

ANALIZA PRODUKCJI LIMITOWANYCH SUBSTANCJI SZKODLIWYCH (POLUTANTÓW) PRZEZ MOBILNE ŹRÓDŁA ENERGII W ROLNICTWIE

Tomáš Vítěz, Jiří Homola, Bořivoj Groda
*Institut Techniki Rolniczej, Spożywczej i Ochrony Środowiska,
Uniwersytet Rolnictwa i Leśnictwa im. Mendela w Brnie*

Streszczenie. Masa emisji polutantów produkowanych w rolnictwie jest obecnie tylko szacunkowym, eksperckim doliczeniem do bilansu emisyjnego REZZO 4 w kategorii „pozostałe źródła mobilne“. Ze względu na brak metodyki prowadzącej do określenia produkcji emisji, zaproponowano rozwiązanie polegające przede wszystkim na zdefiniowaniu efektywnej metody obliczania masy produkowanych emisji (CO, NO_x, SO₂, PM, i VOC, włącznie z CO₂) w resorcie rolnictwa na podstawie stwierdzonego rocznego zużycia paliw w rolnictwie i zastosowaniu emisyjnych czynników paliw. Wykazano, że udziały masy poszczególnych produkowanych polutantów w latach 2000 i 2001 wynoszą: dla CO 28% i 27%, dla NO_x 52% i 50%, dla SO₂ 69% i 66%, dla PM 87% i 83% zaś dla VOC 26% i 24% pierwotnie doliczanych wartości i są więc wyraźnie niższe. Udział resortu rolnictwa w produkowanej masie emisji przez źródła mobilne według obliczeń wynosił w roku 2000 i 2001 dla CO 3,1% i 3,1%, dla NO_x 11,5% i 11,5%, dla SO₂ 19,8% i 18,8%, dla PM 38,3% i 34,6% zaś dla VOC 3,5% i 3,6%. Przy pomocy równań regresji wyrażono rozwój produkcji poszczególnych polutantów w okresie lata od 1995 do 2005.

Słowa kluczowe: olej napędowy, biodiesel, czynnik emisyjny, masa normatywna oleju napędowego, wielkość powierzchni obsianej, limitowana substancja szkodliwa, polutant, emisje

Wstęp

Oprócz mobilnych środków energetycznych w resorcie transportu udział w bilansie emisyjnym mają także źródła energetyczne resortu rolnictwa. W tym przypadku chodzi głównie o paliwo tradycyjne, którym jest olej napędowy oraz paliwo preferowane w ostatnim czasie – biodiesel. Limity emisyjne mobilnych środków energetycznych określa międzynarodowy przepis Directive 96/61/EC of the European Parliament and of the Council w brzmieniu późniejszych zmian i są więc zgodne z limitami Unii Europejskiej. Pozostałe polutanty (np. PAH, benzen) nie są obecnie legislacyjnie opracowane. Dotychczasowe metodyki prowadzące do określenia ilości produkowanych emisji (np. emisji w resorcie transportu) wychodzą z ewidencji sprzedaży materiałów pędnych. Ponieważ jednak zużycie materiałów pędnych nie jest w rolnictwie oddzielnie ewidencjonowane, nie można więc zastosować takich samych metod obliczeń ilości emisji produkowanych przez środki energetyczne stosowane w rolnictwie.

Obliczenie emisji produkowanych przez rolnicze mobilne środki energetyczne można efektywnie przeprowadzić na podstawie normatywów zużycia oleju napędowego w poszczególnych technologiach produkcyjnych w produkcji roślinnej i produkcji zwierzęcej oraz ewentualnie w innych statystycznie znaczących gałęziach produkcji rolnej. Kalkulacje normatywne masy zużytego oleju napędowego były określone dla warunków, gdy gospodarstwo rolne jest wyposażone w odpowiednią technikę maszynową o parametrach techniczny z roku 2000.

Metoda obliczeń obejmuje tylko emisje powstałe przy eksploatacji mobilnych środków energetycznych i nie obejmuje emisji powstałych z innych źródeł – np. powstałych przy produkcji energii elektrycznej zużywanej przez urządzenia elektryczne w rolnictwie a także emisji produkowanych w procesach biologicznych.

Materiał i metody

Metoda jest opracowana tak, aby do obliczeń masy rocznej produkcji emisji wystarczyły normalnie dostępne informacje, corocznie śledzone i oficjalnie publikowane np. w Roczniku statystycznym, Zielonym protokole itp. Dla potrzeby wyliczenia rocznego zużycia oleju napędowego umożliwiającego określenie rocznej produkcji emisji masę zużytego oleju napędowego w rolnictwie rozdzielono na cztery grupy branżowe, które w sposób najprostsz i przy tym elastyczny oraz perspektywiczny wyrażają międzyroczne zmiany zużycia oleju napędowego:

- produkcja roślinna - PR
- produkcja zwierzęca - PZ
- transport technologiczny i manipulacja z materiałem w rolnictwie - T
- aktywność hobbystyczna obywatelstwa - H

Dla potrzeb praktycznych obliczeń i dalszego przetwarzania statystycznego wyników była wymagana stosunkowo bogata i niestabilna struktura śledzonych roślin uprawnych, kumulowanych do mniejszej liczby pozycji, o których coroczne informacje są do dyspozycji. Podstawą takiej uproszczonej struktury śledzonych roślin uprawnych stała się struktura publikowana w Roczniku statystycznym w latach 2000–2008. Uprawiane rośliny były rozdzielone do trzynastu grup, według ich wspólnych właściwości i podobności ich technologii uprawy. Normatywy masy zużytego oleju napędowego dla każdej rośliny uprawnej w poszczególnej grupie były przeliczone na wspólną grupę roślin według powierzchni obsianych poszczególnych podgrup w latach 2000–2008 [Kavka 2000]. Wymienione grupy roślin odzwierciedlają rzeczywistość RC.

Również pozycję „produkcja zwierzęca“ było trzeba kumulować do mniejszej liczby grup. Cała gama zwierząt hodowlanych była rozdzielona na trzy grupy zwierząt: bydło, trzoda chlewna i owce. Poszczególne normatywy zużycia oleju napędowego dla każdej pojedynczej kategorii zwierząt były przeliczone na normatyw dla całej grupy zwierząt (według stopnia liczebności poszczególnych rodzajów w grupie). Uwagę skupiono głównie na standardowy sposób hodowli, który najczęściej występuje w RC. Liczbę zwierząt w każdej grupie hodowlanej można statystycznie stwierdzić normalnym sposobem w Roczniku statystycznym.

Dla hodowli innych grup zwierząt (np. drób, konie, i hodowla pozostałych mniej statystycznie znaczących grup zwierząt) nie są prowadzone oddzielne normatywy masy zużytego oleju napędowego na sztukę, ale w przypadku w pełni zautomatyzowanych technologii produkcji zużycie oleju napędowego ujęto w dziale „transport technologiczny i manipulacja“, natomiast masa zużytego oleju napędowego dla hodowli drobnych z przeważnie ekstensywnym sposobem produkcji została ujęta w dziale produkcyjnym „Działalność hobby-styczna obywatelstwa”. Transport technologiczny i manipulacja z materiałem jest znaczącym działem zużycia oleju napędowego w produkcji rolnej.

Do analizy przyjęto:

- transport wewnątrz zakładowy powyżej 3 km,
- transport międzyzakładowy,
- transport technologiczny w produkcji zwierzęcej (grupa „bydło“, „trzoda chlewna“ i „owce“),
- kategoria „drób“ (jako w pełni zautomatyzowana technologia produkcji),
- kategoria „pozostałe zwierzęta hodowlane“.

Udział tej gałęzi produkcji rolnej w całkowitym zużyciu oleju napędowego w rolnictwie wyrażono zryczałtowaną masą materiału pędnego na jednostkę powierzchni gleby rolnej. W oficjalnych statystykach nie jest podana powierzchnia, na której są uprawiane rośliny w ramach tzw. „działalności hobbystycznych“ obywatelstwa. Chodzi szczególnie o uprawę zbóż głównie na własne potrzeby (nie dla celów komercyjnych) - karmienie zwierząt gospodarczych, małopowierzchniowa uprawa buraków pastewnych i ziemniaków, wieloletnich roślin pastewnych na glebie ornej, winorośli, drzew owocowych i hodowla trzody chlewnej, drobiu. Taka działalność produkcyjna ciągle żyje, jednak nie z powodów egzystencjonalnych ale głównie dzięki przyzwyczajeniu starszej generacji a także niezwyklej możliwości wykorzystania gleby rolnej do takich celów w określonych miejscach.

Kolejnym wejściem przy obliczeniach jest czynnik emisyjny paliwa (oleju napędowego, biodiesla) dla poszczególnych polutantów. Czynniki emisyjne zaczerpnięto z bazy danych Centrum Badań Transportu w Brnie /Centra dopravního výzkumu Brno/, odzwierciedlają one obecny stan i skład mobilnych środków energetycznych w RC.

Metoda jest odpowiednia szczególnie dla określenia masy emisji poszczególnych polutantów na poziomie ogólnokrajowym zaś ich prognozy w horyzoncie czasowym. Można ją jednak wykorzystać także na poziomie regionalnym do określenia masy emisji poszczególnych polutantów na poziomie województw. Muszą być jednak znane dane wejściowe, tj. przede wszystkim wielkość powierzchni obsianych poszczególnymi roślinami, liczby zwierząt hodowlanych w wymienionych grupach hodowlanych, wielkość powierzchni gleby ornej na danej powierzchni terytorialnej.

Metoda obliczania emisji z technologii rolniczych:

- A. Określenie masy zużytego paliwa m_s (oleju napędowego i biodiesla) w poszczególnych branżach zużycia i w rolnictwie m_{sz} w ciągu roku i w okresie e lat
- B. Określenie masy poszczególnych polutantów m_{pi} , emitowanych w poszczególnych branżach zużycia i w rolnictwie w ciągu roku i w okresie e lat

Ad.) A. Określenie masy zużytego paliwa - m_s

Masa zużytego paliwa w rolnictwie w ciągu roku m_s jest sumą mas częściowych zużytego oleju napędowego w poszczególnych branżach według równania nr 1:

$$m_s = m_{sRv} + m_{sPZ} + m_{sD} + m_{sH} \quad [\text{kg}] \quad (1)$$

gdzie:

- m_{sRv} – masa paliwa zużytego w branży produkcja roślinna w ciągu roku [kg],
- m_{sPZ} – masa paliwa zużytego w branży produkcja zwierzęca w ciągu roku [kg],
- m_{sD} – masa paliwa zużytego w branży transport technologiczny w ciągu roku [kg],
- m_{sH} – masa paliwa zużytego w branży działalności hobbystycznych obywatelstwa w ciągu roku [kg].

Masę zużytego oleju napędowego w branży „produkcja roślinna” w ciągu roku - m_{sRv} określa się według równania 2 :

$$m_{sRv} = \sum_{i=1}^n S_i \cdot q_i \quad [\text{kg}] \quad (2)$$

gdzie:

- S_i – powierzchnia obsiana i – tą rośliną [m^2],
- q_i – normatywna masa oleju napędowego dla powierzchni i-tej rośliny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$].

Masę zużytego oleju napędowego w branży „produkcja zwierzęca” - m_{sPZ} określa się według równania 3 :

$$m_{sPZ} = \sum_{i=1}^n n_{iz} \cdot q_{iz} \quad [\text{kg}] \quad (3)$$

gdzie:

- n_{iz} – liczba zwierząt i-tej kategorii [szt.],
- q_{iz} – normatywna masa oleju napędowego na jedno zwierzę i-tej kategorii [kg].

Masę zużytego oleju napędowego w branży „transport rolniczy” - m_{sD} określa się według równania 4 :

$$m_{sD} = S + q_{Di} \quad [\text{kg}] \quad (4)$$

gdzie:

- S – powierzchnia gleby rolnej w danym roku [m^2],
- q_{Di} – normatywna masa oleju napędowego na jednostkę powierzchni gleby rolnej [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$].

Masę zużytego oleju napędowego w branży „działalności hobbystyczne obywatelstwa” - m_{sH} określa równanie 5 :

$$m_{sH} = S + q_{Hi} \quad \text{kg} \quad (5)$$

gdzie:

- q_{Hi} – współczynnik zużycia oleju napędowego w działalności hobbystycznej na jednostkę powierzchni gleby rolnej [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$].

ad.) B. Określenie masy polutanta (substancji szkodliwej) - m_{pj}

Masę j-tego polutanta m_{pj} , produkowanego w rolnictwie w ciągu roku określa równanie 6:

$$m_{pj} = m_{pjRV} + m_{pjPZ} + m_{pjD} + m_{pjH} \quad [\text{kg}] \quad (6)$$

Masę j-tego polutanta - m_{pj} - dla poszczególnych branż zużycia (PR, PZ, T, H) w ciągu roku określają równania 7–10:

$$m_{pjRV} = m_{sRV} \cdot Ef_j \quad [\text{kg}] \quad (7)$$

$$m_{pjPZ} = m_{sPZ} \cdot Ef_j \quad [\text{kg}] \quad (8)$$

$$m_{pjD} = m_{sD} \cdot Ef_j \quad [\text{kg}] \quad (9)$$

$$m_{pjH} = m_{sH} \cdot Ef_j \quad [\text{kg}] \quad (10)$$

gdzie:

Ef_j – czynnik emisyjny polutanta j [$\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$].

Masę emisji poszczególnego polutanta m_{pj} w okresie n lat określa równanie 11:

$$m_{sPZ} = \sum_{i=1}^n m_{pj} \quad [\text{kg}] \quad (11)$$

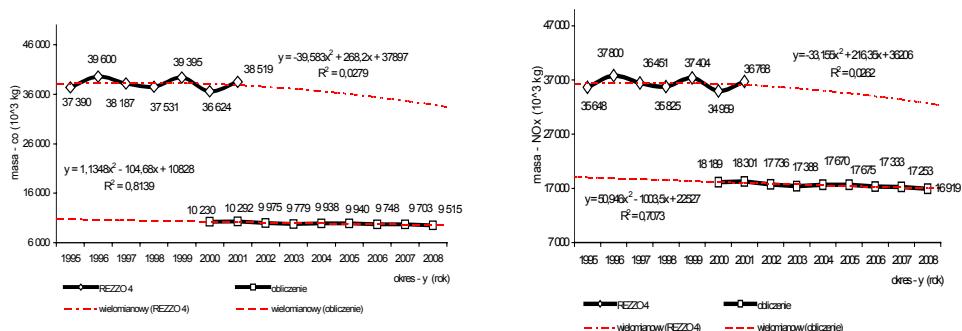
gdzie:

n – liczba lat ocenianego okresu

Dyskusja

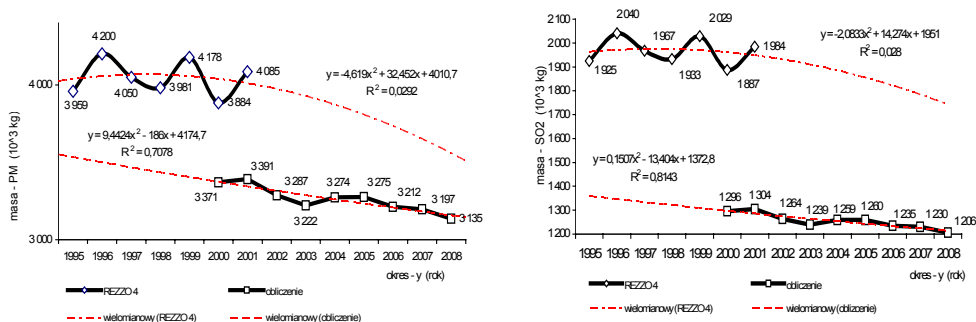
Obliczona masa produkcji CO wynosiła w roku 2000 tylko 28% doliczonej masy zaś w roku 2001 tylko 27% natomiast masa produkcji NO_x wynosiła tylko 52% i 50% (rys. 1), masa produkcji SO_2 69% i 66% , masa produkcji PM 87% i 83% (rys. 2). Masa produkcji VOC wynosiła tylko 26% i 24% (rys. 3). Poza tym z obliczeń wynika, że udział resortu rolnictwa w produkowanej masie CO przez źródła mobilne w latach 2000 i 2001 wynosił 3,1%, udział NO_x 11,5%, udział SO_2 19,8% i 18,8%, udział PM 38,3% i 34,6% zaś udział VOC 3,5% i 3,6%.

Na podstawie współczynników niezawodności, które w przypadku doliczonych wartości wahają się tylko w granicach od 0,0279 (CO i VOC) do 0,0292 dla (PM) można wnioskować, że pierwotnie doliczone wartości są losowe i od siebie niezależne, natomiast współczynniki niezawodności wartości obliczonych, które wahają się w granicach od 0,707 (NO_x) do 0,917 (CO), wskazują na stosunkowo znaczącą zależność w całym przedziale niezawodności. Po zastąpieniu oleju napędowego biodieslem wartości mas poszczególnych polutantów w porównaniu do wartości uzyskanych z oleju napędowego osiągnęłyby tylko 96% w przypadku CO (rys. 4), 72% w przypadku SO_2 (rys. 6), 48% w przypadku PM (rys. 7) i 96% w przypadku VOC (rys. 8), ale aż 132% w przypadku NO_x (rys. 5) i 120% w przypadku CO_2 .



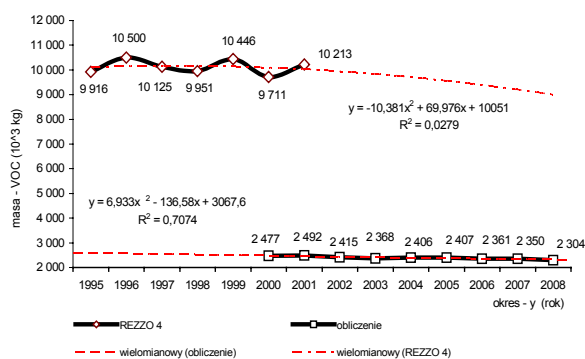
Rys. 1. Porównanie masy polutanta CO i NO_x określonej obydwoima sposobami w rolnictwie w okresie lat 1995 – 2008

Fig. 1. Comparison of CO and NO_x pollutant mass determined using two methods in agriculture in the period from 1995 – 2008



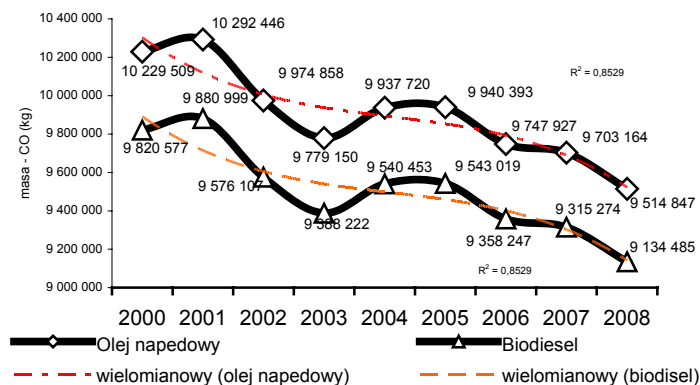
Rys. 2. Porównanie masy polutanta PM i SO₂ określonej obydwoima sposobami w rolnictwie w okresie lat 1995-2008

Fig. 2. Comparison of PM and SO₂ pollutant mass determined using two methods in agriculture in the period from 1995 until 2008

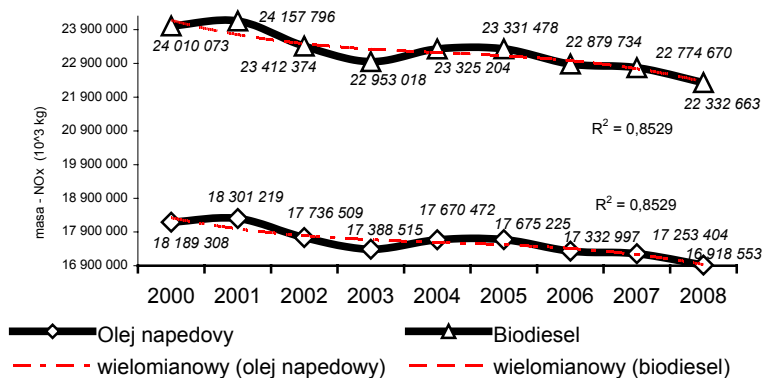


Rys. 3. Porównanie masy polutanta VOC określonej obydwoima sposobami w rolnictwie w okresie lat 1995-2008

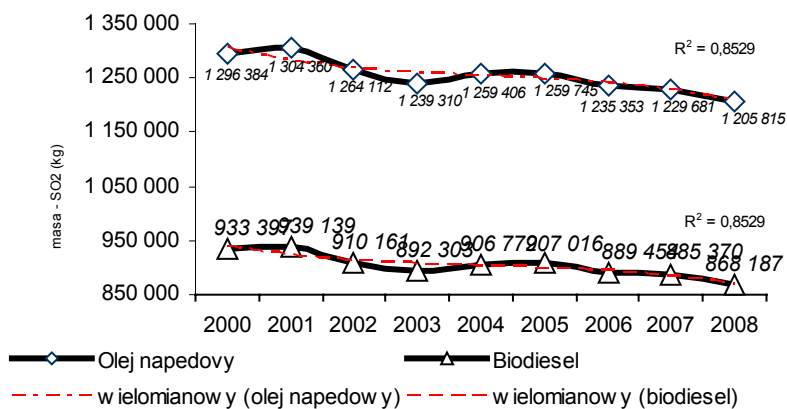
Fig. 3. Comparison of VOC pollutant mass determined using two methods in agriculture in the period from 1995 until 2008



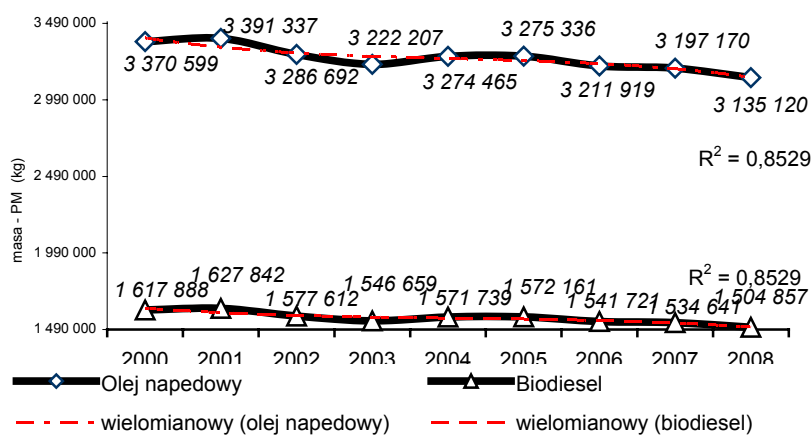
Rys. 4. Graficzny przebieg masy CO wyprodukowanej w rolnictwie w latach 2000-2008:
 Olej napędowy: $CO = -3688x^3 + 56448x^2 - 326349x + 10^7$
 Biodiesel: $CO = -3540,6x^3 + 54192x^2 - 313302x + 10^7$
 Fig. 4. Graphic trajectory for CO mass produced in agriculture in years 2000-2008:



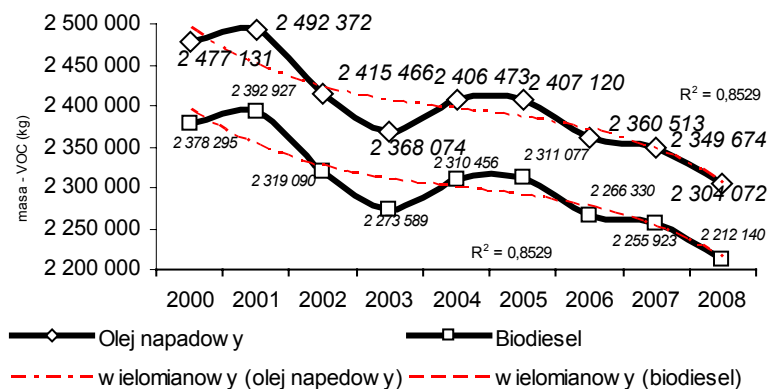
Rys. 5. Graficzny przebieg masy NO_x wyprodukowanej w rolnictwie w latach 2000-2008:
 Biodiesel: $y = -8656,3x^3 + 132492x^2 - 765989x + 2 \cdot 10^7$
 Olej napędowy: $y = -6557,7x^3 - 100372x^2 - 580287x + 2 \cdot 10^7$
 Fig. 5. Graphic trajectory for NO_x mass produced in agriculture in years 2000-2008



Rys. 6. Graficzny przebieg masy SO₂ wyprodukowanej w rolnictwie w latach 2000-2008
 Olej napędowy: $y = -467,39x^3 + 7153,8x^2 - 41359x + 10^6$
 Biodiesel: $y = -336,52x^3 + 5150,7x^2 - 29778x + 965035$
 Fig. 6. Graphic trajectory for SO₂ mass produced in agriculture in years 2000-2008

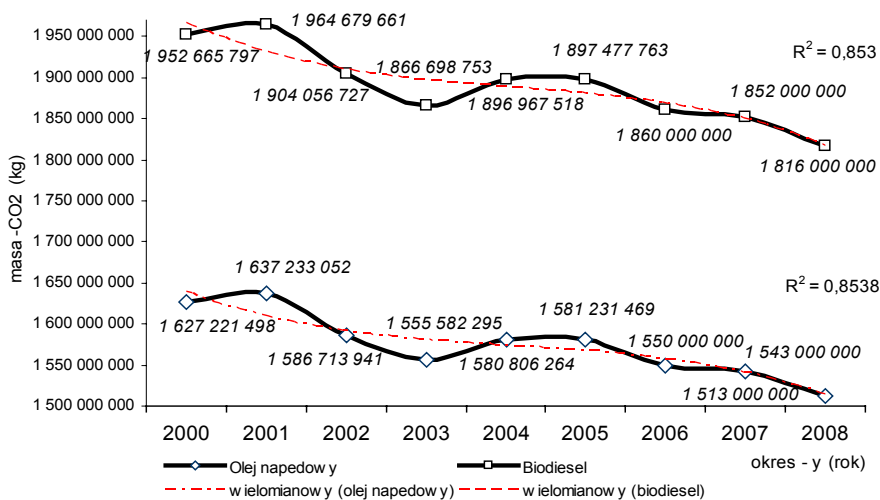


Rys. 7. Graficzny przebieg masy PM wyprodukowanej w rolnictwie w latach 2000-2008
 Olej napędowy: $y = -1215,2x^3 - 18559x^2 - 107529x + 3 \cdot 10^6$
 Biodiesel: $y = -583,3x^3 + 8927,9x^2 - 51616x + 2 \cdot 10^6$
 Fig. 7. Graphic trajectory for PM mass produced in agriculture in years 2000-2008



Rys. 8. Graficzny przebieg masy VOC wyprodukowanej w rolnictwie w latach 2000-2008
 Olej napędowy: $y = -893,07x^3 + 13669x^2 - 79027x + 3 \cdot 10^6$
 Biodiesel: $y = -857,45x^3 + 13124x^2 - 75875x + 2 \cdot 10^6$

Fig. 8. Graphic trajectory for VOC mass produced in agriculture in years 2000-2008



Rys. 9. Graficzny przebieg masy CO₂ wyprodukowanej w rolnictwie w latach 2000-2008
 Biodiesel: $y = -697674x^3 - 10^7x^2 + 6 \cdot 10^7x + 2 \cdot 10^9$
 Olej napędowy: $y = -583359x^3 + 9 \cdot 10^6x^2 - 5 \cdot 10^7x + 2 \cdot 10^9$

Fig. 9. Graphic trajectory for CO₂ mass produced in agriculture in years 2000-2008

Wnioski

1. Zastosowanie biodiesla umożliwiłoby zmniejszenie masy emisji z mobilnych źródeł energetycznych w resorcie rolnictwa w ramach REZZO 4 w roku 2000, CO z 3,1% do 2,9% ew. w roku 2001 z 3,1% do 3,0%, PM z 38,3% do 18,4% ew. z 34,6% do 16,6%, VOC z 3,5% do 3,3% ew. 3,6% do 3,4%, SO₂ z 19,8% do 14,3% ew. 18,8% do 13,5% natomiast w przypadku polutanta NO_x produkcja wzrosłaby z 11,4% do 11,5% ew. z 11,2% do 11,5% .
2. Pomimo tego, że produkcja CO₂ nie jest dotychczas w RC limitowana, w celu wytworzenia całego spektrum emisyjnego, należy jednak go śledzić jako znaczący gaz cieplarniany.
3. Ilość CO₂ wyprodukowanego w latach 2000–2008 z biodiesla wzrosłaby o 20% w porównaniu z olejem napędowym (rys. 9). W świetle uzyskanych wyników okazuje się, że resort rolnictwa nie jest tak znaczącym źródłem zanieczyszczenia atmosfery w ramach REZZO 1-4, jak pierwotnie zakładano.
4. Ponadto wykazano, że z emisyjnego punktu widzenia zastąpienie klasycznego paliwa (oleju napędowego) paliwem alternatywnym (biodieslem) co prawda zmniejszyłoby się masa wyprodukowanego CO (o 4%), PM (o 52%), VOC (o 4%) i SO₂ (o 28%), to jednak w sposób znaczący wzrosłaby masa wyprodukowanego NO_x (o 32%) i CO₂ (o 20%). Zastąpienie klasycznego paliwa kopalnego (oleju napędowego) paliwem alternatywnym - biodieslem z punktu widzenia oczekiwanego obniżenia produkcji emisji nie wybrzmiewa jednoznacznie korzystnie dla paliwa alternatywnego.

Bibliografia

- Adamec V.** 2002. Studie o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí v České republice za rok 2001. Brno. CDV. s. 51.
- Adamec V. i inni.** 2003. Výzkum zátěže životního prostředí z dopravy. Výzkumná zpráva projektu VaV CE 801 210 109. CDV. Brno, s. 201.
- Ročenka Životního Prostrředí ČR 1992.,1993:** MŽP ČR, Praha: s. 256.
- Dufek J.** 2001. Metodika stanovení emisí znečišťujících ovzduší z dopravy. Brno. CDV. s. 21.
- Kavka M.** 2000. Standardy zemědělských výrobních technologií. MZe ČR, Praha.
- Kavka M.** 2000. Standardy pro zemědělství České republiky. Mze ČR. Praha.
- Statistická Ročenka 1990-2004.** ČSÚ Praha 2000-2005.
- Syrový O.** 2003. Zemědělská doprava v ČR. Výzkumná zpráva VÚZT Praha: s. 15. Zpráva o Stavu Zemědělství ČR za rok 2000 –2005. MZe ČR Praha.

ANALYSIS OF LIMITED DELETERIOUS SUBSTANCES (POLLUTANTS) PRODUCTION BY MOBILE ENERGY SOURCES IN AGRICULTURE

Abstract. Emitted mass of pollutants produced in agriculture is currently only an estimated, expert inclusion to the REZZO 4 emission balance in “other mobile sources“ category. Due to lack of methodology leading to determination of emission production, a solution was proposed, which first of all involved defining an effective method allowing to calculate the mass of emissions (CO, NO_x, SO₂, PM, and VOC, including CO₂) produced in agriculture on the basis of observed annual fuel consumption for agricultural purposes and using emission fuel agents. It has been proven that mass shares for individual produced pollutants in years 2000 and 2001 are: for CO 28% and 27%, for NO_x 52% and 50%, for SO₂ 69% and 66%, for PM 87% and 83%, and for VOC 26% and 24% of originally counted values, and therefore are distinctly lower. According to computations, Department of Agriculture share in emission mass produced by mobile sources in years 2000 and 2001 was as follows: for CO 3.1% and 3.1%, for NO_x 11.5% and 11.5%, for SO₂ 19.8% and 18.8%, for PM 38.3% and 34.6%, and for VOC 3.5% and 3.6%. Regression equations have been used to represent production development for individual pollutants in summertime, from 1995 until 2005.

Key words: diesel oil, biodiesel, emission agent, diesel oil normative mass, sown area size, limited deleterious substance, pollutant, emissions

Adres do korespondencji:

Ing. Ing. Tomáš Vítěz, Ph.D.; tomas.vitez@mendelu.cz
Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky (AF) Zemědělská 1,
61300 Brno - Budova Q Czechy