

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.

Wanda Pazdan

Wyniki symulacji działania systemu zbywalnych uprawnień do emisji

Handel emisjami, jak potocznie nazywa się systemy zbywalnych uprawnień do emisji, to narzędzie zarządzania środowiskowego z grupy tak zwanych narzędzi „miękkich” (soft), w odróżnieniu do narzędzi „twardych” (hard), jakimi są narzędzia wynikające z systemu nakazowego. Problemy z realizacją przez przemysł nakazów amerykańskiego prawa były światową podwaliną prac badawczych i wdrożeń w zakresie „handlu emisjami”.

Na bazie amerykańskiej literatury dotyczącej „handlu emisjami” można stwierdzić, że sumaryczny koszt realizacji programu redukcji zanieczyszczeń, w wyniku gry rynkowej, jaką zakłada handel pozwoleniami zbywalnymi na emisję, jest niższy niż realizacja programu redukcji w systemie nakazowym.

Konwencja Klimatyczna i Protokół z Kioto dopuszczają mechanizmy „handlu emisjami” między krajami, jako narzędzia do realizacji redukcji zanieczyszczeń. Należy wierzyć, że ekonomiści opracują, a kraje wdrożą jednolite algorytmy do wyliczania różnego rodzaju kosztów związanych z realizacją redukcji zanieczyszczeń. Każde działanie na rzecz ochrony środowiska może nieść za sobą konkretny zysk ekonomiczny. Algorytm wyliczania kosztów staje się bardzo ważnym narzędziem niezbędnym do podejmowania decyzji w zakresie zarządzania środowiskiem.

Programy redukcji emisji zanieczyszczeń to narzędzie planistyczne jako wynik negocjacji. Jest to niezbędna baza do działania „handlu emisjami”. Technika budowy takiego planu nie jest przedmiotem tego artykułu, aczkolwiek dla zobrazowania procesu symulacji działania systemu niezbędnym jest podanie przykładowej konstrukcji takiego planu.

Niniejszy artykuł jest kontynuacją dwóch artykułów, zamieszczonych kolejno w numerach 2(5) i 3(6) kwartalnika „Problemy Ocen Środowiskowych”. W artykułach tych Ryszard Pazdan przedstawił ogólnie problematykę „handlu emisjami”, jak również projekt Phare EC/EPP/91/1.2.2 wykonany przez ATMOTERM[®], zatytułowany „Zaprojektowanie Systemu Zbywalnych Uprawnień do Emisji i Wdrożenie Pilotowego Projektu w Polsce” [pełny raport do wglądu w MOŚZNiL]. Czytelników, którzy nie przeczytali poprzednich artykułów, zaprasza się do uważnego przeczytania ich przed dalszą lekturą tego artykułu, którego celem jest prezentacja wyników symulacji wdrożenia systemu.

W tytule projektu Phare EC/EPP/91/1.2.2 czytamy „wdrożenie pilotowego projektu w Polsce”. Zadanie to nie mogło być wykonane jako fizyczne wdrożenie zaprojektowanych

mechanizmów, gdyż takie wdrożenie wymagało uprzedniego wdrożenia nowych aktów prawnych. Pomimo gotowych projektów znowelizowania i wprowadzenia nowych aktów prawnych oraz zaangażowania byłych władz lokalnych województwa opolskiego, przeprowadzenie zmian prawa nie było możliwe w trakcie trwania projektu. Dlatego ATMOTERM® wystąpił do Komitetu Sterującego z wnioskiem zamiany rzeczywistego pilotowego wdrożenia na symulację wdrożenia. Komitet Sterujący wniosek zaakceptował. Zespół przystąpił do:

- zdefiniowania niezbędnego zakresu możliwej do przeprowadzenia symulacji,
- opracowania narzędzi (programów komputerowych),
- zebrania danych,
- przeprowadzenia symulacji,
- opracowania wyników.

W niniejszym artykule zaprezentowane zostaną wyniki realizacji wyżej wymienionych zadań.

Zaprojektowany przez zespół system zbywalnych uprawnień do emisji jest rozwiązaniem dostosowanym do obowiązującego prawa w Polsce w 1995 roku wraz ze zmianami prawa zaproponowanymi przez autorów. Projekt zakłada sprawne działanie systemu ewidencji emisji zanieczyszczeń, elektronicznych rejestrów decyzji administracyjnych. W porównaniu z systemami amerykańskimi nasz system jest mocniej osadzony w administracyjnej strukturze, przy zachowaniu podejmowania przez podmioty decyzji w oparciu o grę rynkową. Ten element był opiniowany pozytywnie przez ekspertów amerykańskich.

System jest ukierunkowany na realizację nie tylko redukcji emisji ale mechanizmy systemu mają stymulować również lepszą redukcję emisji.

System został opisany w poprzednich artykułach [patrz „Problemy Ocen Oddziaływania nr 2(5) 3(6) 1999] i szczegóły systemu nie będą tu przytaczane.

Całkowita symulacja działania systemu byłaby rzeczą niewykonalną przy założonym czasie opracowania i środkach. Modelowanie zjawisk odbywa się najczęściej przy pewnych założonych warunkach i określonym celu.

Celem przeprowadzonej przez nas symulacji było głównie sprawdzenie czy zastosowanie „handlu emisjami” da zamierzony efekt obniżenia kosztów redukcji dwutlenku siarki, czy wybór wariantu systemu (wariant ze wskaźnikiem wymiany – tabelą wskaźnika) jest prawidłowy, sprawdzenie jaka jest wrażliwość systemu na zmianę zakresu wskaźnika wymiany i czy zakres wskaźnika wymiany [1 - 6] jest odpowiednio dobrany, na jakiego rodzaju emitory następuje zakup uprawnień, a jakie przeprowadzają inwestycje odsiarczania, sprawdzenie kształtowania się ceny i całkowitych kosztów redukcji w poszczególnych latach, sprawdzenie wrażliwości systemu na alternatywne programy redukcji i osiągalność założonego w programie poziomu redukcji, zbadanie wrażliwości systemu na deponowanie i na procent redukcji ilości uprawnień przy deponowaniu, zbadanie wrażliwości systemu na włączenie lub wyłączenie energetyki zawodowej z systemu.

Przeprowadzenie symulacji w w/w zakresie wymagało opracowania przez ATMOTERM® programów komputerowych. Przyjęto dwa podejścia do symulacji: sformułowanie zadania programowania liniowego symulującego rynek zbywalnych uprawnień do emisji (to podejście w dalszym tekście będziemy nazywać „rynkiem”) i drugie przeprowadzenie aukcji zbywalnych uprawnień do emisji poprzez symulację budowy ofert w oparciu o uczestniczące emitory (w dalszym tekście to podejście będziemy nazywać „aukcją”). Odpowiednio do każdego podejścia został opracowany program komputerowy.

Algorytm symulujący rynek zbywalnych uprawnień do emisji ma na celu zminimalizowanie kosztów pozyskania redukcji. Dla każdej ceny uprawnień jednostka organizacyjna ustala ilość uprawnień, które chce kupić (lub poziom emisji, który jednostka organizacyjna chce osiągnąć poprzez redukcję). Zależność tę można odwrócić i przedstawić jako maksymalną cenę uprawnienia, którą jednostka organizacyjna jest skłonna zapłacić, aby kupić określoną ilość uprawnień (co odpowiada poziomowi redukcji). Tę cenę maksymalną ustala się przez porównanie kosztów kupna uprawnień do kosztów zwiększenia redukcji. Jednostka organizacyjna będzie wolała kupić uprawnienia dopóki ich cena nie przekroczy kosztów wzrastającego poziomu redukcji. Tak więc maksymalną ceną uprawnień, którą jednostka organizacyjna jest skłonna zapłacić, odnośnie każdego poziomu redukcji emisji, jest odpowiedni marginalny koszt redukcji. Jeśli wszyscy uczestnicy biorący udział w aukcji zapłacą tę samą cenę za uprawnienia, to będą oni działać na poziomie redukcji, na którym

ich koszty marginalne są równe. Taki wynik jest modelowany przez program komputerowy. Wykorzystany algorytm ma na celu zminimalizowanie kosztów ogólnych pozyskania redukcji. Minimalizacja funkcjonuje dla wszelkich możliwych kombinacji podziału uprawnień między uczestników. Technologie redukcji są opisane przez parę (λ_{ijt}, C_{ijt}) gdzie λ_{ijt} oznacza skuteczność redukcji, a C_{ijt} oznacza średni koszt redukcji technologii j (włącznie z rocznymi kosztami materiałowymi i eksploatacyjnymi) na jednostkę zredukowanego ładunku, gdy technologia j jest zastosowana dla emitora i w roku t . Jeśli jakaś technologia może dać różną skuteczność redukcji przy różnych kosztach średnich, powinna być przedstawiona w specyfikacji, jako różne technologie.

Specyfikacja zagadnienia programowania liniowego:

Indeksy:

i - emitor

j - numer technologii redukcji na emitorze

t - rok z okresu działania systemu i programu redukcji

w - wskaźnik wymiany

Definicje:

(zmienne zapisane **łustym** drukiem są danymi wejściowymi do problemu programowania liniowego: muszą być one podane z zewnątrz. Inne zmienne są danymi wyjściowymi: ich wartości są określone wewnątrz jako część rozwiązania problemu).

X_{ijt} - decyzja o stosowaniu technologii redukcji j na emitorze i w roku t .

Z_{ijt} - stosowanie technologii redukcji j na emitorze i w roku t .

Z_{it} - stosowanie technologii redukcji na emitorze i w roku t .

λ_{ijt} - **skuteczność redukcji przy zastosowaniu technologii j na emitorze i w roku t .**

Q_{it} - **poziom nie zredukowanego ładunku na emitorze i w roku t .**

L_{it} - poziom zredukowanego ładunku na emitorze i w roku t .

T_{it} - **wielkość ładunku, który emitor i może wyemitować w roku t bez konieczności kupowania uprawnień zbywalnych.**

w - wskaźnik wymiany $\{1...6\}$

Tw_i - **tabela wskaźników wymiany dla emitora i .**

$L_{min_{iw}}$ - **granica dolna przedziału ładunku odpowiadającego wskaźnikowi uciążliwości w dla emitora i**

$L_{max_{iw}}$ - **granica górna przedziału ładunku odpowiadającego wskaźnikowi uciążliwości w dla emitora i**

H_{it} - ilość uprawnień potrzebnych dla emitora i w roku t .

H_t - całkowita ilość uprawnień potrzebna wszystkim emitorom w roku t .

C_{ijt} - **koszt redukcji jednostki ładunku przy zastosowaniu technologii j na emitorze i w roku t .**

L_t - całkowity ładunek wprowadzony do powietrza w roku t .

d_t - **stopa dyskontowa w roku t .**

C_{it} - koszty pozyskania redukcji na emitorze i w roku t .

C - całkowity koszt uzyskania wymaganej redukcji emisji przez program redukcji.

P_t - **całkowita liczba uprawnień do emisji wydanych na rok t .**

B_t - całkowita liczba uprawnień zdeponowanych w roku t do wykorzystania w kolejnych latach.

r_t - **roczna stopa strat wartości uprawnienia zdeponowanego w roku t .**

b_t - maksymalna dozwolona liczba uprawnień, które mogą być zdeponowane w roku t, jako część całkowitej liczby uprawnień wydanych do wykorzystania w roku t.

Wszystkie zmienne muszą być koniecznie nieujemne. Ponadto założono, że Q_{it} nie zależy od roku t i jest równy ładunkowi startowemu na emitorze i oraz podobnie $\lambda_{ijt} = \text{const}$ dla ustalonej pary (i,j), jak również, że czas pracy emitora w dowolnym roku $t = \text{const}$, czego konsekwencją jest uniezależnienie L_{\min} i L_{\max} od roku t.

Wybór technologii redukcji dla emitora:

$$Z_{ijt} = Z_{ij(t-1)} + X_{ijt}$$

$$0 \leq X_{ijt} \leq 1$$

$$Z_{it} = \sum_j Z_{ijt}$$

$$0 \leq Z_{it} \leq 1$$

Ładunek na poszczególnych emitorach w roku t.

$$L_{it} = (1 - \sum_j Z_{ijt} \lambda_{ijt}) Q_{it}$$

Ilość uprawnień potrzebnych dla emitora i w roku t.

$$H_{it} = \sum_{w=1}^6 w * \left(I_{(L_{\max}, \infty)}(L_{it}) * (L_{\max_{iw}} - L_{\min_{iw}}) + I_{(L_{\min_{iw}}, L_{\max_{iw}})}(L_{it}) * (L_{it} - L_{\min_{iw}}) \right),$$

gdzie $I_{(a, b)}(x)$ oznacza funkcję indykatorową przedziału (a, b).

Koszty pozyskania redukcji dla poszczególnych emitorów.

$$C_{it} = \sum_j (Z_{ijt} C_{ijt}) \lambda_{ijt} Q_{it}$$

Całkowity ładunek.

$$L_t = \sum_i L_{it}$$

NPV całkowitych kosztów redukcji.

$$C = \sum_t d_t \left[\sum_i C_{it} \right]$$

Całkowita liczba wymaganych uprawnień w roku t.

$$H_t = \sum_i H_{it}$$

Równowaga na rynku zbywalnych uprawnień.

$$H_t \leq P_t + (1 - r_{t-1}) B_{t-1} - B_t$$

Zdeponowane uprawnienia.

$$B_t \leq b_t P_t$$

Funkcja celu:

Minimum C

Działanie aukcji również zostało opracowane w postaci programu komputerowego opartego na procedurach tworzących oferty poszczególnych emitorów i oferty odpowiadające

możliwym sposobom wyboru decyzji dla danego emitora na aukcji. W tym miejscu należy się czytelnikowi kilka słów na temat roli aukcji w systemie zbywalnych uprawnień do emisji i zasad jej funkcjonowania.

Opis funkcjonowania aukcji

W proponowanym systemie zbywalnych uprawnień do emisji, każde uprawnienie pozwala nabywcy (jednostce organizacyjnej) emitować określoną ilość zanieczyszczeń, zależną od tabeli wskaźników wymiany jej emitora, w określonym roku (lub później, jeśli uprawnienie jest zdeponowane).

Jednostki organizacyjne dla swoich emitorów będą mogły uzyskać uprawnienia przez zakupienie ich na cyklicznych aukcjach organizowanych przez odpowiednie władze, lub przez bezpośrednie transakcje z innymi uczestnikami rynku.

Każda aukcja będzie miała na celu przyznanie uprawnień na okres działania programu. Zaproponowany algorytm aukcji startowej ma funkcjonować w następujący sposób:

1. Przed aukcją startową jednostki organizacyjne przedstawią wykaz ich zapotrzebowania na uprawnienia (oferta na aukcję). Taki wykaz zapotrzebowania ma zawierać wyszczególnienie ilości uprawnień w poszczególnych latach, które jednostka podejmuje się zakupić dla emitorów, w zależności od ceny jaką osiągną. Zasadniczo, wymagałoby to od jednostek organizacyjnych przedstawienia bardzo szczegółowych i skomplikowanych wykazów. Jednakże w praktyce jednostki organizacyjne prawdopodobnie uznają za wystarczające wyszczególnienie w ich zapotrzebowaniach na uprawnienia niewielkiej liczby możliwych rozpiętości cen uprawnień w kolejnych latach. Co więcej, biorąc pod uwagę możliwość zdeponowania uprawnień, rozpiętość cen w poszczególnych latach prawdopodobnie będzie bardzo podobna.
2. Kiedy odpowiednie władze, organizujące aukcję, otrzymają wykazy zapotrzebowania od jednostek organizacyjnych dla ich emitorów, rozpocznie się proces przyznawania uprawnień i określania ceny równowagi. Proces ten jest prowadzony „od końca”, tzn. rozpatrywane są lata rok po roku, rozpoczynając od ostatniego roku objętego aukcją.
3. Dla ostatniego roku objętego aukcją (lub takiego ostatniego roku, dla którego przedstawiono wykazy zapotrzebowania): oferty z wykazów są sumowane na każdym poziomie cen uprawnień, tak aby otrzymać całkowite zestawienie zapotrzebowania. To zestawienie wyszczególnia całkowitą ilość zapotrzebowanych uprawnień przez wszystkie jednostki organizacyjne dla każdego poziomu cen uprawnień. Należy się spodziewać, że

ilość zapotrzebowanych uprawnień będzie się zmniejszać wraz ze wzrostem ceny. Cena równowagi jest określana na podstawie ilości uprawnień. Jest to najniższa cena, przy której całkowite zapotrzebowanie nie przekracza ilości uprawnień do dyspozycji..

4. Każda jednostka organizacyjna otrzymuje dla swoich emitatorów ilość uprawnień, na jaką złożyła ofertę po cenie równowagi, i ma zapłacić za wszystkie otrzymane uprawnienia tę właśnie cenę. W efekcie taką wartość przyjmuje jeden bon emisyjny. Za bony emisyjne przyznane decyzją DSE jednostka organizacyjna na aukcji startowej otrzyma uprawnienia lub pieniężną rekompensatę za zbędne bony.
5. Procedura opisana w punktach 3. i 4. powyżej jest następnie powtarzana dla każdego roku objętego aukcją, nadal od końca, tj. od przedostatniego roku. Przy ustalaniu całkowitego zestawienia zapotrzebowania dla każdego roku zastosowane są odpowiednie wykazy zapotrzebowania od wszystkich jednostek organizacyjnych dla ich emitatorów, to znaczy te wykazy, które są przygotowane dla cen równowagi uprawnień ustalonych dla kolejnych lat objętych aukcją. Cena równowagi jest ustalana tak, jak w punkcie 3, a przyznawanie uprawnień i płatności za nie mają być przeprowadzone tak, jak podano w punkcie 4 powyżej.

Suma ilości uprawnień na poszczególne lata sprzedanych na aukcji startowej jest równa ilości bonów emisyjnych przyznanych w DSE na te lata.

Głównym celem systemu zbywalnych uprawnień do emisji jest minimalizacja kosztów pozyskiwania redukcji, związanych z przestrzeganiem określonych celów ochrony środowiska. Wymaga to rozłożenia odpowiedzialności za kontrolę emisji między jednostki organizacyjne, ich emitatory w taki sposób, aby marginalny koszt redukcji emisji był równo rozłożony między nimi. Działanie jednostki organizacyjnej w celu maksymalizacji zysków (lub przynajmniej minimalizacji kosztów) w warunkach konkurencji rynkowej określi poziom emisji zanieczyszczeń, a tym samym ilość potrzebnych uprawnień, przez porównanie własnych marginalnych kosztów redukcji emisji z aktualną ceną uprawnień. Jeśli dla pewnego poziomu emisji marginalne koszty redukcji są wyższe niż aktualna cena uprawnień, to jednostka organizacyjna może zredukować swoje koszty przez obniżenie poziomu redukcji emisji oraz nabycie większej ilości uprawnień. I odwrotnie, jeśli dla danego poziomu emisji koszty redukcji emisji są niższe niż aktualna cena uprawnień, to koszty mogą być zredukowane przez podniesienie poziomu redukcji emisji i zbycie ilości posiadanych uprawnień. Jednostka organizacyjna minimalizuje swoje koszty tylko dla takiego poziomu, w którym marginalne koszty redukcji emisji są równe aktualnej cenie uprawnień. Jednostka organizacyjna minimalizująca swoje koszty miałaby w ten sposób bodziec do podjęcia się redukcji do

takiego poziomu, przy którym koszt marginalny równa się aktualnej cenie uprawnień. Jeśli ta cena jest jednakowa dla wszystkich jednostek, wówczas system zbywalnych uprawnień do emisji dostarcza jednostkom bodźców, z tym jednak, że koszty redukcji są równo rozłożone między jednostki.

W amerykańskim systemie ARP każdy zakład ma do czynienia z inną ceną uprawnień, zależną od oferty złożonej przez zakład. Takie podejście nie wydaje się dostarczać najlepszych bodźców do równego rozłożenia między zakładami marginalnych kosztów redukcji emisji. W polskim systemie zbywalnych uprawnień jednostki organizacyjne płacą cenę równowagi. Jest ona jednakowa dla wszystkich jednostek. Zatem takie podejście powinno dostarczyć bodźców do tego, aby rozłożyć marginalne koszty redukcji emisji równo pomiędzy jednostki organizacyjne oraz podnieść skuteczność dokonanego podziału uprawnień i odpowiedzialności za zmniejszanie ilości zanieczyszczeń.

Do obliczeń symulacyjnych ujęto 25 zakładów przemysłowych (różnych branż) posiadających łącznie 174 emitory emitujące dwutlenek siarki. Podział emitatorów na kategorie był następujący: 6 elektrowni, 113 ciepłowni i kotłowni, 55 inne. Do pozyskania danych o emitatorach wykorzystano wszystkie dostępne źródła informacji a w szczególności Wojewódzki Banku Emisji SOZAT[®] oraz informacje bezpośrednio z zakładów. Ładunek startowy dla każdego emitatora wyliczony został jako średni ładunek z trzech lat z okresu 1992-1994. Do określenia emisji średniej przyjęto w większości czas pracy emitatorów w 1994 roku. Dla wszystkich emitatorów przeprowadzono obliczenia wskaźnika uciążliwości i tabeli wskaźników wymiany zgodnie z opracowaną metodyką. Do wyliczenia kosztów redukcji posłużono się wzorami z modelu RAINS 7.0 otrzymanymi od konsultanta Janusza Cofały. Wyliczając koszty redukcji przyjęto warianty: technologii mokrej i technologii suchej. Do obliczeń wykorzystano dane krajowe podane przez A. Gostomczyka („Ograniczenie zanieczyszczeń z urządzeń energetycznych”, Poznań 1995, PZiTS, IIOŚ Politechniki Wrocławskiej, KRE). Dane te pozwoliły przyjąć jednostkowe koszty mediów (sorbent, energia) oraz odpady. Dodatkowo wyliczono koszty redukcji przez zastosowanie zmiany paliwa, przy czym wariant ten zastosowano wyłącznie dla węgla kamiennego. Do celów symulacji skonstruowano dwa warianty programów redukcji emisji w następujący sposób:

- Na podstawie wyliczonej, z uwzględnieniem podziału na typy palenisk, ilości energii chemicznej paliwa w [GJ] i wskaźników -norm w g/GJ określonych po 31 grudnia 1997, wyliczono sumaryczny ładunek dla badanych jednostek .
- Po odniesieniu wyliczonego ładunku do sumarycznego ładunku startowego dla badanych jednostek określono docelowy poziom redukcji na poziomie 51%.

- Wariantowo przyjęto, że gdyby za ładunek startowy został uznany ładunek dopuszczalny przyznany decyzją o dopuszczalnej emisji, to poziom redukcji ukształtowałby się na poziomie 75%.
- Założono osiągnięcie wyznaczonych celów w ciągu 7 lat.
- Dla obu wariantów zbudowano wojewódzkie plany redukcji emisji w poniższej postaci:

Tabela 1

rok I	rok II	rok III	rok IV	rok V	rok VI	rok VII	
0	11	11	21	31	41	51	% redukcji
0	15	25	35	45	65	75	% redukcji

Do celów symulacji przyjęto w programie równomierny rozkład redukcji w latach.

Dla stanu emisji na początku działania programu i po wykonaniu obliczeń symulacyjnych wykonano obliczenia rozkładu stężeń.

Całość przeprowadzonych prac symulacyjnych wykazała zamierzone, przewidywane na etapie projektowania, zachowanie się rynku zbywalnych uprawnień do emisji oraz jego przewagę nad tradycyjnymi rozwiązaniami administracyjnymi.

Użycie wskaźnika wymiany stymuluje dystrybucję emisji w prawidłowym kierunku, jeśli chodzi o jakość środowiska. W każdym z rozpatrywanych wariantów programu redukcji, system z wskaźnikami wymiany powodował podejmowanie działań prowadzących do redukcji ładunku na emitorach o wysokich maksymalnych wskaźnikach wymiany, a kupowanie uprawnień przez emitory nieuciążliwe.

Załączone mapy ilustrują kolejno stany rozkładu stężeń:

- przed rozpoczęciem działania systemu [mapa nr 1],
- po realizacji „handlu emisjami” systemem ze wskaźnikiem wymiany o zakresie 1-6 [mapa nr 2]
- po realizacji „handlu emisjami” systemem ze wskaźnikiem wymiany równym 1 [mapa nr 3].

Porównując różne sytuacje, wyraźnie daje się zauważyć tendencję dla wariantów ze wskaźnikiem z zakresu [1-6], w porównaniu do innych wariantów do rozkładania stężeń na większe obszary redukując jednocześnie ich maksymalne poziomy. Prowadzi to w konsekwencji do likwidacji obszarów o przekroczonych zadanych wartościach emisji, a to jest chyba cel najistotniejszy, jeśli myślimy o lokalnym środowisku.

Dla dodatkowego zobrazowania opracowaliśmy następujące tabele wyników stężeń otrzymanych na bazie 10.054 punktów obliczeniowych:

Tabela 2. Planowana redukcja 51%. Stężenia w μm^3 .

	Stężenie średnie	Stężenie maksymalne	Ilość punktów o stężeniu wyższym od wariantu ze wskaźnikiem	Ilość punktów o stężeniu niższym od wariantu ze wskaźnikiem
Ze wskaźnikiem	0,53	49,84	-	-
Bez wskaźnika	0,68	225,50	4388	5664
System nakazowy	0,68	226,07	7379	2671

Tabela 3. Planowana redukcja 75%. Stężenia w μm^3 .

	Stężenie średnie	Stężenie maksymalne	Ilość punktów o stężeniu wyższym od wariantu ze wskaźnikiem	Ilość punktów o stężeniu niższym od wariantu ze wskaźnikiem
Ze wskaźnikiem	0,27	49,72	-	-
Bez wskaźnika	0,24	49,20	2945	5664
System nakazowy	0,34	225,90	6825	2671

Z przedstawionych danych można wysnuć wniosek, że im program redukcji ostrzejszy tym różnice w końcowych efektach ekologicznych między poszczególnymi wariantami systemu maleją.

Generalnie jednak system zbywalnych uprawnień do emisji ze wskaźnikiem wymiany pozwoli osiągnąć te korzyści ekologiczne wcześniej, a tym samym sumarycznie mogą one być większe.

Symulacja wyników dla różnych zakresów wskaźników wymiany wykazała że im mniejszy zakres, tym mniejszy całkowity koszt realizacji programu redukcji, ale występują istotne różnice w rozkładzie stężeń na niekorzyść wariantów o mniejszym zakresie wskaźników wymiany.

Symulacja wykazała, że inwestycje powodujące redukcje emisji podejmowane są w systemie „handlu emisjami” nie tylko przez emitory wysokie o dużej emisji i że nie wszystkie wysokie o dużej emisji podejmują takie działania. Inwestycje są również podejmowane na emitorach o wysokości znacznie poniżej 100m i emitujące znacznie poniżej 1000 Mg rocznie.

Rozkład nakładów ponoszonych we wszystkich wariantach jest następujący : najtańszą redukcję uzyskujemy w wariacie „handlu” bez wskaźnika, następnie ze wskaźnikiem a najdroższą przy podejściu nakazowym. Czym większa redukcja emisji tym mniejsze różnice między nakładami na tą redukcję dla różnych wariantów.

Koszty redukcji 1 tony SO₂ kształtowały się następująco:

Tabela 4

[PLN]	metoda mokra	metoda sucha	zmiana paliwa
Min	350	750	0
Max	14000	70000	1700
Średnia	1800	3500	750

Przy kształtującej się cenie w granicach 120 - 240 PLN za 1000 uprawnień oznacza to możliwość uzyskania znaczącej refundacji poniesionych nakładów na zainstalowanie technologii prowadzącej do redukcji emisji poprzez sprzedaż nadmiarowych uprawnień.

Symulacja wykazała, że nie następuje redukcja dokładnie do zakładanego poziomu (główne przyczyny: deponowanie uprawnień, przeliczanie emisji przy pomocy wskaźników wymiany), z tym, że rezultat może być zarówno wyższy jak i niższy od zakładanego poziomu. Opracowując plan redukcji emisji należy uwzględnić ten fakt.

Można zauważyć, że możliwość deponowania uprawnień bez strat prowadzi do niekorzystnej dla jakości środowiska sytuacji, w której uzyskany poziom redukcji jest znacznie niższy od zakładanego w planie redukcji. Efekt ten można znacznie osłabić lub wyeliminować zmniejszając o pewien procent ilość uprawnień przy ich deponowaniu. Wyniki symulacji sugerują, że już przy 20% stopie zmniejszania ilości zdeponowanych uprawnień uzyskany poziom redukcji emisji jest zbliżony do zakładanego. Dalsze zwiększanie procentu o jaki zmniejsza się ilość uprawnień przy ich deponowaniu (obliczenia wykonano dla 40, 60, 80 i 100% ze wskaźnikiem wymiany) nie prowadzi do zasadniczej zmiany osiągniętego poziomu redukcji emisji, prowadzi natomiast do zwiększenia całkowitych kosztów redukcji.

Możliwość deponowania uprawnień wpływa na stabilizację ceny uprawnienia. Czym mniejszy poziom straty przy deponowaniu, tym bardziej stabilna jest jego cena w poszczególnych latach.

Wyłączenie energetyki zawodowej z systemu spowodowało średni wzrost ceny uprawnień o 20%. Dla mechanizmów systemu nie miało to istotnego znaczenia. Nie pozostaje to jednak bez znaczenia biorąc pod uwagę odpowiedzialność za realizację programu redukcji w województwie.

Projekt potwierdził słuszność zastosowania wskaźnika uciążliwości, i w konsekwencji wskaźnika wymiany, do zagadnienia „handlu emisjami”. Projekt stanowi systemowe rozwiązanie zagadnienia i zdaniem projektanta jest konkurencyjnym rozwiązaniem dla systemów amerykańskich. Wdrożenie systemu w całym kraju powinno być poprzedzone pilotowym wdrożeniem w jednym, lub kilku województwach, po uprzednim wprowadzeniu znowelizowanych zmian prawa.

W wyniku przetargu MOŚZNiL uruchomiło projekt, którego jednym z zadań jest przeanalizowanie omawianego tu systemu, jak również niezbędnych aktów prawnych. Projekt trwa 6 miesięcy, tak więc na wiosnę przyszłego roku będziemy chyba znali stanowisko MOŚZNiL w tej sprawie. Być może nie kończący się proces zmniejszania emisji zanieczyszczeń, wdrożenie programów redukcji zanieczyszczeń, doczeka się wdrożenia rynkowego rozwiązania: systemu zbywalnych uprawnień do emisji. Najlepsze Dostępne Technologie (BAT) powodują wprowadzanie nowych norm emisyjnych i stanowią podstawę do konstrukcji nowych programów redukcji. Jednakże należy tu podkreślić, że raz przyjęty program nie powinien ulegać zmianom i być konsekwentnie realizowany w zamierzonym okresie czasu. Pozytywna realizacja programu redukcji w systemie „handlu emisjami” nie gwarantuje, że wszyscy uczestnicy systemu zredukują emisję do poziomu, który był podstawą do budowy programu redukcji emisji. Część uczestników systemu pozostanie z kupionymi uprawnieniami do emisji, których ważność i walor muszą być zagwarantowane.

Wanda Pazdan
ATMOTERM® sp. z o.o.