

Joanna Niemczewska

*Institut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy*

## Określenie wpływu ograniczania masy frakcji organicznej deponowanej na składowiskach na emisję gazów cieplarnianych z sektora odpadów komunalnych

Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery jest istotnym elementem gospodarki prowadzonej drogą zrównoważonego rozwoju. Starania dotyczące minimalizacji tej emisji podejmowane są w wielu gałęziach przemysłu. Istotnym zagadnieniem jest również ograniczenie emisji gazów cieplarnianych z sektora gospodarki odpadami komunalnymi. Materia organiczna, stanowiąca około 35% wytwarzanych odpadów, zdeponowana na składowiskach ulega rozkładowi w warunkach beztlenowych. Główny gazowy składnik tego procesu to metan, który niezagospodarowany uwalniany jest do atmosfery. Problem emisji metanu ze składowisk został rozwiązany w krajach UE wprowadzeniem dyrektywy Rady 1999/31/WE, w której określono poziomy redukcji odpadów biodegradowalnych deponowanych na składowiskach. W niniejszym artykule przeprowadzono analizę porównawczą polegającą na oszacowaniu ilości metanu powstającego na składowiskach w Polsce w przypadku zastosowania wytycznych zawartych w dyrektywie 1999/31/WE oraz w sytuacji, gdyby dyrektywa ta nie została zaimplementowana do prawa krajowego. Wyniki obliczeń jednoznacznie wskazują na różnicę w ilości tego gazu emitowanego do atmosfery.

Słowa kluczowe: emisja, gaz cieplarniany, gaz składowiskowy, metan, odpady komunalne, odpady biodegradowalne.

### Determination of reducing the influence of organic fraction mass deposited in landfills on greenhouse gas emissions from the municipal waste sector

Reducing the emission of greenhouse gases into the atmosphere is an important element of the economy undertaken by way of sustainable development. Efforts to reduce emissions are being taken in many industries. An important issue is the reduction of greenhouse gas emissions from the municipal waste management sector. Organic matter which has about 35% of generated waste deposited in landfills decomposes under anaerobic conditions. The main gas component of decomposition is methane, which untapped is released into the atmosphere. The problem of methane emissions from landfills has been solved in EU countries through the introduction of Council Directive 1999/31/EC in which levels of reduction of biodegradable waste deposited in landfills are specified. In this paper a comparative analysis involving the estimation of the amount of methane generated at landfills in Poland if the guidelines contained in the Directive were being applied, as well as if the Directive was not implemented into national law. The calculation results clearly indicate the difference in the amount of methane emitted into the atmosphere.

Key words: emissions, global warming gases, landfill gas, methane, municipal solid wastes, biodegradable wastes.

#### Wstęp

Odpady ulegające biodegradacji mogą być składowane, spalane lub wprowadzane do gleby. Występujące podczas składowania procesy rozkładu odpadów ulegających biodegradacji powodują powstawanie gazów, które bezpośrednio

wpływają na efekt cieplarniany. Zmniejszanie emisji gazów cieplarnianych, w tym również powstałych z rozkładu frakcji organicznej deponowanej na składowiskach, jest istotnym elementem polityki klimatycznej UE. Wraz z wprowadzeniem nowego systemu gospodarowania odpadami komunalnymi w Polsce obowiązkiem stało się wydzielenie ze strumienia odpadów frakcji ulegającej biodegradacji.

Istotnym elementem jest rozwój selektywnego zbierania odpadów biodegradowalnych, a także budowa linii technologicznych do ich przetwarzania, w tym: kompostowni i instalacji do fermentacji odpadów organicznych zbieranych selektywnie, linii mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych, wytwarzania paliw zastępczych z odpadów oraz zakładów termicznego przekształcania zmieszanych odpadów komunalnych.

### Charakterystyka odpadów biodegradowalnych

Zgodnie z art. 3 pkt 7 *Ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach* (Dz.U. z 2007 r. Nr 39, poz. 251, z późn. zm.) przez odpady ulegające biodegradacji „rozumie się wszelkie odpady, które podlegają rozkładowi tlenowemu lub beztlenowemu przy udziale mikroorganizmów” [10].

Zgodnie z *Krajowym planem gospodarki odpadami 2014* do odpadów komunalnych ulegających biodegradacji<sup>1</sup> zalicza się:

- papier i tekturę,
- odzież i tekstylia z materiałów naturalnych (50%),

Dużym wyzwaniem wśród wymogów Unii Europejskiej, do których musi się dostosować Polska, jest ograniczenie masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji.

*Dyrektywa Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów* zobowiązuje nasz kraj do sukcesywnej redukcji odpadów ulegających biodegradacji o:

- 25% do 2010 r.,
- 50% do 2013 r.,
- 65% do 2020 r.,

w odniesieniu do ich masy wytworzonej w 1995 r. [2].

Ograniczenie masy materii organicznej deponowanej na składowiskach ma na celu zminimalizowanie emisji do atmosfery gazów cieplarnianych, które powstają w trakcie procesów tlenowego i beztlenowego rozkładu materii organicznej.

- odpady z terenów zielonych,
- odpady kuchenne i ogrodowe,
- drewno (50%),
- odpady wielomateriałowe (40%),
- frakcję drobną < 10 mm (30%).

Obecnie tylko część bioodpadów jest segregowana lub kompostowana, dlatego też większość bioodpadów razem z innymi odpadami trafia na składowiska.

Łącznie bioodpady zajmują w pojemnikach na odpady przeciętnego mieszkańca około 35% wszystkich odpadów [3].

### Ograniczenie masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji kierowanych na składowiska odpadów

Zgodnie z art. 5 *Dyrektywy Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów* (Dz.U. WE L 182 z 16.07.1999 r., s. 1, i L 284 z 31.10.2003 r., s. 1) Polska zobowiązana jest osiągnąć odpowiednie poziomy ograniczenia składowania komunalnych odpadów ulegających biodegradacji w kolejnych latach. Przepisy ww. dyrektywy zostały nałożone na gminy *Ustawą z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach* (Dz.U. z 2012 r., poz. 391).

Ministerstwo Środowiska opracowało również *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 25 maja 2012 r. w sprawie poziomów ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania oraz sposobu obliczania poziomu ograniczania masy tych odpadów* (Dz.U. z 2012 r., poz. 676), w którym określono

coroczne wymagane poziomy ograniczenia składowania masy odpadów ulegających biodegradacji. Zgodnie z tymi regulacjami w kolejnych latach ilość biodegradowalnych odpadów deponowanych na składowiskach należy ograniczyć:

- do 50% – do 2014 r.,
- do 35% – do 16 lipca 2020 r.

w stosunku do masy tych odpadów wytworzonych w 1995 r.

W celu spełnienia wymogów w zakresie redukcji odpadów komunalnych ulegających biodegradacji kierowanych do składowania niezbędne jest prowadzenie selektywnej zbiórki odpadów u „źródła”. Taki sposób zbierania odpadów stanowi podstawowy element systemu gospodarki odpadami. Zgodnie z art. 3 ust. 2 pkt 5 ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach selektywne zbieranie ustanawiają gminy, przez co należy rozumieć zorganizowanie przez gminę selektywnego zbierania odpadów lub stworzenie niezbędnych do tego warunków.

Jak wynika z danych Głównego Urzędu Statystycznego, masa selektywnie zebranych frakcji odpadów komunalnych

<sup>1</sup>Jako odpady ulegające biodegradacji przyjęto 100% papieru, odpadów kuchennych i ogrodowych, odpadów zielonych, 50% drewna, 50% tekstyliów, 40% odpadów wielomateriałowych i 30% frakcji < 10 mm [5].

oraz odpadów ulegających biodegradacji w latach od 2003 do 2013 systematycznie wzrastała (tablica 1).

W związku z powyższym, sposobem na ograniczenie ilości powstających odpadów oraz wypełnienie celów unijnych jest zmiana struktury zagospodarowania odpadów komunalnych poprzez:

- selektywne zbieranie odpadów zielonych z ogrodów

- i parków, papieru i tektury i poddanie ich recyklingowi,
- kompostowanie odpadów organicznych,
- mechaniczno-biologiczne przetwarzanie zmieszanych odpadów komunalnych,
- fermentację odpadów (organicznych lub zmieszanych),
- termiczne przekształcanie zmieszanych odpadów komunalnych.

Tablica 1. Odpady komunalne zebrane selektywnie w poszczególnych latach

Rodzaje odpadów	Lata					
	2003	2005	2008	2010	2011	2013
	w tys. ton					
Papier i tektura	44 902,7	95 765,1	144 513,2	169 868,8	174 557,8	196 720,7
Tekstylna	397,6	17 501,7	37 508,9	35 696,0	31 021,4	37 326,7
Wielkogabarytowe	–	34 155,6	96 523,9	102 934,1	102 836,8	135 872,3
Biodegradowalne	–	–	123 128,4	181 294,9	210 044,6	311 787,2
Ogółem	144 963,2	295 309,9	682 481,8	859 913,8	6 844 363,92	1 275 048,8

Źródło: [3]

### Efekt cieplarniany – gazy odpowiedzialne za to zjawisko

Efekt cieplarniany jest zjawiskiem polegającym na podwyższeniu temperatury planety powodowanym obecnością gazów cieplarnianych w atmosferze. Zmiany nasilające efekt cieplarniany mogą być jedną z przyczyn globalnego ocieplenia. Termin „efekt cieplarniany” odnosi się zarówno do wzrostu temperatury związanego z czynnikami naturalnymi, jak i wywołanego emisją gazów cieplarnianych wskutek działalności człowieka. W potocznym rozumieniu czynniki naturalne są często pomijane, zwracana jest natomiast uwaga na wzrost temperatury Ziemi w ciągu ostatniego stulecia, zwany globalnym ociepleniem.

W tablicy 2 zestawiono podstawowe gazy cieplarniane wraz z wartością GWP (*global warming potential* – potencjał tworzenia efektu cieplarnianego).

Analizując dane zestawione w tablicy 2 pod kątem emisji gazów cieplarnianych z sektora odpadów komunalnych, należy zaznaczyć, że jedynie metan i ditlenek węgla emitowane są w ilościach znaczących. Co również istotne, ditlenek węgla jest produktem tlenowego rozkładu materii organicznej i jego wytwarzanie w składowisku odpadów to naturalny etap w cyklu obiegu węgla w przyrodzie. Innymi słowy, materia organiczna pozostawiona w środowisku tlenowym ulegnie rozpadowi, którego głównym składnikiem gazowym będzie ditlenek węgla. Sytuacja taka miałaby miejsce w przypadku braku ingerencji człowieka.

Tablica 2. Podstawowe gazy cieplarniane

Substancja (gaz)	Czas życia w atmosferze [lata]	GWP <sub>100</sub> *
Ditlenek węgla (CO <sub>2</sub> )	7	1
Metan (CH <sub>4</sub> )	12	23
Podtlenek azotu (N <sub>2</sub> O)	144	296
Tetrafluorek węgla (CF <sub>4</sub> )	50 000	5 700
Heksafluorek siarki (SF <sub>6</sub> )	3 200	22 200
Halon-1211 (CF <sub>2</sub> BrCl)	11	1 300
Halon-1301 (CF <sub>3</sub> Br)	65	6 900

Źródło: [4]

\*GPW dla okresu 100 lat

Na uwagę zasługuje natomiast metan, który jest generowany w składowisku odpadów, w związku z działalnością człowieka (sztuczne wytworzenie warunków beztlenowego rozkładu). Stanowi on jedyny istotny czynnik brany pod uwagę w przypadku analizy oddziaływania gazu składowiskowego na efekt cieplarniany [1].

Tablica 3. Całkowita emisja gazów cieplarnianych w Polsce w poszczególnych latach

Związki	1995	2000	2005	2010	2011
	w tys. ton				
Ditlenek węgla	358 302	315 540	318 020	332 574	330 309
Metan	2 067	1 874	1 825	1 736	1 692
Podtlenek azotu	98	94	94	87	88

Źródło: [3]

### Obliczenia ilości gazów cieplarnianych emitowanych do atmosfery

W celu określenia ilości metanu generowanego w składowisku odpadów posłużono się modelem matematycznym zaimplementowanym w programie komputerowym LFG ENERGY. Program LFG ENERGY służy do prognozowania produktywności gazowej składowisk odpadów komunalnych oraz obliczania stopnia odzysku gazu ze składowiska.

Obliczenia produktywności gazowej składowisk odpadów wykonuje się, stosując specjalnie do tego celu opracowane modele matematyczne. Jednym z nich jest zmodyfikowany przez INiG – PIB model LandGEM [6]:

$$Q_{LFG} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0,1}^1 2kL_0 \left[ \frac{M_i}{10} \right] \left( e^{-kt_{ij}} \right) (MCF)$$

gdzie:

$Q_{LFG}$  – maksymalna produktywność gazowa składowiska ( $CH_4 = 50\%$ ) [ $m^3/\text{rok}$ ],

$i$  – okres jednego roku,

$n$  – (rok, dla którego wykonywane są obliczenia) – (pierwszy rok deponowania odpadów),

$j$  – okres 0,1 roku,

$k$  – szybkość wytwarzania metanu z danej frakcji odpadów [ $1/\text{rok}$ ],

$L_0$  – potencjał wytwarzania metanu z danej frakcji odpadów [ $m^3/\text{Mg}$ ],

$M_i$  – masa odpadów stałych zdeponowanych w roku  $i$  [ $\text{Mg}$ ],

$t_{ij}$  – wiek  $j$ -tej sekcji masy odpadów  $M_i$  zdeponowanych w roku  $i$ ,

$MCF$  – współczynnik korekcyjny.

Obliczenia wykonano dla dwóch wariantów. W pierwszym z nich założono, że odpady komunalne będą składowane bez ograniczenia ilości masy frakcji organicznej.

Wariant drugi zakłada dotrzymanie zobowiązań wynikających z wdrożenia dyrektywy Rady 1999/31/WE do prawa polskiego i ograniczenie ilości masy odpadów ulegających biodegradacji zgodnie z poziomami obowiązującymi w Polsce.

Obliczenia przeprowadzono na podstawie danych o odpadach znajdujących się w ogólnodostępnych dokumentach oraz statystycznych bazach danych.

Założenia do obliczeń:

1. Obliczenia wykonano, biorąc pod uwagę odpady deponowane w latach 2009–2020.
2. Dane o odpadach za lata 2009–2012 pochodzą z bazy danych GUS [3].
3. Dane o odpadach za lata 2013–2020 pochodzą z *Krajowego planu gospodarki odpadami 2014* [7].
4. Udział odpadów zebranych w stosunku do wytworzonych w latach 2009–2012 obliczono na podstawie danych GUS [3].
5. Udział odpadów zebranych w stosunku do wytworzonych w latach 2013–2020 przyjęto na poziomie 80% jako średnią z obliczeń dla lat 2009–2012.
6. Masę odpadów biodegradowalnych wytwarzanych w latach 2009–2012 obliczono z założeniem, że ilość odpadów biodegradowalnych w odpadach wytwarzanych wynosi 54%. Wartość 54% wyliczono na podstawie dokładnej morfologii odpadów w 2012 r.
7. Masę odpadów biodegradowalnych w latach 2013–2020 przyjęto zgodnie z prognozą w *Krajowym planie gospodarki odpadami 2014* [7].
8. Masa odpadów biodegradowalnych zdeponowanych na składowiskach w przypadku wariantów 1 i 2 w latach 2009–2012 jest równa masie odpadów zdeponowanych na składowiskach w danym roku przemnożonej przez 54-procentową zawartość odpadów biodegradowalnych w masie odpadów deponowanych.
9. Masa odpadów biodegradowalnych zdeponowanych na składowiskach w przypadku wariantu 1 w latach 2013–2020 jest równa masie odpadów biodegradowalnych wytwarzanych w danym roku przyjętej zgodnie z prognozą w *Krajowym planie gospodarki odpadami 2014* [7].
10. Masa odpadów biodegradowalnych zdeponowanych na składowiskach w przypadku wariantu 2 w latach 2013–2020 jest równa masie odpadów biodegradowalnych dopuszczalnych do składowania zgodnie z zapisami dyrektywy 1999/31/WE.
11. Masa odpadów biodegradowalnych wytworzonych w 1995 r. według danych GUS wynosi 4 380 000 Mg [3]. Szczegółowe informacje o odpadach zamieszczono w tabelicy 4.

### Analiza wyników obliczeń i podsumowanie

Obliczenia porównawcze miały na celu ukazanie różnic pomiędzy ilością metanu emitowanego do atmosfery w przypadku deponowania wszystkich odpadów biodegradowalnych na składowiskach oraz w scenariuszu zastosowania się do założeń dyrektywy Rady 1999/31/WE. W tabelicy 5 oraz na

rysunku 1 przedstawiono wyniki obliczeń emisji metanu dla obydwu rozpatrywanych wariantów.

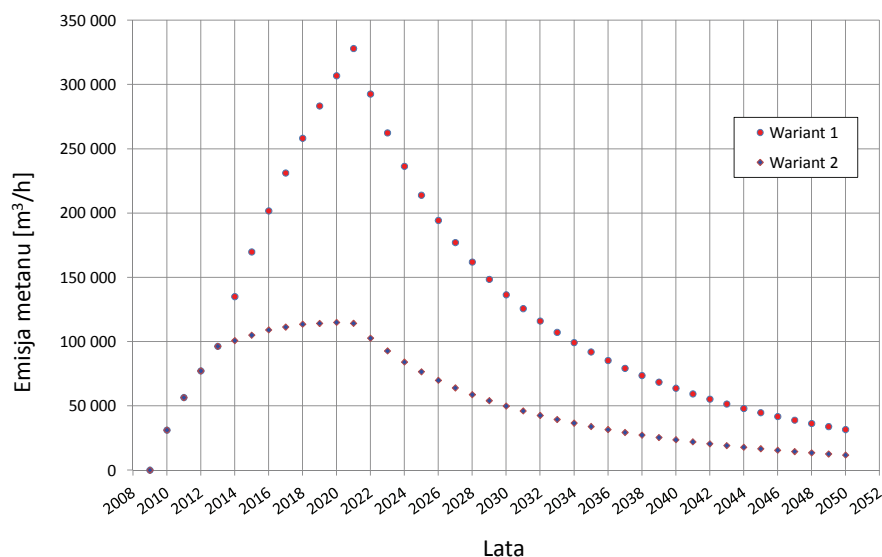
Analizując wyniki obliczeń, można zauważyć, że w latach 2009–2013 nie występują różnice w ilości metanu emitowanego do atmosfery. Wynika to z takiej samej ilości

Tablica 4. Informacje o odpadach wykorzystane do oszacowania emisji metanu ze składowisk

	2009	2010	2011	2012	2013	2014*	2015*	2016*	2017*	2018*	2019*	2020*
Odpady komunalne wytworzone [tys. Mg]	12 053	12 038	12 129	12 085	12 835	13 035	13 255	13 456	13 655	13 856	14 056	14 254
Odpady komunalne zebrane [tys. Mg]	10 054	10 044	9 828	9 581	10 268	10 428	10 604	10 765	10 925	11 085	11 245	11 403
Odpady komunalne zebrane zmieszane [tys. Mg]	9 265	9 180	8 843	8 575	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Udział odpadów zebranych w stosunku do wytworzonych [%]	83	83	81	79	80	80	80	80	80	80	80	80
Masa odpadów zdeponowanych na składowiskach [tys. Mg]	7 859	7 369	6 967	7 158	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Masa odpadów biodegradowalnych wytwarzanych [tys. Mg]	6 509	6 500	6 550	6 526	6 933	7 015	7 158	7 287	7 374	7 482	7 590	7 574
Wariant 1: Masa odpadów biodegradowalnych zdeponowanych na składowiskach [tys. Mg]	4 322	4 053	3 832	3 937	6 933	7 015	7 158	7 287	7 374	7 482	7 590	7 574
Wariant 2: Masa odpadów biodegradowalnych zdeponowanych na składowiskach [tys. Mg]	4 322	4 053	3 832	3 937	2 190	2 190	2 190	1 971	1 971	1 752	1 752	1 533

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przyjętych założeń.

\*Dane prognostyczne.



Rys. 1. Porównanie emisji metanu według wariantu 1 i 2 na składowiskach odpadów w Polsce w latach 2009–2050

materii organicznej deponowanej na składowiskach w przypadku obydwu wariantów. Największe różnice występują w 2021 r. i wynoszą 213 770 Mg metanu emitowanego do atmosfery, co przekłada się na równowartość niemal

4,5 mln Mg CO<sub>2</sub>eq. Dla porównania emisja CO<sub>2</sub> w Polsce w 2012 r. wynosiła 399 mln Mg CO<sub>2</sub>eq [8].

Powyższy przykład ilustruje działanie systemu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych u podstaw. Poprzez minimalizację ilości biomasy trafiającej na składowiska diametralnie zmniejsza się emisja metanu do atmosfery.

Należy zwrócić uwagę, że przeprowadzone obliczenia mają charakter skrajny. W pierwszym wariantcie założono, że cała masa odpadów biodegradowalnych znajdzie się na składowiskach, a drugi wariant zakłada deponowanie na nich jedynie dozwolonej w dyrektywie ilości biomasy. Rzeczywista sytuacja dotycząca emisji do atmosfery metanu

ze składowisk odpadów komunalnych zależeć będzie od poziomu spełnienia przez Polskę wymagań związanych z ograniczeniem masy odpadów biodegradowalnych deponowanych na składowiskach.

Tablica 5. Wyniki obliczeń emisji metanu do atmosfery wykonane dla wariantów 1 oraz 2

Rok	Emisja metanu Wariant 1 [MgCH <sub>4</sub> /rok]	Emisja metanu Wariant 2 [MgCH <sub>4</sub> /rok]	Różnica	
			[MgCH <sub>4</sub> /rok]	[MgCO <sub>2</sub> eq/rok]*
2009	0	0	0	0
2010	31 177	31 177	0	0
2011	56 512	56 512	0	0
2012	77 231	77 231	0	0
2013	96 364	96 364	0	0
2014	135 024	100 813	34 211	718 425
2015	169 794	105 059	64 734	1 359 424
2016	201 731	109 098	92 633	1 945 290
2017	231 186	111 347	119 838	2 516 603
2018	258 231	113 586	144 645	3 037 540
2019	283 364	114 208	169 156	3 552 283
2020	306 850	114 968	191 882	4 029 516
2021	<b>328 012</b>	<b>114 242</b>	<b>213 770</b>	<b>4 489 179</b>
2022	292 632	102 713	189 920	3 988 310
2023	262 404	92 762	169 642	3 562 483
2024	236 407	84 116	152 291	3 198 101
2025	213 902	76 557	137 345	2 884 250
2026	194 295	69 907	124 388	2 612 146
2027	177 102	64 021	113 081	2 374 710
2028	161 935	58 782	103 153	2 166 221
2029	148 477	54 094	94 383	1 982 042
2030	136 471	49 880	86 591	1 818 402
2031	125 704	46 074	79 630	1 672 229
2032	116 004	42 623	73 381	1 541 004
2033	107 227	39 482	67 745	1 422 655
2034	99 255	36 614	62 642	1 315 472
2035	91 989	33 987	58 002	1 218 034
2036	85 345	31 576	53 769	1 129 152
2037	79 253	29 357	49 897	1 047 831
2038	73 655	27 311	46 344	973 227
2039	68 498	25 421	43 077	904 625
2040	63 740	23 673	40 067	841 411
2041	59 342	22 054	37 288	783 056
2042	55 272	20 553	34 719	729 102
2043	51 500	19 159	32 340	679 149
2044	48 000	17 865	30 136	632 846
2045	44 751	16 662	28 090	589 881
2046	41 732	15 542	26 190	549 981
2047	38 924	14 501	24 424	512 897
2048	36 312	13 531	22 781	478 408
2049	33 880	12 627	21 253	446 316
2050	31 616	11 785	19 830	416 438

\*CO<sub>2</sub>eq przeliczony przy założeniu GWP metanu na poziomie 21.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2014, nr 12, s. 945–951

Artykuł nadesłano do Redakcji 7.10.2014 r. Zatwierdzony do druku 27.10.2014 r.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Określenie wpływu ograniczenia masy frakcji organicznej deponowanej na składowiskach na emisję gazów cieplarnianych z sektora odpadów komunalnych* – praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW; nr zlecenia: 42/SN/14, nr archiwalny: DK-4100-42/14.

## Literatura

- [1] Dudek J., Klimek P.: *Energetyczne wykorzystanie gazu składowiskowego na przykładzie instalacji SEC-OUC/Orange County – Floryda, USA*. Nafta-Gaz 2012, nr 9, s. 617–622.
- [2] *Dyrektywa Rady 1999/31/EC z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów*; <http://eur-lex.europa.eu/pl/index.htm> (dostęp: wrzesień 2014).
- [3] Główny Urząd Statystyczny; <http://www.stat.gov.pl> (dostęp: wrzesień 2014).
- [4] IPCC: *Climate Change 2001*. IPCC Third Assessment Report; <http://www.grida.no> (dostęp: wrzesień 2014).
- [5] Jedrczak A.: *Analiza dotycząca ilości wytwarzanych oraz zagospodarowanych odpadów ulegających biodegradacji*. Zielona Góra, kwiecień 2010.
- [6] Klimek P.: *Ocena potencjału energetycznego odpadów komunalnych w zależności od zastosowanej technologii ich utylizacji*. Nafta-Gaz 2013, nr 12, s. 909–914.
- [7] *Krajowy plan gospodarki odpadami 2014*. Załącznik do uchwały nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r. (M.P. 2010 Nr 101, poz. 1183).
- [8] *Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2014*. Zawiera dane o krajowych emisjach gazów cieplarnianych za lata 1988–2012; <http://www.kobize.pl> (dostęp: wrzesień 2014).
- [9] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 25 maja 2012 r. w sprawie poziomów ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania oraz sposobu obliczania poziomu ograniczania masy tych odpadów* (Dz.U. z 2012 r., poz. 676).
- [10] *Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach* (Dz.U. z 2007 r. Nr 39, poz. 251, z późn. zm.).



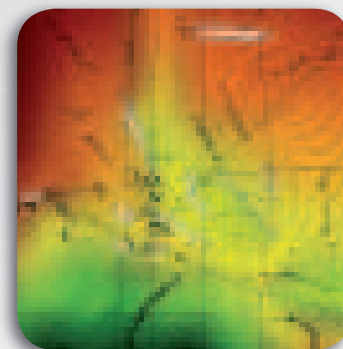
Mgr Joanna NIEMCZEWSKA  
Asystent w Zakładzie Ocen Środowiskowych.  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25A  
31-503 Kraków  
E-mail: [niemczewska@inig.pl](mailto:niemczewska@inig.pl)

## OFERTA

### ZAKŁAD SEJSMIKI

Zakres działania:

- interpretacja strukturalna i litofacjalna zdjęć sejsmicznych 2D i 3D;
- wykonywanie inwersji spektralnej sekcji sejsmicznej po sumowaniu;
- budowa modelu prędkościowo-głębokościowego ośrodka na podstawie analizy danych sejsmicznych;
- wieloskładnikowa sejsmika powierzchniowa i otworowa (3D-3C, PPS-3C);
- przetwarzanie i interpretacja pomiarów PPS 3C;
- obliczanie parametrów anizotropii oraz określanie głównych kierunków szczelinowatości na podstawie wieloazymutalnego pomiaru PPS 3C i sejsmiki powierzchniowej;
- migracja sejsmiczna MGF-K w wersji postack i prestack w dziedzinie czasu i głębokości z uwzględnieniem anizotropii ośrodka typu VTI, TTI, HTI;
- konstrukcja map powierzchniowych;
- zastosowanie metod geostatycznych do budowy statycznych modeli złóż węglowodorów.



**P. o. Kierownika:** mgr inż. Krzysztof Żuławiński  
**Adres:** ul. Bagrowa 1, 30-733 Kraków  
**Telefon:** 12 617-74-87  
**Faks:** 12 653-16-65  
**E-mail:** [krzysztof.zulawinski@inig.pl](mailto:krzysztof.zulawinski@inig.pl)

