

Artykuł pochodzi z archiwalnych zasobów firmy EKO-KONSULT sp. z o.o. 80-557
Gdańsk, ul. Narwicka 6.

Wszystkie prawa zastrzeżone.

Korzystanie za zgodą firmy EKO-KONSULT biuro@ekokonsult.pl



Kwartalnik „Problemy Ocen Środowiskowych” wydawany cyklicznie w latach 1998 – 2012, przez EKO-KONSULT był jedynym wydawnictwem w Polsce, poświęconym wyłącznie ocenom środowiskowym planowanych inwestycji oraz strategicznym ocenom oddziaływania na środowisko. Dla praktyków OOS, ale również dla osób początkujących może nadal stanowić wartościowe źródło wiedzy np. w zakresie prezentowanych case study i przeglądu stosowanych metodyk - w tym kontekście znaczna część artykułów zachowuje sporo aktualności.

Stefan Zieliński, Maciej Famulski

Nowa koncepcja oceniania oddziaływania technologii chemicznych na środowisko Część II

Kryteria oceny

Obliczone wartości wskaźników WM, WE, WO oraz dla poszczególnych profili i poziomów analizy [Część I] wykorzystuje się do sporządzania oceny, którą przeprowadza się w oparciu o trzy kryteria, a mianowicie Kryterium Materiałowo-Energetyczne, Kryterium Obciążenia Środowiska oraz Kryterium Ekotoksyczności.

Kryterium materiałowo-energetyczne

Kryterium materiałowo-energetyczne może służyć do wielostronnej oceny badanej technologii chemicznej. Jest to kryterium porównawcze i ma na celu określenie ogólnego wzrostu oddziaływania badanej technologii chemicznej, wywołanego przez wzrost zużycia surowców, energii i emisji odpadów na jednostkę masy produktu, na poziomach technologicznym i procesowym w stosunku do poziomu podstawowego. Ilościową miarą dla tego kryterium jest współczynnik K_1 , który oblicza się z zależności:

$$\text{dla oceny poziomu technologicznego} \quad K_1 = \frac{W_{II}}{W_I} \quad [2.1]$$

$$\text{dla oceny poziomu procesowego} \quad K_1 = \frac{W_{III}}{W_I} \quad [2.2]$$

W_I , W_{II} , i W_{III} są wektorami obliczanymi na podstawie wartości wskaźników profilowych **WM**, **WE** i **WO** odpowiednio dla poziomu podstawowego, technologicznego i procesowego zgodnie z zależnościami:

$$W_I = \sqrt{(WM_I)^2 + (WE_I)^2 + (WO_I)^2} \quad [2.3]$$

$$W_{II} = \sqrt{(WM_{II})^2 + (WE_{II})^2 + (WO_{II})^2} \quad [2.4]$$

$$W_{III} = \sqrt{(WM_{III})^2 + (WE_{III})^2 + (WO_{III})^2} \quad [2.5]$$

Wartości wektorów W_I , W_{II} i W_{III} są bezpośrednią miarą wielkości oddziaływania ocenianej technologii związanego z pobieraniem surowców, zużywaniem energii i wytwarzaniem produktów odpadowych na danym poziomie analizy. Dzięki obliczeniom prowadzonym na poziomie podstawowym uzyskuje się miarę oddziaływania wynikającego już z samej koncepcji chemicznej. Jest to oddziaływanie najmniejsze z możliwych, będące wynikiem przyjętej ścieżki reakcyjnej, a jednocześnie oddziaływanie, którego nie da się uniknąć bez ingerencji w chemizm procesu. Jego wielkość obrazuje wektor W_I . Na poziomie technologicznym oddziaływanie to może się zwiększyć ze względu na konieczność uwzględnienia odpowiednich warunków termodynamicznych i kinetycznych, zapewniających osiągnięcie wymaganej wydajności i sprawności całego procesu oraz konieczność uwzględnienia niezbędnych operacji pomocniczych. Wielkość tego oddziaływania podaje wprost wartość wektora W_{II} . W jakim stopniu wzrasta to obciążenie można określić za pomocą współczynnika K_1 wyznaczanego z równania (2.1). Możliwa jest więc ocena przyjętej koncepcji technologicznej i ewentualne jej modyfikacje w kierunku zmniejszenia wywołwanego oddziaływania. Jednocześnie współczynnik ten pozwala ocenić samą koncepcję chemiczną technologii. Jeżeli bowiem warunki niezbędne do przeprowadzenia wybranej ścieżki reakcyjnej powodują nadmierny wzrost oddziaływania potrzebna jest ingerencja w samą koncepcję chemiczną procesu i poszukiwanie nowych rozwiązań.

Kolejny wzrost oddziaływania na środowisko wynika z przemysłowej realizacji koncepcji technologicznej. Jego miarą jest wartość wektora W_{III} , do którego obliczenia uwzględniane są rzeczywiste warunki prowadzenia procesu, w tym m.in. dostępna baza surowcowa, przygotowanie surowców, transport mediów, zastosowane rozwiązania aparaturowe, gospodarka materiałowo-energetyczna itp. Porównanie wektora W_{III} z wektorem W_I (równanie 2.2) obrazuje więc wzrost obciążenie środowiska wynikający z realizacji przemysłowej przyjętej koncepcji technologicznej. W tej postaci pozwala on również porównywać różne rozwiązania aparaturowe wytwarzania tego samego produktu. Dzięki temu możliwe staje się porównanie danej technologii z technologią przyjętą za najlepszą (ang. Best Available Technology), co jest procedurą zalecaną ostatnio przy sporządzaniu oceny oddziaływania technologii na środowisko.

Współczynnik K_1 może być również wykorzystany do oceny sposobu realizacji przyjętej koncepcji technologicznej w warunkach przemysłowych. Jest on wtedy określany zależnością:

$$K_1 = \frac{W_{III}}{W_{II}} = \frac{\sqrt{(WM_{III})^2 + (WE_{III})^2 + (WO_{III})^2}}{\sqrt{(WM_{II})^2 + (WE_{II})^2 + (WO_{II})^2}} \quad [2.6]$$

W tym przypadku służy on do oceny zarówno sposobu realizacji koncepcji technologicznej jak i sposobu prowadzenia samego procesu. W wielu bowiem przypadkach niewłaściwe rozwiązania aparaturowe czy nieodpowiednia gospodarka materiałowa powodują, iż bardzo dobre koncepcje technologiczne stają się bardzo uciążliwe dla środowiska.

Jak widać kryterium materiałowo-energetyczne, mimo swego charakteru porównawczego, daje możliwości wielostronnej oceny technologii. Warto również zaznaczyć, że poszczególnym wektorom profilowym WM , WE i WO można przypisać określone wagi,

zależnie od potrzeb analizy, co znacznie przybliżyłoby wyznaczone wielkości oddziaływania do ich wartości rzeczywistych.

Przystępując do interpretacji wartości współczynnika K_1 należy uwzględnić fakt, że na jego końcową wartość liczbową może wpływać zarówno wzrost wartości wszystkich wykorzystywanych w obliczeniach wskaźników, jak i wzrost tylko jednego z nich. Szczegółowa analiza wartości K_1 powinna zatem również obejmować wyciągnięcie wniosków z bezpośrednich wartości wskaźników **WM**, **WE** i **WO**.

Kryterium obciążenia środowiska

Kryterium określa obciążenie środowiska przez porównanie ilości pobieranych surowców i odprowadzanych odpadów z pojemnością środowiska na obszarze objętym oceną oddziaływania. Wielkość obszaru określa się w zależności od potrzeb oceny. W kryterium przyjęto podział środowiska na cztery komponenty, a mianowicie: zasoby surowcowe, atmosferę, wody powierzchniowe oraz glebę. Do oceny wykorzystuje się cztery parametry (**s;p;w;g**) określające obciążenie każdego z komponentów, gdzie:

- s** - jest miarą obciążenia zasobów surowcowych i wyraża się przez stosunek pobieranych surowców w ciągu roku do pojemności zasobów tych surowców
- p** - jest miarą obciążenia atmosfery i wyraża się przez stosunek ilości emitowanych rocznie zanieczyszczeń gazowych i pyłowych do pojemności atmosfery
- w** - jest miarą obciążenia wód powierzchniowych i wyraża się przez stosunek ilości odprowadzanych rocznie zanieczyszczeń ciekłych do pojemności odbiorników wodnych
- g** - określa obciążenie powierzchni ziemi i wyraża się przez ilość odprowadzanych rocznie odpadów stałych w stosunku do pojemności składowisk

Zasadniczą sprawą przy obliczaniu parametrów (**s;p;w;g**) jest definiowanie pojemności środowiska. Z uwagi na różny charakter przyjętych komponentów środowiska dla każdego z nich musi ona być definiowana oddzielnie. Ponadto należy uwzględnić fakt, że do dyspozycji jest tylko pojemność wolna, a więc jeszcze nie wykorzystywana przez innych użytkowników środowiska. W przypadku wykorzystywania kilku surowców lub emisji kilku rodzajów odpadów z tej samej grupy dla każdego z nich oblicza się wartości odpowiadających im parametrów cząstkowych (**s_i;p_i;w_i;g_k**), z których oblicza się następnie wartości ogólnych parametrów (**s;p;w;g**). Sposób obliczania poszczególnych parametrów przedstawiono poniżej.

Parametr s

Pojemność środowiska oznacza w zasadzie jego zasobność w określony rodzaj surowców. Pod uwagę brane są nieodnawialne i odnawialne surowce lokalne, występujące na obszarze objętym oceną. W przypadku surowców nieodnawialnych pojemność środowiska oznacza ich zasoby dostępne na danym obszarze, a w przypadku surowców odnawialnych ich roczną produkcję. Do surowców odnawialnych można zaliczyć np. wodę i drewno. Pod uwagę nie bierze się złóż surowców mineralnych o znaczeniu ponadregionalnym. Wartość ogólnego parametru **s** dla danej technologii wyznacza się z zależności:

$$s = \frac{1}{i} \cdot \sum_i s_i \quad [2.7]$$

$$s_i = \frac{wm_i \cdot P}{Z_i} \quad [2.8]$$

gdzie: s_i - cząstkowy parametr s dla i -tego surowca, wm_i - wskaźnik masowy wyznaczony dla i -tego surowca odnawialnego lub nieodnawialnego, P - roczna wielkość produkcji; Z_i - wielkość zasobów i -tego surowca

Parametr p

Wyznaczenie pojemności dla parametru **p** polega na określeniu maksymalnego ładunku zanieczyszczeń gazowych lub pyłowych, jaki można wprowadzić do atmosfery. Wartość tę wyznacza się na podstawie norm dotyczących dopuszczalnych, średniorocznych stężeń danego zanieczyszczenia gazowego w powietrzu lub średniorocznego opadu pyłu oraz objętości powietrza, do której wprowadzane są zanieczyszczenia. Objętość określa się z wielkości obszaru objętego oceną i grubości warstwy powietrza. Wielkość obszaru zależy od celu i zakresu analizy. Do jego wyznaczenia można się posłużyć rozkładem stężeń emitowanych zanieczyszczeń wokół źródła emisji obliczanym przy pomocy odpowiednich modeli (np. model Pasquill'a). Zanieczyszczenia gazowe i pyłowe mogą rozprzestrzeniać się w warstwie powietrza o grubości od 1 do 10 km w zależności od rodzaju emitowanej substancji. Najczęściej jest to jednak tzw. warstwa mieszania o grubości do 2 km.

Przy wyznaczaniu pojemności środowiska dla parametru **p** niezbędne jest ustalenie jaka jej część już została wykorzystana przez zanieczyszczenia emitowane z innych źródeł. Informacje te uzyskuje się na podstawie danych o aktualnych stężeniach określonych substancji w powietrzu. Wartość ogólnego parametru **p** oblicza się z zależności:

$$p = \frac{1}{i} \cdot \sum_i p_i \quad [2.9]$$

$$p_i = \frac{w_{o_{g_i}} \cdot P}{d_i \cdot (V - Vz_i)} \quad [2.10]$$

gdzie: p_i - parametr cząstkowy dla i-tego odpadu gazowego, $w_{o_{g_i}}$ - wskaźnik odpadogenności i-tego odpadu gazowego, P - roczna wielkość produkcji, d_i - średnioroczne dopuszczalne stężenie i-tej substancji w powietrzu, V - objętość powietrza nad obszarem oddziaływania, Vz_i - objętość powietrza zajęta przez emisję i-tego odpadu z innych źródeł.

Parametr w

W przypadku parametru **w** pojemność środowiska wyznacza się, korzystając z odpowiednich norm, określających dopuszczalne stężenie danego zanieczyszczenia w wodach powierzchniowych oraz z danych dotyczących objętości wody w odbiorniku, do którego odprowadzane są ścieki. Dla odbiorników zamkniętych (zbiorniki, jeziora) jest to objętość wody w danym zbiorniku. Dla odbiorników otwartych (rzeki) jest to objętość wody, przepływającej w ciągu roku przez przekrój, do którego wprowadza się zanieczyszczenia, przy czym przyjmuje się średnioroczne wielkości przepływu. Podobnie jak w poprzednim przypadku, również dla parametru **w** uwzględnia się tylko pozostającą jeszcze do wykorzystania pojemność środowiska. Do obliczenia wartości ogólnego parametru **w** wykorzystuje się równania:

$$w = \frac{1}{j} \cdot \sum_j w_j \quad [2.11]$$

$$w_j = \frac{w_{o_{c_j}} \cdot P}{d_j \cdot (V - Vz_j)} \quad [2.12]$$

gdzie: w_j - parametr cząstkowy dla j-tego odpadu ciekłego, $w_{o_{c_j}}$ - wskaźnik odpadogenności j-tego odpadu ciekłego, P - roczna wielkość produkcji, d_j - dopuszczalne stężenie danej substancji w wodzie, V - objętość odbiornika wodnego, Vz_j - objętość odbiornika wodnego już wykorzystana.

Parametr g

Pojemność środowiska dla parametru **g** wyznacza się w oparciu o znaną pojemność istniejących i planowanych na danym obszarze składowisk odpadów stałych. Wartość ogólnego parametru **p** wyznacza się z zależności:

$$g = \frac{1}{k} \sum_k g_k \quad [2.13]$$

$$g_k = \frac{w_{0sk} \cdot P}{V} \quad [2.14]$$

gdzie: g_k - cząstkowy parametr dla k-tego odpadu stałego, w_{0sk} - wskaźnik odpadogenności k-tego odpadu stałego, P - roczna wielkość produkcji, V - dostępna pojemność składowisk na obszarze oddziaływania.

Jako miarę obciążenia środowiska przyjęto współczynnik K_2 definiowany zależnością:

$$K_2 = \frac{s + p + w + g}{4} \quad [2.15]$$

Przy stosowaniu tego kryterium wyróżnia się dwa przypadki:

1° - wartość jednego lub więcej parametrów cząstkowych (s_i, p_i, w_j, g_k) jest większa od 1 ($s_i > 1$ lub $p_i > 1$ lub $w_j > 1$ lub $g_k > 1$)

W takich przypadkach obciążenie środowisko przekracza dopuszczalne granice i dana technologia powinna być zaniechana, przynajmniej w zakresie przekraczanych emisji;

2° - wartości wszystkich parametrów są mniejsze od 1 ($s < 1, p < 1, w < 1, g < 1$)

Dla współczynnika K_2 przyjęto pięć zakresów wartości określających stopień obciążenia środowiska (Tab.3).

Tabela 3. Zakresy wartości współczynnika K_2

Wartość współczynnika K_2	Stopień obciążenia środowiska
> 0,01	nieistotny
0,011 - 0,02	mały
0,021 - 0,05	umiarkowany
0,051 - 0,1	znaczny
>0,1	bardzo duży

Wartość parametru równa 0,01 odpowiada 100-letniemu okresowi potrzebnemu na wyczerpanie dostępnej pojemności. Przyjęto więc, że jest to okres wystarczająco długi do regeneracji pojemności oraz dłuższy aniżeli żywotność większości instalacji przemysłowych. Wartość 0,1 odpowiada natomiast okresowi 10 lat, który na ogół nie zapewnia regeneracji środowiska, i który jest znacznie krótszy w porównaniu z czasem życia, a więc i czasem oddziaływania danego źródła emisji. Powyższą klasyfikację można również zastosować do każdego z parametrów współczynnika K_2 .

Kryterium ekotoksyczności

Kryterium ekotoksyczności ocenia daną technologię pod względem szkodliwości odprowadzanych z układu odpadów dla biosystemów w środowisku. Wyróżnia się przy tym dwa rodzaje biosystemów, a mianowicie biosytemy wodne oraz biosystemy inne niż wodne.

Do oceny wykorzystuje się masowe wskaźniki ilości wytwarzanych odpadów ekotoksycznych obliczane w profilu ekologicznym. Jako miarę ekotoksyczności przyjęto współczynnik K_3 definiowany zależnością:

$$K_3 = \sum_i \left(\frac{C}{CE_{50}} \right)_i \quad [2.16]$$

gdzie: C - stężenie i-tego związku, CE_{50} - medialne stężenie skuteczne danego związku odnoszone do wybranego efektu.

Dla biosystemów wodnych stężenie emitowanego związku C oblicza się z natężenia emisji i natężenia przepływu wody w odbiorniku. Dla biosystemów lądowych jako stężenie C przyjmuje się średnie stężenia roczne emitowanego zanieczyszczenia na obszarze objętym oddziaływaniem, obliczone przy pomocy modeli rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń gazowych i pyłowych w powietrzu. Ze względu na niejednakowy rozkład kierunków i siły wiatru stężenia te są zależne od lokalizacji względem źródła emisji i dla poszczególnych biosystemów mogą być różne. Wprowadzenie wartości CE_{50} jako bazy porównawczej ma na celu ocenę ekotoksyczności w stosunku do określonych gatunków zamieszkujących dany biosystem. Jeżeli emitowane zanieczyszczenie wywołuje efekty u więcej niż jednego gatunku, jako wartość CE_{50} należy przyjąć wartość dla gatunku najbardziej wrażliwego.

Zależnie od wartości współczynnika K_3 analizowaną technologię kwalifikuje się do jednej z trzech grup:

1° - wartość jednego ze składników sumy jest większa od jedności, $(C/CE_{50})_i > 1$

Daną technologię uważa się za toksyczną w stosunku do gatunku, dla którego powyższy iloraz przyjął taką wartość. Konieczne jest zmniejszenie emisji lub nawet zmiana technologii.

2° - wszystkie składniki sumy są mniejsze od jedności, lecz ich suma jest większa od jedności ($K_3 > 1$)

Technologia jest toksyczna dla całego obszaru objętego oddziaływaniem i w zasadzie nie powinna być realizowana.

3° - wartość współczynnika K_3 jest mniejsza od jedności ($K_3 < 1$)

Technologię można zakwalifikować do grupy nietoksycznych dla ekosystemów na badanym obszarze.

Zakwalifikowanie technologii do ekotoksycznych w pierwszym przypadku nie budzi wątpliwości. Zakwalifikowanie do tej samej grupy w drugim przypadku podyktowane zostało faktem, że wprawdzie dla poszczególnych gatunków nie został osiągnięty poziom wywołujący efekty u 50% populacji, to mimo iż w mniejszym nasileniu obejmą one większą ilość gatunków.

Podsumowanie

Przedstawiona metoda oceniania technologii chemicznych analizie poddaje nie efekty a wielkość oddziaływań, mierzonych wielkościami strumieni masy i energii przepływających między układem technologicznym a środowiskiem. Metoda opiera się na zestawie wskaźników charakteryzujących ilościowo i jakościowo wszystkie strumienie materiałowe i energetyczne.

Konstrukcja oceny uwzględnia specyfikę technologii chemicznych przez ich analizowanie na trzech poziomach, co stworzyło możliwość oceny danej technologii we wszystkich stadiach jej rozwoju, od koncepcji chemicznej do realizacji procesowej włącznie. Przyjęcie do obliczeń warunków standardowych dla reakcji chemicznych dostarczyło bezwzględnej i obiektywnej miary wielkości oddziaływań i porównywania różnych koncepcji i rozwiązań technologiczno-aparaturowych.

Nowym elementem jest wprowadzenie kryteriów oceniających daną technologię pod względem przepływu masy i energii, obciążenia środowiska oraz szkodliwości emitowanych odpadów dla narażonych biosystemów. Kryteria pozwalają na identyfikację obszarów działań danej technologii charakteryzujących się największym oddziaływaniem, dzięki czemu można podjąć bardziej efektywne działania naprawcze. Szczególnie istotne jest wprowadzenie kryterium ekotoksyczności, które pozwala na identyfikację nie prawdopodobnych, a ściśle określonych efektów u określonych gatunków.

Metoda jest skonstruowana w formie pozwalającej na obliczenia przy pomocy odpowiedniego programu komputerowego. W tej postaci stanowić może element w procedurze sporządzania ocen oddziaływania na środowisko.

Dr hab. inż. Profesor Politechniki Wrocławskiej Stefan Zieliński, Dr inż. Maciej Famulski,
Instytut Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych Politechniki Wrocławskiej