wagi opakowania,
- dążenie do prostoty – złożoność opakowania komplikuje proces technologiczny, podnosząc również jego koszty,
- rezygnacja z trwałego łączenia różnych rodzajów materiałów w opakowaniu,
- rezygnacja ze stosowania kompozytów, które z reguły są mniej przyjazne w recyklingu niż materiały nie łączone z innymi,
- umieszczanie informacji identyfikującej materiał wykorzystany na opakowanie, pozwala niewielkim kosztem wspierać rynek recyklingu.

7.4.3 Formy gospodarowania odpadami

Gospodarowanie odpadami może przyjmować następujące formy [8]:

- 1) Minimalizacja odpadów – oprócz ograniczania wytwarzanych odpadów do minimalizacji zalicza się również zastępowanie określonych materiałów łatwiej degradowalnymi odpowiednikami.
- 2) Recykling – ponowne wykorzystanie zużytych materiałów, produktów.
- 3) Odzysk – pozyskiwanie energii z odpadów, stosując je np. jako paliwo.

4) Unieszkodliwienie – składowanie odpadów na składowiskach lub zniszczenie poprzez unieszkodliwienie chemiczne lub biologiczne, bądź spalanie

Najbardziej pożądaną formą jest przeciwdziałanie powstawaniu odpadów, następnie różne metody ponownego wykorzystania, jak recykling czy odzysk. Na końcu hierarchii znajduje się unieszkodliwianie, czyli składowanie lub spalanie. Prawo unijne akceptuje spalanie jako formę odzysku wyłącznie wtedy, kiedy jednocześnie spełnione są przy tym przepisy w zakresie osiągnięcia określonej efektywności energetycznej.

Minimalizowanie odpadów oparte jest na trzech filarach:

- 1) ludzkim,
- 2) systemowym,
- 3) technologicznym.

7.4.4 Aspekt ludzki

Jak większość zmian, w które zaangażowany jest czynnik ludzki, wdrażanie minimalizowania odpadów wymaga zagnieżdżenia tego faktu w świadomości pracowników. Obniżenie ilości odpadów może być kwestią lepszej gospodarności zasobami, zaczynającej się już na najniższych szczeblach. Profitem takiego podejścia może być obniżenie kosztów produkcji, co z kolei wpłynie na przeformułowanie nowych progów wydajności. W przypadku wzrostu jednostkowego kosztu produkcji (w odniesieniu do siły roboczej) może zostać zrównoważony mniejszym zużyciem materiału. Takie pojmowanie minimalizowania odpadów jest zbieżne z innymi działaniami dotyczącymi pracowników, jak np. z popularną koncepcją stosowaną przez wiele organizacji – TQM (Total Quality Management).

7.4.5 Aspekt systemowy

Systemowe postrzeganie kwestii pomiaru parametrów procesu wydatnie ujawnia elementy, w których jest coś do udoskonalenia. Im więcej przedsiębiorstwo zmierzy parametrów procesów, tym pełniejszy nadzór nad nimi jest możliwy.

7.4.6 Aspekt technologiczny

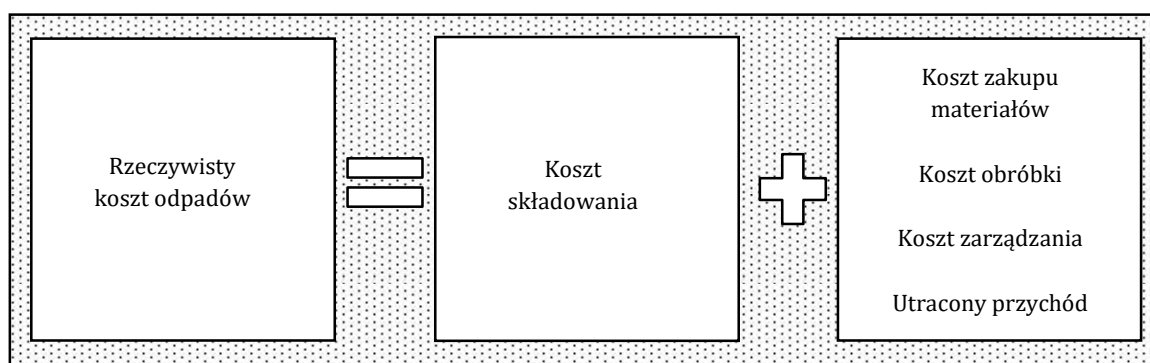
Inwestowanie w czystsze technologie nie musi oznaczać angażowania dużych środków pieniężnych – często znaczne korzyści uzyskiwane są poprzez szereg niskonakładowych inwestycji.

Minimalizowanie odpadów stało się w wielu przedsiębiorstwach stałym elementem strategii. Tak rozwinięta polityka środowiskowa obejmująca takie zagadnienia, jak: działanie w zgodzie z literą prawa, ograniczanie zużycia surowców i zasobów naturalnych z myślą o przyszłych pokoleniach, ograniczanie emisji zanieczyszczeń do środowiska doskonale wpisuje się w koncepcję zrównoważonego rozwoju.

Minimalizacja odpadów jest działaniem nakierowanym na takie wykorzystanie zasobów, by ograniczyć powstawanie odpadów u źródła. Efekt zmiany procesów

poprzez bardziej efektywne wykorzystanie zasobów nosi miano wydajności procesu lub wykorzystania zasobu.

Koszt rzeczywisty odpadu jest często błędnie identyfikowany z kosztem jego składowania. Takie postrzeganie ukrywa inne koszty ponoszone z reguły jeszcze w procesie produkcyjnym. Rysunek 7.2 przedstawia w uproszczony sposób składowe kosztów odpadu.



Rys. 7.2 Składowe kosztów odpadów

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [8].

Włączanie problemu ograniczania odpadów w misję przedsiębiorstwa oznacza gotowość podmiotu na podniesienie konkurencyjności podmiotu poprzez:

- obniżenie kosztów produkcji,
- działanie w zgodzie z prawem,
- ograniczenie odpowiedzialności,
- poprawa relacji z klientami.

Obniżenie kosztów produkcji przy ograniczaniu ilości odpadów może być związane ze wzrostem wydajności produkcyjnej, która wpłynie na zmniejszenie kosztu jednostkowego wyrobu. Rosnąca świadomość ogólna społeczeństw na temat ekologii i ochrony środowiska, oraz postępujące za tym zaostrzenie rygorów dotyczących wpływu działalności na środowisko skutkuje tym, że przedsiębiorstwa chętniej angażują się w działania proekologiczne. Fakt ten, poza oczywistymi skutkami środowiskowymi, jest wykorzystywany przez przedsiębiorstwa do wzmocnienia wizerunku firmy w oczach wymagającego klienta.

7.5 GOSPODAROWANIE ODPADAMI

Doświadczenie krajów wiodących w dziedzinie gospodarowania odpadami wskazuje, że rozwój metod ich minimalizowania odbywać się będzie nie tylko w sferze produkcyjnej, ale zależeć będzie od umiejętności przyjmowania spójnych, kompatybilnych postaw producentów, handlowców oraz konsumentów. Produkcję tanich, psujących się po krótkim czasie użytkowania wytworów zastąpić powinny produkty trwałe oraz naprawialne. Z handlem i promowaniem produktu związana jest przede wszystkim konieczność odejścia od nadmiernego i niepotrzebnego,

opakowywania. Natomiast opakowania, które w danym produkcie, czy rodzaju produktu jest niezbędne powinno składać się z jak najmniejszej ilości różnych materiałów i być opakowaniem zwrotnym. Konsumpcja powinna zmienić charakter na wspierającą rynek recyklingu. Poniżej krótko scharakteryzowano kilka obszarów ludzkiej działalności, nie związanej bezpośrednio z procesami produkcyjnymi, w obrębie której dokonują się, lub powinny dokonywać przemiany mające na celu zmniejszanie ilości odpadów wprowadzanych do środowiska.

7.5.1 Wspieranie serwisowania sprzętu

Badania wykazują, że do 20% sprzętu AGD, którego pozbywają się użytkownicy nadaje się jeszcze do naprawy.

7.5.2 Wypożyczalnie przedmiotów rzadko używanych

Z racji długoletnich praktyk, wypożyczanie niektórych wyrobów nie budzi w konsumentach żadnych obiekcji, jak np. literatura z bibliotek, sprzęt sportowy (narciarski, rowerowy), w bardziej ograniczonym zakresie (z reguły w kręgu znajomych) dochodzi do wypożyczania lub przekazywania sprzętu dziecięcego – zabawek, rowerków, fotelików samochodowych. Stosowanie tej praktyki na większą skalę było by właściwym sposobem na przeciwdziałanie zakupom produktów wykorzystywanych przez stosunkowo krótki okres ich żywotności. Do wypożyczania kwalifikuje się szeroki asortyment produktów z różnych obszarów aktywności człowieka, min:

- narzędzia oraz elektronarzędzia,
- zastawy i serwisy stołowe zamiast jednorazowych tacek i sztućców z tworzywa sztucznego,
- nośniki zawierające filmy, muzykę oraz gry,

Systematycznie serwisowane, sprawne i należycie działające wytwory, zgromadzone w wypożyczalniach stanowiły by atrakcyjną z punktu widzenia ilości odpadów alternatywę dla masowo kupowanych i rzadko używanych bądź natychmiast wyrzucanych.

7.5.3 Rynek wtórny

Funkcję komisów, sklepów z odzieżą typu „second hand” oraz targów sprzętu używanego od co najmniej dekady z powodzeniem przejęły aukcje internetowe, na których w zasadzie można kupić każdy używany produkt. Przedsięwzięcia takie dają możliwość dalszego użytkowania produktom, które w przeciwnym razie tkwiłyby bezużytecznie na strychach, w piwnicach lub powędrowałyby na śmietnik.

7.5.4 Napełnianie opakowań

Specyficzną formą minimalizowania opakowań jest sprzedaż samego środka który jest wlewany do pojemnika konsumenta. Obecnie w ten sposób są rozprowadzane ze specjalnych dystrybutorów np. środki czystości (Wielka Brytania)

[1], w minionych dekadach w Polsce popularne było napełnianie baniek mlekiem, lub w miastach butelek zwrotnych.

7.5.5 Minimalizacja marnotrawstwa żywności

Marnotrawstwo żywności jest sporym problemem w wielu krajach – około 20% wyprodukowanej żywności trafia na śmietnik, podczas gdy jej jakość z powodzeniem mogłaby zaspakajać elementarne potrzeby rzeszy potrzebujących. Bezpłatne przekazywanie żywności np. bezdomnym często jest blokowane istniejącymi zapisami prawnymi (jak to ma miejsce w Polsce), jednak powstające wolontariaty starają się realizować taką działalność [6].

7.5.6 Odzysk odpadów organicznych

Fermentacja odpadów kuchennych (takich jak np. obierki warzywne), oraz roślinnych w przydomowych kompostownikach, zorganizowanych w specjalnych pojemnikach na balkonie lub w ogrodzie jest dobrą drogą wytwarzania kompostu wykorzystywanego następnie w przydomowych ogrodach, warzywniakach lub zieleni miejskiej [4].

7.6 PODSUMOWANIE

Zapobieganie powstawania odpadów jest kwestią złożoną i nie należy do rzeczy prostych. Wymaga zaangażowania i współpracy wielu środowisk, ale przede wszystkim wypracowania jednolitej linii myślenia sfery produkcyjnej, handlowej i konsumpcyjnej, skutecznie wspieranej prawem. Dla przeciętnego konsumenta minimalizowanie odpadów może zacząć się już w jego własnym gospodarstwie domowym i zależeć będzie od jego decyzji co do kształtu funkcjonowania w oparciu o rodzaj i sposób nabywania oraz korzystania z dóbr. Spójne działanie takich elementarnych jednostek społecznych wpłynie pozytywnie na zmiany w dziedzinie zagospodarowania odpadów na poziomie gminy. Korzyści takich zmian to zarówno (w węższym wymiarze) oszczędności związane z ograniczeniem powstawania odpadów, jak i (w perspektywie dużo szerszej) mniejsze oddziaływanie na środowisko.

LITERATURA

- [1] S. Callard, D. Millis *"Green Living"*, Andre Deutsch Ltd, London, 2001.
- [2] Dyrektywa 96/61/EC z 24 września 1996 r
- [3] A. Michalska, B. Białecka „Zawartość rtęci w węglu i odpadach górniczych”, *Prace naukowe GIG Górnictwo i Środowisko*, 3/2012, Wydawnictwo GIG, Katowice 2012.
- [4] J. Siuta, G. Wasiak *"Kompostowanie odpadów i użytkowanie kompostu"*, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 2000.
- [5] Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, Dz. U. z 2013 r. poz. 21, Art. 3 ust. 1 pkt 6.
- [6] A. Będkowski „Jak zmniejszyć ilość odpadów – przegląd dobrych praktyk”,

- http://www.zm.org.pl/?a=redukcja_odpadow_ab
- [7] Pozwolenia zintegrowane (IPPC) – Folder informacyjny dla przemysłu i administracji publicznej.
https://ippc.mos.gov.pl/ippc/custom/broszura_przemysl.pdf
- [8] Minimalizacja odpadów – Poradnik Dobrej Praktyki,
http://eko-net.pl/uploads/media/Minimalizacja_odpadow_01.pdf

WYBRANE PROBLEMY MINIMALIZACJI WYTWARZANIA ODPADÓW

Streszczenie: Problem wytwarzania odpadów zarówno w procesach produkcyjnych, jak i w działalności człowieka nie związanej bezpośrednio z procesami technologicznymi wymaga skutecznego przeciwdziałania. Istnieje konieczność wypracowywania takich wzorców produkcyjnych, handlowych i konsumpcyjnych, które będą sprzyjać ograniczeniu ilości wytwarzanych odpadów i maksymalnemu wykorzystaniu zasobów w nich zawartych. Korzyści minimalizowania odpadów rozpatrywać można zarówno w kategoriach ekonomicznych, jak i środowiskowych i społecznych.

Słowa kluczowe: minimalizowanie odpadów, unieszkodliwienie, recykling, odzysk

SELECTED ASPECTS OF MINIMALISATION OF WASTE PRODUCTION

Abstract: The problem of waste generation in both manufacturing processes and human activities not directly linked to the technological processes requires effective prevention. There is a need to develop such patterns of production, trade and consumption, which will be conducive to reducing waste and maximum use of resources contained in them. The benefits of minimising waste can be considered both in terms of economic as well as environmental and social.

Key words: minimalisation of waste, utilization, recovery, disposal of waste

dr inż. Krzysztof Michalski
Politechnika Śląska,
Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze
e-mail: Krzysztof.Michalski@polsl.pl

dr inż. Jacek Sitko
Politechnika Śląska,
Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze
e-mail: Jacek.Sitko@polsl.pl

Data przesłania artykułu do Redakcji: 06.2016
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 09.2016