

Zarządzanie środowiskowe materiałami wybuchowymi

Environmental management of explosives

Andrzej Maranda, Bożena Kuczyńska

*Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Wydział Nowych Technologii i Chemii,
ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, PL*

Streszczenie. *Artykuł jest wstępem do opracowaniu systemu oceny cyklu istnienia materiałów wybuchowych we wszystkich fazach istnienia wyrobu uwzględniając analizę energetyczno-ekologiczną oraz ich funkcjonalność. Fazy istnienia wyrobu obejmują takie procesy jak: projektowanie, wytwarzanie, użytkowanie oraz użytkowe przetwarzanie. Analiza energetyczno-ekologiczna to kompleksowa ocena oddziaływania na środowisko materiałów wybuchowych pod kątem minimalizacji energii, kosztów potencjalnego unieszkodliwiania, oceny uciążliwości technologii chemicznej na środowisko.*

Ze względu na szczególnie rynek wykorzystania materiałów wybuchowych w tej nowej technice ochrony środowiska uwzględniającej minimalizację produktów odpadowych i oszczędne wykorzystanie surowców naturalnych, należy w szczególności zwrócić uwagę na bezpieczeństwo człowieka i jednocześnie utrzymanie określonego poziomu użyteczności danego produktu.

Słowa kluczowe: *materiały wybuchowe, LCA*

1. Wstęp

Obecnie w każdej gałęzi przemysłu mamy do czynienia z aspektami stanowiącymi przedmiot strategii wdrażania zintegrowanej polityki produktowej [1]. W związku z powyższym przed przemysłem materiałów wybuchowych (MW) stoją coraz to nowe wyzwania w postaci konieczności wprowadzania nowoczesnych technologii i wzrastające, wymuszone przez nowe techniki w ochronie środowiska, zapotrzebowanie na przyjazne dla środowiska materiały wybuchowe. W zakładach odkrywkowych, z punktu widzenia ochrony środowiska, podczas prowadzenia prac strzałowych istotne są takie elementy jak: wielkość drgań parasejsmicznych, zasięg rozrzutu odłamków skalnych oraz intensywność fali podmuchu rozchodzącej się w powietrzu od miejsca detonacji ładunków MW. Inne potencjalnie szkodliwe zjawiska towarzyszące pracom strzałowym, tj. przejście składników materiałów wybuchowych do środowiska czy emisja toksycznych produktów gazowych są pomijane, jako mało istotne. Mają one jednak szczególne znaczenie w pracach w kopalniach podziemnych [2]. Wymienione procesy są ściśle powiązane ze składem i strukturą materiałów wybuchowych oraz stosowaną technologią prowadzonych robót strzałowych. Nieodpowiedni skład jakościowy i ilościowy materiału wybuchowego oraz niewłaściwa technologia wykonania prac strzałowych może spowodować zanieczyszczenie urobku oraz lokalne zachwianie optymalnego składu atmosfery. Te czynniki mogą w negatywny sposób wpływać na zdrowie i życie pracowników uczestniczących w całym procesie wydobywczym [2].

Obecnie obok wyżej wymienionych czynników coraz większe znaczenie w ocenie przydatności danego MW mają również inne przesłanki ekologiczne, a w szczególności efekty ekologiczne wynikające między innymi z właściwości surowców wykorzystywanych do produkcji komponentów MW, parametrów wytwarzania MW i stosowania w całym cyklu użytkowania. Właściwości ekologiczne obejmują wszystkie parametry materiałów, które umożliwiają ich wykorzystanie powtórne w przemyśle materiałów wybuchowych lub przetworzenie w celu użycia w innych dziedzinach gospodarki, bez szkody dla środowiska naturalnego. Na przykład recykling jako system wielokrotnego wykorzystywania tych samych materiałów w kolejnych dobrach materialnych i użytkowych chroni w ten sposób nieodnawialne lub trudno odnawialne źródła surowców, a jednocześnie ogranicza produkcję odpadów, które musiałyby być gdzieś składowane lub utylizowane. Obecnie w pierwszej kolejności należy zapobiegać powstawaniu odpadów oraz minimalizować ich ilość już na etapie planowania produkcji [3].

W pracy przedstawiono ogólne wiadomości o analizie cyklu życia wyrobów, uwzględniając nietypowy wyrób jakim jest materiał wybuchowy. Pokazano również wybrane zagadnienia związane z niekorzystnym wpływem górniczych materiałów wybuchowych na środowisko. Przedstawiono wpływ składników palnych, których nieekologiczne oddziaływanie może występować podczas produkcji i stosowania materiałów wybuchowych. Opisano zagrożenia ekologiczne jakie występują podczas prowadzenia prac strzałowych w górniczych zakładach odkrywkowych.

2. Cykl życia wyrobu

2.1. Wprowadzenie

Wpływ wyrobów na środowisko ocenia się poprzez analizę jego cyklu życia, co można najkrócej określić, jako badanie oddziaływania na środowisko każdego produktu od wczesnej fazy produkcji do jego zniszczenia lub utylizacji. W przypadku materiałów wybuchowych proces stosowania jest równoznaczny z fazą niszczenia. W badaniach uwzględnione mogą być wszystkie etapy produkcji i eksploatacji wyrobu na etapie: przedprodukcyjnym, produkcyjnym, dystrybucji (w tym pakowania), użytkowania oraz recyklingu i utylizacji odpadów. W czasie każdego z tych etapów oceniane są takie aspekty jak: jakość powietrza, wody, gleby, ograniczenie ilości odpadów, oszczędność energii, gospodarka zasobami naturalnymi, zapobieganie globalnemu ociepleniu, ochrona warstwy ozonowej, bezpieczeństwo środowiska, ochrona ekosystemu. Dodatkowo każdy z etapów cyklu życia produktu, uwzględniany w charakterystykach energetyczno-ekologicznych, analizowany jest pod kątem: surowcochłonności, energochłonności, wodochłonności, powstawania odpadów i ich recykulacji, „przyjazności” dla użytkownika, czy łatwości obsługi. Dodatkowymi kryteriami mogą być również: emisja hałasu, zajęcie przestrzeni oraz estetyka wykonania. Ocenie środowiskowej i ekoetykietowaniu mogą być poddane wszystkie produkty dostępne na rynku, a zwłaszcza te, które wykazują istotną uciążliwość dla środowiska i realne możliwości poprawienia cech szkodliwych dla środowiska.

Metod oceny wpływu wyrobów i przedsięwzięć gospodarczych na środowisko jest wiele. Obecnie tylko dwie metody uznane są za najpełniej odzwierciedlające rzeczywistość antropopresję, czyli wpływ działań człowieka na środowisko naturalne. Są to metody oceny oddziaływania na środowisko EIA (*Environmental Impact Assessment*) oraz analizy cyklu życia produktu LCA (*Life Cycle Analysis*), zwane także ekobilansem. O ile pierwsza z nich znajduje zastosowanie głównie przy lokalizacji inwestycji gospodarczych, to druga doskonale nadaje się do kompleksowych badań produktów. Daje też możliwość porównania oddziaływania na środowisko różnych towarów o podobnym zastosowaniu.

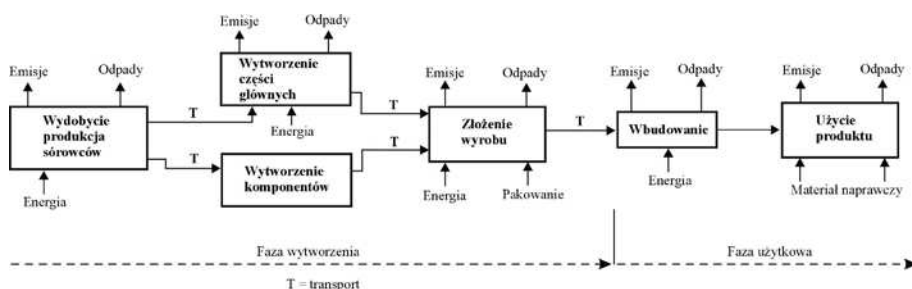
Wspomniana ocena środowiskowa i w konsekwencji certyfikacja kończy się zwykle nadaniem odpowiedniej etykiety produktu. Kryteria przyznawania znaku wypracowuje się indywidualnie dla każdej grupy towarowej. W Europie zgodnie z założeniami ustalonymi przez OECD (*Organisation for Economic Cooperation and Development*) nadanie towarowi ekoetykiety zostaje dokonane przez odpowiednią organizację publiczną lub prywatną. W związku z tym w ramach UE ustalanie kryteriów ekologicznych i przyznawanie produktom symbolu leży w gestii Europejskiej Organizacji ds. Ekoznaku.

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania informacją o oddziaływaniu wyrobów na środowisko oraz szybki rozwój środowiskowych systemów zarządzania w przedsiębiorstwach zgodnie z ISO 14001 [4]. Środowiskowe systemy zarządzania opierają się na analizie procesu produkcyjnego, który uwzględnia wszystkie elementy tzw. wejść (rys. 1) jak:

- zużycie surowców,
- zużycie energii,
- transport,

oraz analizę tzw. wyjść (rys. 1), czyli:

- odpadów,
- emisji zanieczyszczeń do powietrza, wody i gleby.



Rys. 1. Poglądowy schemat systemu do analizy zbioru wejść i wyjść w cyklu istnienia wyrobu. [6]

Obecnie LCA oparte na zaleceniach normy ISO 14040 ÷ 14043 tzw. analizy całego cyklu życia wyrobu, są stosowane powszechnie jako narzędzie do oceny obciążeń środowiska wynikających z produkcji wyrobów, ich przeznaczenia i funkcjonowania podczas magazynowania oraz ich likwidacji. Systemowe podejście do LCA regulują dokumenty z serii ISO 14040. Szereg norm objętych LCA obrazuje tab. 1.

Tab. 1. Normy objęte LCA. [5]

Nr normy	Tytuł normy	Uwagi
ISO 14040	Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework (ISO 1997)	Zawiera ogólne zasady wykonywania analiz energetyczno – ekologicznych wg metodologii LCA
ISO 14041	Environmental Management – Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition and Inventory Analysis (ISO 1998)	Opisuje sposób formowania celu oraz zakresu analizy, zasady gromadzenia danych niezbędnych do wykonania analizy oraz zasady prowadzenia analizy zebranych informacji.
ISO 14042	Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment (ISO 1999)	Zawiera zasady określania obciążeń środowiska przy pełnym cyklu istnienia wyrobu.
ISO 14043	Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation (ISO 2000)	Zawiera zasady przygotowania końcowego raportu sumującego wyniki analizy LCA, w wyniku której uzyskuje się udokumentowaną charakterystykę energetyczno – ekologiczną wyrobu.
ISO/TR 14047	Environmental Management – Life Cycle Impact Assessment – Examples of application of ISO 14042 (ISO 2003)	Zawiera przykłady wykonywania poszczególnych faz analizy LCA w celu ułatwienia interpretacji zawartych w normach ISO 14040 i ISO 14041.
ISO/TR 14049	Environmental Management – Life Cycle Assessment – Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis (ISO 2000)	Podaje szczegółowe wyjaśnienia odnośnie do zastosowań normy ISO 14041 wraz z odpowiednio dobranymi przykładami.

2.2. Etapy analizy LCA

Analiza LCA składa się z czterech etapów. W pierwszym etapie analizy LCA definiowane jest przeznaczenie analizy i jej zakres oraz odbywa się definiowanie granic systemu dla wyrobu poddawanego analizie, a także analizie granic ewentualnych podsystemów. W ramach etapu drugiego odbywa się identyfikacja i kwantyfikacja danych począwszy od pozyskania surowców energetycznych i nieenergetycznych, strumieni zanieczyszczeń (gazowych, ciekłych i stałych) odprowadzanych do środowiska w pełnym cyklu istnienia wyrobu, procesu, usługi. Następnie prowadzi się analizę zbioru informacji w celu określenia ich wiarygodności i dokładności z punktu widzenia założonego celu analizy. W etapie trzecim wykonuje się ilościową i jakościową ocenę obciążeń środowiska z punktu widzenia wykorzystania zasobów naturalnych oraz odprowadzanych do środowiska zanieczyszczeń w związku z wytwarzaniem danego materiału lub wyrobu. Prowadzi się klasyfikację danych pochodzących z inwentaryzacji w poszczególne kategorie wpływu na środowisko np. przydzielanie poszczególnych emisji do kategorii. W etapie czwartym, prowadzi się interpretację wyników oraz analizę wielu

możliwych rozwiązań, które mogłyby wpłynąć na zmniejszenie uciążliwości ekologicznej rozpatrywanego wyrobu. Określa się potencjalne obszary poprawy wg ISO 14043.

Zasady certyfikacji i prezentacji wyników analiz LCA w tzw. deklaracjach III typu (*Type III Environmental Product Declaration*) ujęte są w Raporcie Technicznym ISO TR 14025. Deklaracja środowiskowa III rodzaju to określenie aspektów środowiskowych (czyli wszystkich elementów działań organizacji, jej wyrobów lub usług, które mogą wzajemnie korelować ze środowiskiem), wyrobu w pełnym cyklu jego istnienia i publiczna ich prezentacja w sposób zalecany z Raportem Technicznym ISO TR 14025.

2.3. Rodzaje kategorii obciążenia

Wybór kategorii obciążeń środowiska charakteryzujący wyrób powinien być ukierunkowany na rozwój zrównoważony, zachowanie zasobów naturalnych, globalną ochronę środowiska Ziemi, ochronę zdrowia i stabilność ekosystemów. Ocenę oddziaływania na środowisko prowadzi się analizując szereg kryteriów. Kategorie oddziaływań na środowisko według SETAC przedstawia tab. 2.

Tab. 2. Zestawienie podstawowych kategorii obciążeń środowiska uwzględnionych w charakterystykach energetyczno-ekologicznych. [6,7]

Kategorie obciążeń	Krótki opis	Przykłady przyczyn	Oznaczenie zakresu*	Kategoria wg SETAC
Wykorzystanie surowców	Zużycie surowców odnawialnych i nieodnawialnych	Wydobycie węgla, rudy żelaza	R,E	1
Potencjał cieplarniany (GWP)	Emisje do atmosfery, które podwyższają temperaturę powietrza.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O,...	E	2
Potencjał uszczuplenia ozonu (ODP)	Emisje do atmosfery, które niszczą ozon w stratosferze	CFC, HCFC,...	E,M	3
Potencjał zakwaszania (AP)	Emisje do atmosfery, które wywołują kwaśne deszcze	SO ₂ , NO _x , HCl, HF,...	E	6
Potencjał eutrofizacji środowiska (EP)	Eutrofizacja wód lądowych i gleby	Związki azotu i fosforu,	E	7
Potencjał fotochemicznego utleniania w troposferze (POCP)	Emisje do atmosfery, które powodują tworzenie ozonu w pobliżu Ziemi	Węglowodory	M,E	8
Potencjał szkodliwości w odniesieniu do ludzi (HTP)	Emisje do środowiska, które są szkodliwe dla ludzi i ich genów,	Ciężkie metale, dioksyny, ...	M	4
Potencjał szkodliwości w odniesieniu do środowiska (ECA, ECT)	Emisje do środowiska, które są szkodliwe dla ekosystemów,	Ciężkie metale, kwasy, ...	E	5
Wykorzystanie terenu i przestrzeni	Czas trwania i rodzaj zmian terenu i przestrzeni w wyniku aktywności człowieka	Teren i przestrzeń na wydobywanie surowców i budowę zakładów	R,E	9

* - E – funkcjonowanie ekosystemu, M – zdrowie i samopoczucie człowieka, R – surowce.

Materiały zastosowane do produkcji wyrobu ocenia się zbiorem tzw. równoważnych emisji zanieczyszczeń charakteryzujących określone kategorie skumulowanych obciążeń środowiska. Obciążenie skumulowane jest sumą oddziaływań wszystkich elementów składowych. Równoważne emisje zanieczyszczeń wyraża się ilością substancji charakteryzujących dane kryterium obciążenia środowiska na jednostkę masy wyrobu tzw. jednostkę funkcyjną. Zużycie energii pierwotnej jest skumulowaną sumą wszystkich poborów energii w przeliczeniu na energię pierwotną. Suma wszystkich minerałów zużytych w procesach wytwarzania wyrobu zawarta jest w kryterium zużycia zasobów nieenergetycznych. Suma powstających odpadów w kategorii odpady. Kategoria transport jest sumą wszystkich procesów transportowych wyrażoną w tonokilometrach.

Zbiór skumulowanych obciążeń środowiska Ω_j dla j-tego materiału, wchodzącego w skład np. materiału

wybuchowego jako końcowego wyrobu, obejmujący wszystkie rozpatrywane obciążenia, można zapisać w postaci wymiarowego wektora [8] w następującej formie:

$$\Omega_j^T = [\Omega_E, \Omega_M, \Omega_W, \Omega_{GWP}, \Omega_{ODP}, \Omega_{POCP}, \Omega_{AP}, \Omega_{EP}, \Omega_{HTP}, \Omega_{OTV}, \Omega_Q, \Omega_R]$$

gdzie:

- kategorie skumulowanego zużycia:
 - E – zasobów energii nieodnawialnej,
 - M – zasobów surowców nieenergetycznych,
 - W – zasobów wody,
- wskaźniki skumulowanej emisji substancji:
 - GWP – gazów cieplarnianych,
 - ODP – niszczących stratosferyczną warstwę ozonową,
 - POCP – wpływających na fotochemiczne powstawanie ozonu,
 - AP – zakwaszających środowisko,
 - EP – powodujących eutrofizację środowiska,
 - HTP – potencjał oddziaływania na ludzi, np. związków toksycznych w powietrzu,
 - OTV – potencjał wydzielania odorów w powietrzu,
 - Q – emisja ciepła do otoczenia,
 - R – emisja promieniowania jonizującego.

Górnice materiały wybuchowe są układami typu utleniacz-składnik palny. O ile gama stosowanych utleniaczy jest bardzo zawężona – zazwyczaj azotan(V) amonu, czasami azotan(V) sodu a rzadziej azotan(V) wapnia – to ilość wykorzystywanych składników palnych jest bardzo duża. W przypadku stosowania MW w zakładach wydobywczych może wystąpić szereg zagrożeń wynikających z właściwości na przykład składnika palnego, które zostały zestawione w tab. 3.

Tab. 3. Obciążenia środowiskowe składników palnych stosowanych w górnich materiałach wybuchowych. [2]

Typ MW	Składniki palne MW	Niekorzystne oddziaływanie na:	
		środowisko	człowieka
Saletrole	oleje	w przypadku otworów wilgotnych, a szczególnie zawadzionych, może nastąpić skażenie olejami mineralnymi	niektóre typy olejów mogą spowodować reakcje uczuleniowe, a w przypadku stosowania „olejów przepaczonych” lub słabo oczyszczonych występuje zagrożenie nowotworowe
Amonity	nitroglikol, nitrogliceryna, trotyl, dinitrotoluen	może nastąpić skażenie środowiska nitrogliceryną a szczególnie nitroglikolem	nitrogliceryna i nitroglikol powodują obniżenie ciśnienia tętniczego, a trotyl i dinitrotoluen mają działanie nowotworowe
Dynamity	nitroglikol, nitrogliceryna, dinitrotoluen	może nastąpić skażenie środowiska nitrogliceryną a szczególnie nitroglikolem	nitrogliceryna i nitroglikol powodują obniżenie ciśnienia tętniczego, a dinitrotoluen ma działanie nowotworowe
Zawieszinowe	w niektórych przypadkach trotyl	-	trotyl ma działanie nowotworowe
Emulsyjne	produkowane przez firmę Blastexpol nie zawierają składników toksycznych	-	-

Przedstawione powyżej zagrożenia związane ze stosowaniem materiałów wybuchowych są zagrożeniami czysto chemicznymi i są związane z przenikaniem składników palnych materiałów wybuchowych do środowiska

oraz występowaniem w produktach wybuchu toksycznych gazów. Na tym etapie analizy nie można również zapominać o zagrożeniach czysto fizycznych generowanych np. podczas detonacji materiałów wybuchowych. Zagrożenia ekologiczne wynikające ze stosowania w górnictwie odkrywkowym materiałów wybuchowych przedstawiono w tab. 4.

Tab. 4. Zagrożenia ekologiczne wynikające ze stosowania materiałów wybuchowych w górnictwie odkrywkowym. [2]

Rodzaj zagrożenia	Czynniki warunkujące zagrożenie	Wielkość i zasięg zagrożenia	Negatywne skutki oddziaływania
Toksyczne składniki MW	wodoodporność stosowanego MW, stopień zawodnienia otworu strzałowego	w skrajnych przypadkach do kilkuset metrów	możliwość skażenia nitrozwiązkami wód powierzchniowych i gruntowych
Fala uderzeniowa przechodząca w górotworze	technologia strzelania, sposób inicjowania oraz masa i parametry detonacyjne odpalanego ładunku MW	kilka metrów	wywołanie spękań górotworu poza zaplanowaną siatkę strzałową, naruszenie struktury bloków skalnych
Fala parasejsmiczna	technologia strzelania, sposób inicjowania oraz masa i parametry detonacyjne odpalanego ładunku MW, rodzaj falowodu	(100 ÷ 2000) m	uszkodzenie obiektów
Powietrzna fala podmuchowa	technologia strzelania, sposób inicjowania oraz masa i parametry detonacyjne odpalanego ładunku MW	(80 ÷ 600) m	uszkodzenie obiektów, zagrożenie zdrowia ludzkiego
Toksyczne składniki produktów wybuchu	rodzaj stosowanego MW, sposób inicjacji	(15 ÷ 150) m	zanieczyszczenie atmosfery, zagrożenie zdrowia ludzkiego
Rozrzut odłamków skalnych	technologia strzelania, masa i parametry energetyczne MW	(100 ÷ 400) m	uszkodzenie obiektów, zagrożenie zdrowia i życia ludzkiego
Zapylenie	technologia strzelania, wielkość ładunku, właściwości mechaniczne obciążanego górotworu	< 250 m	w ograniczonym zakresie niekorzystne oddziaływanie na środowisko

2.4. Ekobilanse i kategorie oddziaływania na środowisko

Jako narzędzia oceny ekologicznej, wykorzystuje się ekobilanse. Podstawowym celem ekobilansu jest analiza porównawcza lub optymalizacja ukierunkowana na wyrób lub proces, tak aby było możliwe złagodzenie oddziaływania środowiskowego. Jako przykłady można uznać ekologiczną optymalizację wyrobu, procesu, przedsiębiorstwa bądź porównanie pod względem ekologicznym dwóch surowców, systemów produkcji, materiałów. Stanowi to wsparcie procesu decyzyjnego odnośnie do wyrobu najlepszego wariantu lub stwierdzenia spełniania wymagań ekologicznych. Zatem każdorazowo wybór kategorii obciążeń środowiska charakteryzujących wyrób powinien być ukierunkowany na rozwój zrównoważony (z ang. *sustainable development*), zachowanie zasobów naturalnych, globalną ochronę środowiska Ziemi, ochronę zdrowia i stabilność ekosystemów. Może on być też podstawą do uruchomienia lub wstrzymania produkcji, przyznania środków finansowych, oznaczenia wyrobu znakiem ekologicznym.

2.5. Analiza i charakterystyka energetyczno-ekologiczna wyrobu zgodna z metodologią LCA

W różnych krajach informacje o właściwościach środowiskowych wyrobów przekazywane są w różny sposób. Przedstawienie aspektów środowiskowych wyrobów w zbliżony sposób może mieć znaczący wpływ na wybór dokonywany przez konsumentów, dla których informacja o oddziaływaniu wyrobu na środowisko ma znaczenie. Wzrost zainteresowania deklaracjami środowiskowymi producenta wynikający ze wzrostu świadomości ekologicznej konsumentów i być może w konsekwencji zmusi producentów do stosowania

w praktyce zasad zrównoważonego rozwoju rozumianych w tym wypadku jako podejmowanie działań zmniejszające np. zużycie surowców, energii, ilości wytwarzanych odpadów, czy ograniczanie szkodliwych emisji zanieczyszczeń do środowiska.

Charakterystyka energetyczno-ekologiczna dostarcza istotnych informacji o aspektach środowiskowych wyrobów i odnosi się do aktualnych danych dotyczących wydobywania surowców naturalnych, procesów wytwarzania, dystrybucji wyrobów, ich użytkowania oraz likwidacji. Celem opracowania charakterystyki środowiskowej (energetyczno-ekologicznej) wyrobu jest ocena jego wpływu na środowisko na podstawie liczbowych wartości odpowiednio dobranych kryteriów. Zatem charakterystyki środowiskowe dostarczają informację ekologiczną o wyrobach, wspierają działania producentów w zakresie ochrony środowiska, wspomagają projektantów i wykonawców urządzeń i obiektów zapewniając im możliwość uwzględniania obciążeń środowiska. Zatem ocena właściwości środowiskowych winna stanowić element oceny przydatności wyrobu do zamierzonego stosowania.

Opracowanie charakterystyki środowiskowej obejmuje zebranie danych na temat surowców i procesów wytwarzania, ich inwentaryzację tzn. pogrupowanie na kategorie wpływu na środowisko, alokację w celu uniknięcia dublowania ekoeftów lub ich niedoszacowania. Późniejsza analiza obejmuje przeliczenie danych źródłowych na kategorie oddziaływań na środowisko poprzez klasyfikację, charakteryzację, normalizację i ważenie. Można też uwzględnić fazę ponownego zastosowania po zakończeniu cyklu istnienia.

Wykonywanie analizy energetyczno-ekologicznej wyrobu wg metodologii LCA polega na:

- obserwacji pełnego cyklu „życia” wyrobu,
- określeniu wszystkich oddziaływań na środowisko w pełnym cyklu istnienia, zużycia surowców, nośników energii, terenu, emisji do atmosfery, wody i na ląd oraz ilości odpadów i ich zagospodarowanie,
- agregacji i ocenie tych oddziaływań z punktu widzenia potencjalnych efektów w środowisku,
- opisie wszystkich procesów jako zbioru procesów cząstkowych, które ten system wyrobu tworzą,
- opisanu systemu wyrobu obejmującego opisy procesów cząstkowych, strumieni pierwotnych, przepływów wyrobów poza granice systemu oraz strumieni półwyrobów wewnątrz systemu,
- rozpatrzeniu systemu wyrobu w trzech kolejnych fazach istnienia wyrobu (wytwarzania, użytkowania i likwidacji), z których każda ma ściśle określone granice czasowe.

Końcowym efektem wykonanej analizy jest charakterystyka energetyczno-ekologiczna. Podstawowym źródłem danych jest kwestionariusz LCI (*Life Cycle Inventory*) wypełniony przez producenta. Informacje zawarte w kwestionariuszu powinny być weryfikowane i możliwe do udokumentowania. W opracowaniu danych dotyczących skumulowanych współczynników zanieczyszczenia odnośnie współczynników emisji w procesach produkcji energii elektrycznej i cieplnej jak i transportu korzysta się z danych Europejskich baz danych np. The Buwal. ETH – ESU. Producent ponosi całkowitą odpowiedzialność za prawdziwość danych dotyczących produkcji, które stanowią bazę do wyznaczenia charakterystyki energetyczno-ekologicznej.

3. Podsumowanie

Przemysł materiałów wybuchowych nie jest zawieszony w próżni ale musi uwzględniać wyzwania ekologiczne jakie stoją przed gospodarką światową. Przebieg wytwarzania surowców do produkcji MW, proces wytwarzania finalnego produktu oraz jego magazynowanie, transport i stosowanie w przemyśle wydobywczym powinny uwzględniać wszystkie elementy potencjalnego zanieczyszczenia środowiska. Aby stwierdzić w jakim stopniu dany środek strzałowy jest wyrobem ekologicznym trzeba wziąć pod uwagę wiele czynników, które mieszczą się między innymi w jego cyklu życia. Dlatego analiza cyklu życia wydaje się aktualnie najlepszą metodą ekobilansu materiałów wybuchowych pozwalającą w miarę obiektywnie ocenić ich wpływ na środowisko.

Podziękowanie

Praca naukowa finansowana ze środków nauki w latach 2007-2010 jako projekt badawczy.

Literatura

- [1] *Strategia wdrażania w Polsce zintegrowanej polityki produktowej*. Dokument przyjęty przez Komitet Europejski Rady Ministrów w dniu 25 lutego 2005 r., Ministerstwo Środowiska, <http://www.mos.gov.pl>.
- [2] Maranda A., Gołąbek B., Kasperski J., *Materiały wybuchowe emulsyjne*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
- [3] Grzesik K., *Wprowadzenie do oceny cyklu życia (LCA) – nowej techniki w ochronie środowiska*, Inżynieria Środowiska, 2006, 11, 1.
- [4] Hauschild M., Pennington D., *Indicators for ecotoxicity in LCA*. Pensacola, Florida, SETAC Press, 2002.
- [5] Bellaterra I.M.O., *Life Cycle Assessment as a Tool for Green Chemistry: Application to Different Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment*, Doctorat en Ciències Ambientals Tesi Doctoral, marzec 2006.
- [6] Adamczyk W., *Ekologia wyrobów*, Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2004.
- [7] C.A.U. GmbH, *Gesellschaft für Konsulting und Analytik im Umweltbereich, Umweltbundesamt; Methodik der produktbezogenen Okobilanz, Wirkungsbilanz und Bewertung*, UBA Texte 23/95, Berlin 1995.
- [8] Górczyński J., *Podstawy analizy środowiskowej wyrobów i obiektów*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.