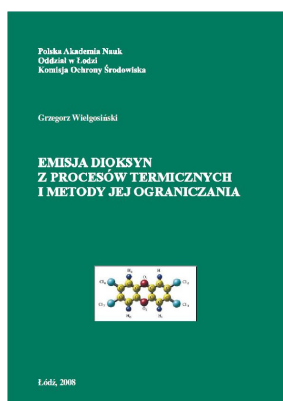




Dioksyny - fakty i mity

prof. dr hab. inż. Grzegorz Wielgosinski
Politechnika Łódzka
Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska

Kilka słów o sobie



2009



2016



2018

2

Moje publikacje na ten temat

International Journal of Chemical Engineering
Volume 2010, Article ID 392175, 11 pages
doi:10.1155/2010/392175

Review Article

The Possibilities of Reduction of Polychlorinated Dibenzo-P-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans Emission

Grzegorz Wielgosński



DOI: 10.2478/eces-2014-0027

ECOL CHEM ENG S. 2014;21(2):353-363

Grzegorz WIELGOSIŃSKI^{1*} and Agata TARGASZEWSKA¹

THE IMPACT OF WASTE INCINERATION ON HUMAN BEINGS AND THE ENVIRONMENT

ODDZIAŁYWANIE SPALARNI ODPADÓW NA LUDZI I ŚRODOWISKO

3

Fakty i mity ...

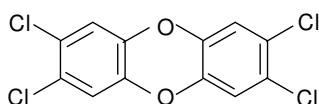
- **Dioksyny są bardzo trwałymi związkami chemicznymi**
- **Dioksyny powstają w temp. 250-550°C**
- **Dioksyny rozkładają się w wyższych temperaturach ale po schłodzeniu spalin tworzą się ponownie**
- **Dioksyny to jedne z najbardziej toksycznych substancji znanych człowiekowi**
- **Według francuskiego instytutu zdrowia w pobliżu spalarni wskaźnik zapadalności na raka wzrósł z 6 do 23%**
- **Nie możemy pozbyć się dioksyn które dostały się do organizmu**

wg. S. Stera, D. Stera – Propozycje zmian istniejącego modelu gospodarki odpadami komunalnymi w kierunku GOZ

4

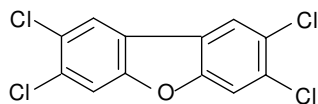
Co to są dioksyny ?

➤ Polichlorowane dibenzo-p-dioksyny



(75 kongenerów)

➤ Polichlorowane dibenzofurany



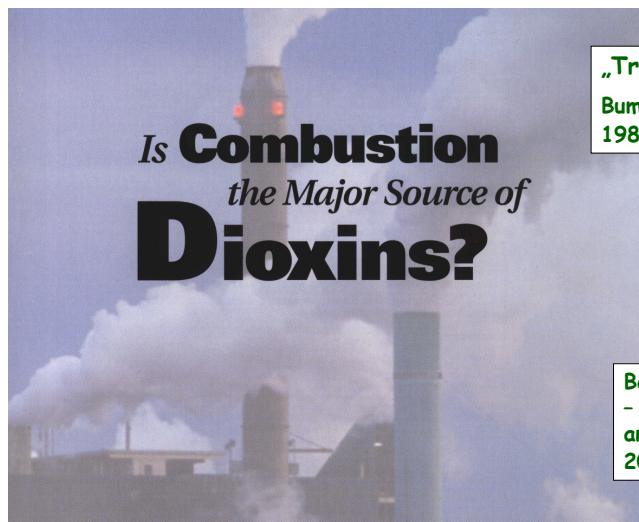
(135 kongenerów)

5

Dioksyny - aktywność biologiczna



Źródła powstawania dioksyn



„Trace chemistry of fire”

Bumb R. R. et al. - Science,
1980, 210, 385-390

Baker J. I., Hites R. A.
- Environmental Science
and Technology,
2000, 34 (14), 2879-2886

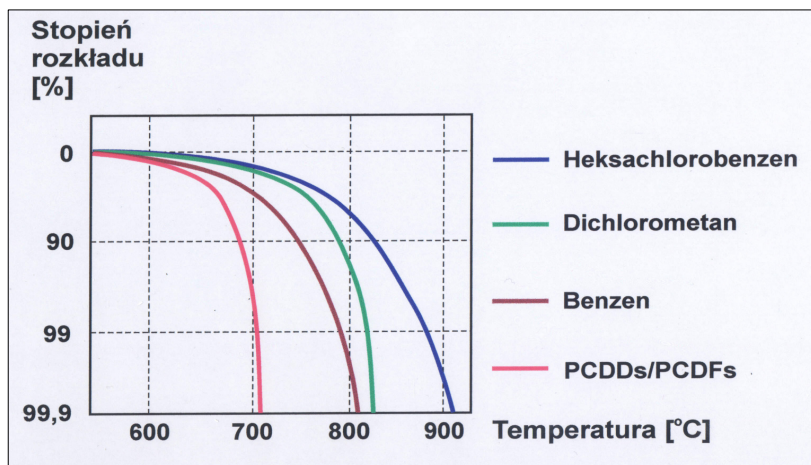
7

Źródła powstawania dioksyn

- Reakcje chemiczne powodujące zanieczyszczenie produktów organicznych – synteza pestycydów, barwników, chlorofenoli, PCB itp.
- Procesy (reakcje) termiczne – spalanie paliw, spalanie odpadów, procesy metalurgiczne, przeróbka złomu, produkcja koksu itp.
- Reakcje fotochemiczne (pod wpływem światła słonecznego – UV),
- Reakcje enzymatyczne (pod wpływem peroksydaz, np. w szlamach kanalizacyjnych),
- Procesy naturalne - wybuchy wulkanów, pożary lasów).

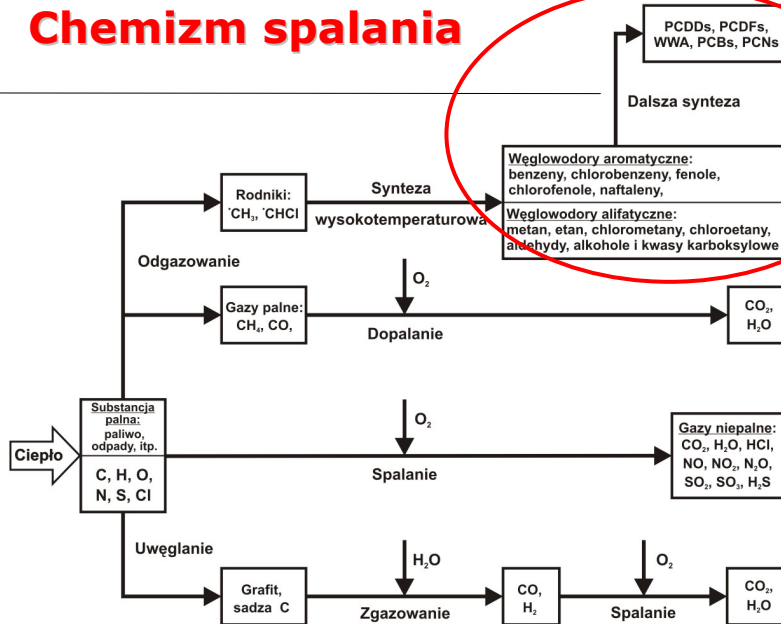
8

Trwałość termiczna dioksyn w porównaniu do innych związków chemicznych



9

Chemizm spalania



10

Mechanizm powstawania dioksyn

- **Synteza homogeniczna** – z chlorowanych prekursorów (chlorofenoli, chlorobenzenów) lub niechlorowanych prekursorów (fenole, związki aromatyczne, papier, lignit, drewno, tworzywa sztuczne) i chlorowanych donorów (PCV, NaCl, HCl, Cl₂), przebiega w fazie gazowej w temp. pow. 500°C
- **Synteza heterogeniczna** – w obecności katalizatorów (miedź, żelazo, glin, cynk) z niechlorowanych prekursorów i chlorowanych donorów
lub
z rodników organicznych, węgla elementarnego (sadzy), wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oraz cząsteczkowego chloru (**synteza de novo**).

11

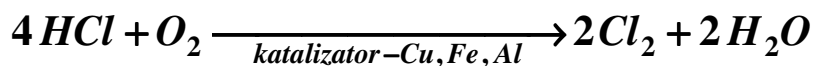
Mechanizm powstawania dioksyn

- Podczas syntezy w fazie gazowej powstają głównie nisko schlorowane dioksyny, natomiast w reakcji katalitycznej (w tym de novo) powstają dioksyny wyżej schlorowane
- Na powierzchni katalizatora (np. miedzi) zachodzi szereg reakcji syntezy, chlorowania i odchlorowania związków organicznych
- Ocenia się, że udział syntezy **de novo** w końcowej emisji dioksyn z procesów spalania jest największy a niejednokrotnie decydujący - w szczególnym przypadku zgodnie z tym mechanizmem może powstawać nawet i **99 %** wszystkich dioksyn powstających w procesie spalania

12

Mechanizm powstawania dioksyn

- ❖ Optymalny zakres temperaturowy dla syntezy **de novo to 300 - 350 °C**,
- ❖ W reakcji chlorowania w syntezie de novo udział bierze chlor cząsteczkowy, którego udział zależy od temperatury.
Szacuje się, że udział chloru w postaci cząsteczkowej jest nie większy niż 1 - 2 %,
- ❖ Chlor do syntezy de novo może powstawać w wyniku reakcji Deacona:



- ❖ Pierwotnym źródłem chloru dla syntezy de novo mogą być zarówno związki organiczne jak i nieorganiczne

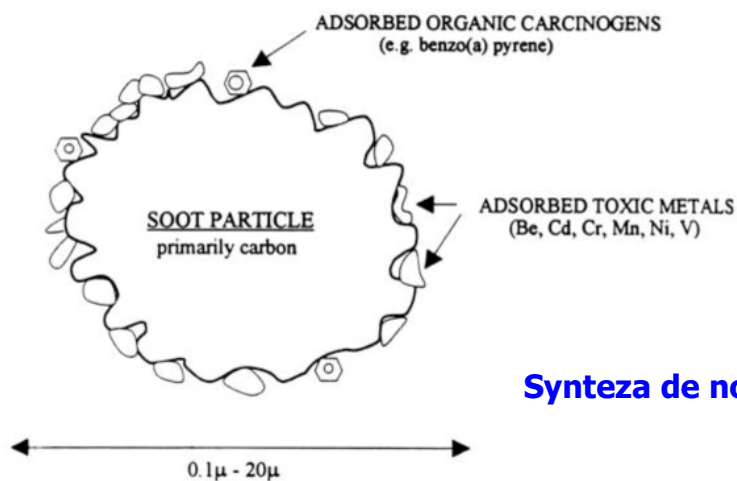
13

Mechanizm powstawania dioksyn

- Synteza de novo jest reakcją wolną, wręcz bardzo wolną, a reakcja powstawania dioksyn w fazie gazowej np. z chlorofenoli jest od niej znacznie - ok. 10^2 - 10^5 razy szybsza
- Surowcem do syntezy de novo jest sadza (inaczej węgiel elementarny) powstała podczas spalania
- Powstawaniu dioksyn wg syntezy de novo sprzyja wysokie stężenie tlenu węgla oraz powstawanie sadzy.
- Synteza de novo przebiega na powierzchni cząstek osiadłego popiołu. Czas trwania takiej syntezy liczy się godzinach.

14

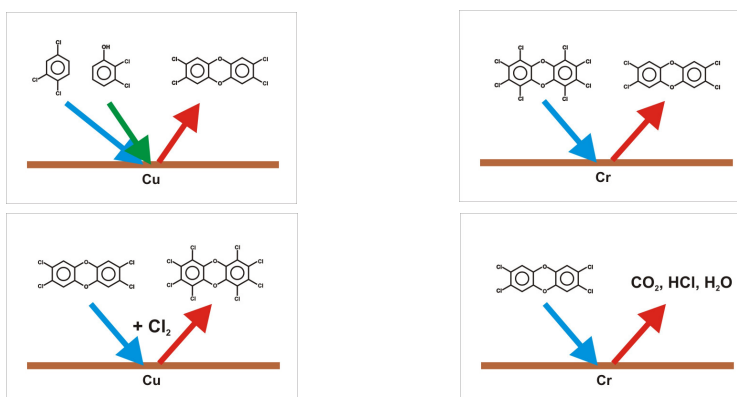
Pył emitowany z procesów spalania



Synteza de novo

15

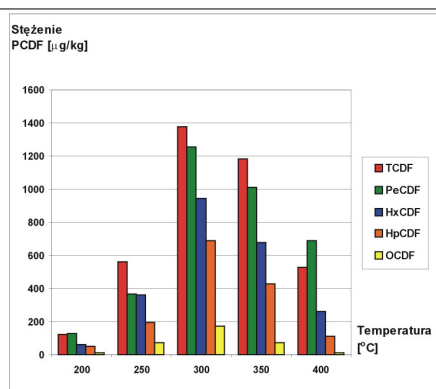
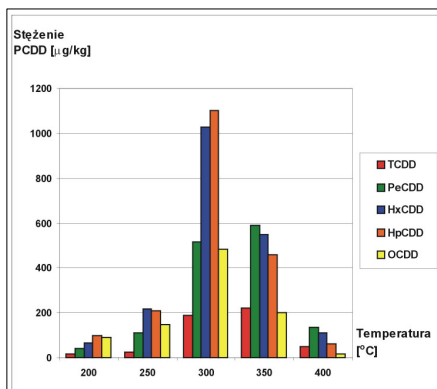
Procesy zachodzące na powierzchni cząstek pyłu



Synteza - destrukcja na cząstkach popiołu

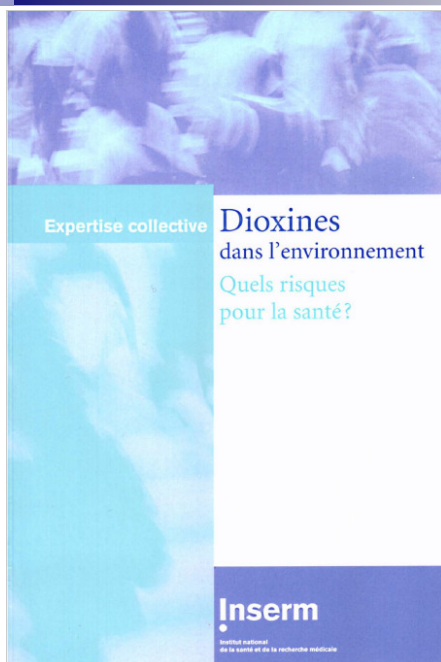
16

Synteza de novo - wpływ temperatury



17

Raport Francuskiego Instytutu Zdrowia



Sommaire

Avant-propos	VII
Dioxines et environnement	1
1 Physicochimie des PCDD et PCDF	3
2 Mécanismes de formation, sources de production	17
3 Sources d'émission	29
4 Contamination des différents compartiments de l'environnement	47
5 Chaires alimentaires	65
Effets toxiques chez l'animal	89
6 Toxicité aiguë	91
7 Immunotoxicité	97
8 Effets sur la reproduction et le développement	113
9 Activité cancérogène	131
Effets toxiques chez l'homme	143
10 Évaluation de l'exposition humaine	145
11 Intégration de la population française	177
12 Cancérogénicité	183
13 Effets autres que le cancer	197
14 Effets sur la reproduction et le développement	209
Mécanismes d'action	227
15 Cascade moléculaire impliquant le récepteur Ah	229
16 Induction des cytochromes P450	247
17 Perturbations endocriniennes : nouveaux gènes cibles	259
Évaluation des risques	281
18 Toxicocinétique/toxicodynamie	283
19 Évaluation des risques : principes et démarches	299
Synthèse et recommandations	319
Communications	369

Dioxines dans l'environnement.
Quels risques pour la santé? ISBN 2-85598-784-9
ISSN 1264-1782

© Les éditions Inserm, 2000, 101 rue de Tolbiac, 75013 Paris

„Kancerogenne dioksyny”

Dioxin and cancer: a critical review

Philip Cole,^a Dimitrios Trichopoulos,^b Harris Pastides,^c
Thomas Starr,^d and Jack S. Mandel^{e,*}

Regulatory Toxicology and Pharmacology 38 (2003) 378–388

5. Conclusion

It is clear from this review that the evidence does not support the IARC's classification of TCDD as a Group 1 carcinogen. In fact, the evidence indicates that TCDD is not carcinogenic to human beings at low levels and that it may not be carcinogenic to them even at high levels.

19

„Kancerogenne dioksyny”

„Jest całkowicie jasne, że klasyfikacja TCDD dokonana przez IARC jako kancerogen I klasy nie znajduje potwierdzenia. W rzeczywistości wyniki badań wskazują, że TCDD nie jest związkiem kancerogennym dla człowieka w małych dawkach i prawdopodobnie nie jest również kancerogenem w dawkach dużych”

Cole P., Trichopoulos D., Pastides H., Starr T., Mandel J. S.
- „Dioxin and cancers: a critical review”
- Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2003, 38, 378–388

20

„Kancerogenne dioksyny“

Carcinogenic risks of dioxin: Mechanistic considerations

Michael Schwarz^a, Klaus E. Appel^{b,*}

Regulatory Toxicology and Pharmacology 43 (2005) 19–34

Review

Dioxins: An overview

Arnold Schecter^{a,*}, Linda Birnbaum^b, John J. Ryan^c, John D. Constable^d

Environmental Research 101 (2006) 419–428

21

„Kancerogenne dioksyny“

Mini review

Is the fear of dioxin cancer more harmful than dioxin?

Jouko Tuomisto^{*}, Jouni T. Tuomisto

Toxicology Letters 210 (2012) 338–344

Review article

The Seveso accident: A look at 40 years of health research and beyond[☆]

Brenda Eskenazi^{a,*}, Marcella Warner^a, Paolo Brambilla^b, Stefano Signorini^b, Jennifer Ames^a, Paolo Mocarelli^b

Environment International 121 (2018) 71–84

22

Toksyczność dioksyn

Trucizna	LD ₅₀ [µg/kg]
Butulinus toxin A (toksyna bakterii jadu kielbasianego)	0,00003
Tetanus toxin (toksyna bakterii tężca)	0,0001
Gaz VX (gaz bojowy)	0,003
Sarin (gaz bojowy)	0,02
Ricin (olej z nasion rącznika)	0,02
Crotoxin (jad grzechotnika)	0,2
Diphtheria toxin (toksyna bakterii <i>corynebacterium diphtheriae</i>)	0,3
TCDD	1
Saxi toxin (toksyna alg <i>dinoflagellates</i>)	9
Tetradotoxin (jad ryby <i>Fugu-Fugu</i>)	8 - 20
Bufotoxin (jad ropuchy)	390
Currara	500
Strychnina	500
Morfina	4 000
Cyjanek potasu	10 000
Fenylbarbituran	100 000

Toksyczność niektórych trucizn w odniesieniu do świnki morskiej (rasa Hartley) 23

Toksyczność dioksyn

Zwierzę	LD ₅₀ [µg/kg]
Świnka morska (samce)	0,6-1,0
Szczur (samce)	22
Szczur (samice)	45
Kura domowa	50
Małpa Rhesus	75
Mysz	114
Królik	115
Pies	< 300
Ropucha	< 500
Żaba	1000
Chomik	5000

U W A G A !!!

Kategoryzacja
szkodliwości substancji
chemicznych wg
Dyrektywy 67/548/EEC

Kategoria	LD ₅₀ [µg/kg]
silnie toksyczne	< 25
toksyczne	< 200
szkodliwe	< 2000
nieklasyfikowane	> 2000

Toksyczność dioksyn

Rok	Miejscowość	Liczba osób narażonych
1949	Nitro, West Virginia, USA	250
1953	Ludwigshafen, Niemcy	75
1963	Amsterdam, Holandia	106
1964	Midland, Michigan, USA	61
1965	Praga, Czechosłowacja	78
1966	Grenoble, Francja	7
1968	Derbyshire, Anglia	90
1976	Seveso, Włochy	156
	Razem	823

W grupie osób narażonych na bardzo wysokie dawki dioksyn nie stwierdzono podwyższonej zachorowalności na choroby nowotworowe

25

Toksyczność dioksyn

Strefa	Ilość mieszkańców	Stężenie PCDD w glebie	Stężenie PCDD w krwi mieszkańców	Oczekiwana (statystycznie) ilość zachorowań	Rzeczywista ilość zachorowań
		µg TEQ/m ²	ppt		
A	724	> 300	> 10 000	19	14
B	4824	> 50	> 300	130	112
R	31647	> 5	> 10	850	765

Statystycznie oczekiwana ilość zachorowań na choroby nowotworowe a ilość rzeczywista w następstwie kontaktu z PCDD/PCDF w rejonie awarii przemysłowej w Seveso (Włochy)

26

Toksyczność dioksyn

- Nie stwierdzono toksyczności ostrej dioksyn w stosunku do organizmu człowieka,
- Nie udowodniono kancerogenności dioksyn w stosunku do organizmu człowieka,
- Stwierdzono, że kontakt z dioksynami powoduje powstanie *chloracne* – trądzika chlorowego, choroby skóry występującej u ludzi często stykających się z chlorem,
- Stwierdzono, że dioksyny mogą upośledzać działanie układu wydzielania wewnętrznego (niektórych hormonów), w szczególności istotnych przy prokreacji.

27

Chloracne (trądzik chlorowy)



rok 2003



grudzień 2004

Prezydent Ukrainy
Wiktor Juszczenko
po spożyciu ryby
zawierającej dioksyny
najprawdopodobniej
w ilości ok.
15 000 000 ng TEQ
na 1 kg tłuszczu
(zazwyczaj ryby
bałtyckie zawierają
ok. 10 - 40 ng TEQ
na 1 kg tłuszczu)

Chloracne - choroba skóry opisana po raz pierwszy przez von Bettmanna oraz dr Karla Herxheimera w 1897 roku, jako choroba zawodowa, charakterystyczna dla osób mających kontakt z chlorem oraz związkami chloroorganicznymi

28

Metabolizm dioksyn

Świat

PAP, RO /29.01.2007 10:16

Organizm Juszczeki walczy z dioksynami



Wiktor Juszczenko wciąż ma blizny po otruciu dioksynami.
AFP

Organizm prezydenta Ukrainy Wiktora Juszczeki wydalil już prawie 80 proc. dioksyn, użytych przy próbie otrucia w czasie kampanii prezydenckiej w 2004 roku - oświadczył szwajcarski lekarz Juszczeki Jean-Hilaire Saurat.

"Osiągnęliśmy znaczny postęp w sprawie oczyszczenia organizmu z dioksyn. Jest to (ilość wydalonych dioksyn) około 80 proc." - powiedział

doktor Saurat w wywiadzie nadanym w niedzielę wieczorem przez ukraińską telewizję Inter.

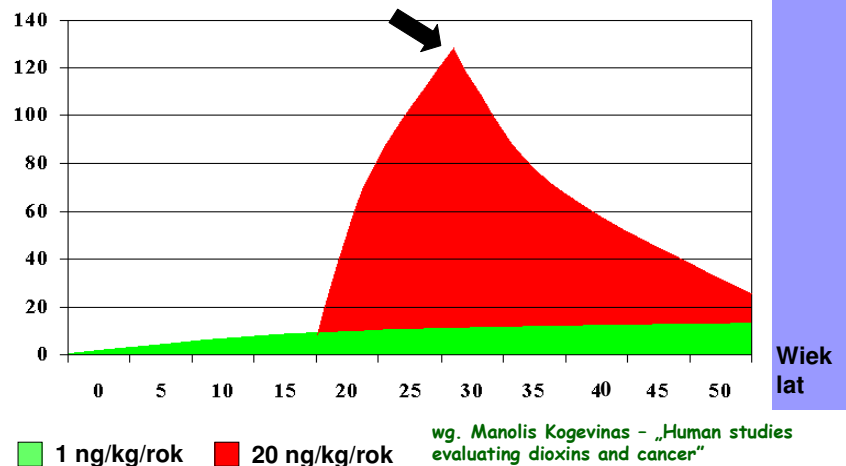
Zdaniem szwajcarskiego lekarza, Juszczenko "jest zdolny do długotrwałej pracy", a opiekujący się nim medycy są bardzo zadowoleni z rezultatów swych działań.

29

Metabolizm dioksyn

ng/kg tłuszczu

Koniec ekspozycji



30

Obecność dioksyn w środowisku

Wiek próbek	Stężenie PCDD/Fs w próbce [ng TEQ/kg]
17 mln. lat	0,471
9200 lat	0,076
8350 lat	0,538
4990 lat	0,209
1520 lat	1,175
Współcześnie	1 - 40

Uwaga - początek osadnictwa ok. 1600 lat temu

31

Obecność dioksyn w środowisku

Pochodzenie próbki	Zawartość PCDD/Fs [ng TEQ/kg]
Powietrze	0,0001 – 0,0003
Woda	0,001 – 0,003
Pola i łąki	2 - 5
Gleba leśna	15 - 26
Obszar przemysłowy	5 - 20
Tereny przydrożne (przy autostradzie)	4 - 8
Gleba w pobliżu spalarni odpadów	10 - 17
Gleba nawożona osadami ściekowymi	14 - 56

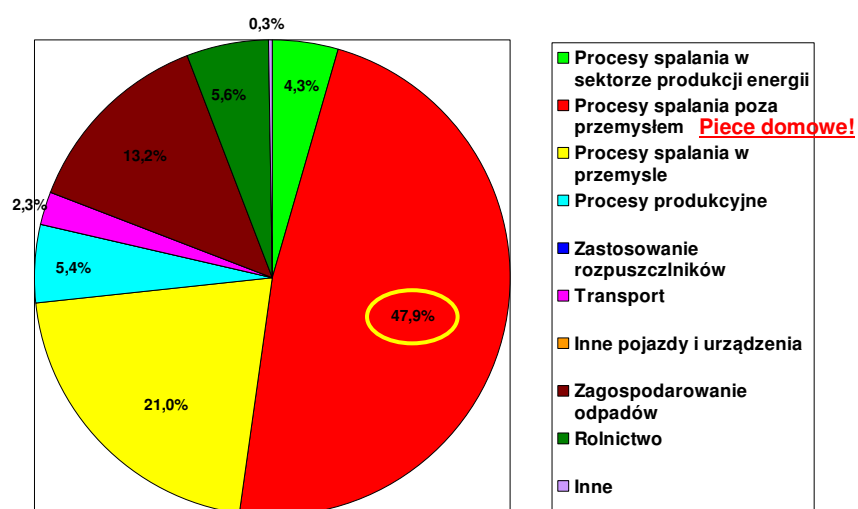
32

Obecność dioksyn w środowisku

Produkty żywnościowe	Zawartość PCDD/Fs [ng TEQ/kg tłuszczu]
Mleko	1,79
Masło	0,81
Jajka	1,52
Wieprzowina	0,28
Wołowina	2,59
Baranina	1,65
Drób	2,25
Śledź	33,7
Dorsz	42,7
Karmazyn	30,7

33

Struktura emisji dioksyn w Polsce (2015 rok) – 290 g



34

Struktura emisji PCDD/Fs

Procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii	10,94	Spalarnie odpadów komunalnych (0,02%)	0,056
Procesy spalania w przemyśle	5,79	Spalarnie odpadów niebezpiecznych	0,490
Transport	8,13	Spalarnie osadów ściekowych	0,080
Spalanie w małych źródłach (62,7%)	171,79	Spalanie odpadów w rolnictwie	3,000
Emisja z paliw	2,83	Pożary składowisk	26,458
Procesy przemysłowe	13,42	Pożary pojazdów	0,48
Rolnictwo	0,01	Pożary budynków	30,635
Zagospodarowanie odpadów	61,20	Krematoria	0,001
Razem	274,10	Razem	61,200

Dane KOBiZE w gramach za rok 2019

35

Tlenek węgla podczas spalania

- **Wielkie elektrownie (np. Elektrownia Bełchatów), elektrociepłownie (PGE Rzeszów, Veolia Łódź), nowoczesne spalarnie odpadów komunalnych – stężenie tlenku węgla – 1-5 mg/m³,**
- **Kotłownie osiedlowe i blokowe – stężenie tlenku węgla – 10-100 mg/m³,**
- **Nowoczesne piece domowe – stężenie tlenku węgla – 100-1000 mg/m³,**
- **Stare piece domowe – stężenie tlenku węgla – 500-5000 mg/m³,**

36

Wpływ parametrów spalania na bilans powstających dioksyn

Parametry spalania	Żużel	Popioły lotne	Pył z elektrofiltru	Emisja do atmosfery
T = 830 °C CO = 25 ppm	0,33 μg/Mg	0,14 μg/Mg	21,2 mg/Mg	11,2 μg/Mg
T = 850 °C CO = 1 ppm	0,35 μg/Mg	0,22 μg/Mg	12,3 mg/Mg	1,6 μg/Mg

37

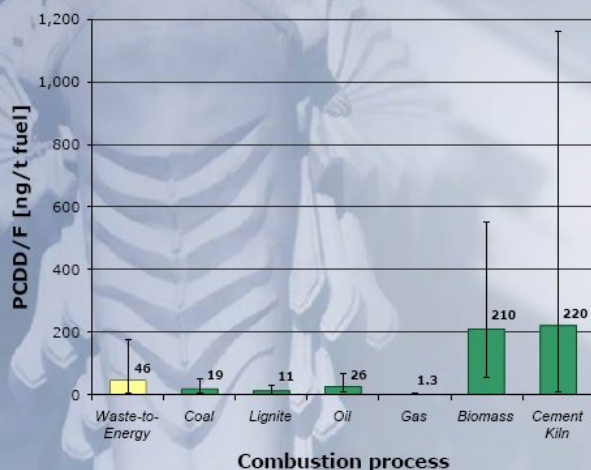
Warunki spalania (węgla) a emisja dioksyn

Stężenie PCDD/Fs w spalinach ng TEQ/m ³ _u	Masa spalanego węgla Mg/h	Strumień gazów spalinowych m ³ /h	Współczynnik emisji PCDD/Fs μg TEQ/Mg węgla
Kotły energetyczne ze złożem fluidalnym			
0,0012	16	330 000	0,025
Kotły energetyczne z paleniskiem pyłowym			
0,0012	28	400 000	0,020
Kotły energetyczne z paleniskiem rusztowym			
0,0042	5	120 000	0,100
Małe piece do indywidualnego ogrzewania			
9,2	0,05	1 500	276
4,1	0,02	700	144

Grochowalski A., Koniecznyński J. - Chemosphere, 2008, 73, 97-103 38

Emissions of PCDD/F:

a) related to amount of fuel



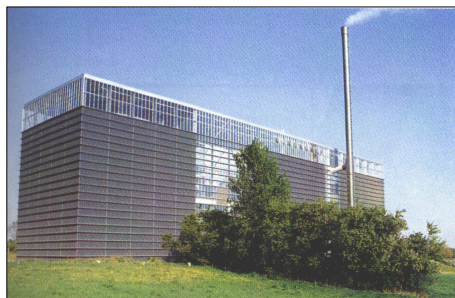
**Spalarnie vs. elektrownie
- emisja
dioksyn
i furanów**

39

Porównanie stężeń dioksyn podczas spalania



**Niekontrolowane spalanie
w pojemniku na śmieci**
 $C_{PCDD} \approx 1\,400 \text{ ng TEQ/m}^3$



**Nowoczesna spalarnia
odpadów komunalnych**
 $C_{PCDD} < 0,1 \text{ ng TEQ/m}^3$

Fot.: prof. A. Grochowalski®

40

Znaczące źródła emisji dioksyn wokół nas



**Niekontrolowane
spalanie odpadów,
wypalanie traw itp.**



Fot.: prof. A. Grochowalski®

41

Kilka faktów naukowych

„Wszelkie potencjalne zagrożenia rakiem wynikające z zamieszkania w pobliżu komunalnych spalarni odpadów stałych są niezwykle niskie i prawdopodobnie niemierzalne przy pomocy nawet najnowocześniejszych technik epidemiologicznych”

UK Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency - Komisja ds. Rakotwórczości 2000 - „Występowania raka w pobliżu komunalnych spalarni odpadów stałych w Wielkiej Brytanii” - protokół COC/00/S1 - marzec 2000

42

Kilka faktów naukowych

„Ryzyko zachorowania na choroby nowotworowe oraz inne poważne choroby w wyniku zamieszkiwania w pobliżu składowiska odpadów jest ponad 5 razy wyższe niż w przypadku zamieszkiwania w pobliżu spalarni odpadów”

Moy P., Krishnan N., Ulloa P., Cohen S., Brandt-Raul P. W.
- „Options form management of municipal solid waste in New York City: a preliminary comparison of health risk and policy implications”
- Journal of Environmental Management, 2008, 87, 73-79

43

Kilka faktów naukowych

„Spalanie odpadów stałych nie wywiera wpływu na zawartości dioksyn w krwi populacji mieszkającej w pobliżu spalarni odpadów stałych”

- ✓ M. Fátima-Reis, J. Pereira-Miguel, C. Sampaio, P. Aguiar, J. Maurício-Melim, O. Päpke - „Determinants of dioxins and furans in blood of non-occupationally exposed populations living near Portuguese solid waste incinerators”.
- Chemosphere, 2007, 67 (9), S224-S230;
- ✓ M. Fátima-Reis, C. Sampaio, P. Aguiar, J. Maurício-Melim, J. Pereira-Miguel, O. Päpke - „Biomonitoring of PCDD/Fs in populations living near Portuguese solid waste incinerators: Levels in human milk”.
- Chemosphere, 2007, 67 (9), S231-S237;
- ✓ N. Ferre-Huguet, M. Nadal, M. Schumacher, J. L. Domingo - „Environmental impact and human health risk of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the vicinity of a new hazardous waste incinerator: a case study”. - Environmental Science and Technology, 2006, 40 (1), 61-66;

44

Kilka faktów naukowych

„Analiza oddziaływania na środowisko wskazuje, że spalarnia odpadów komunalnych nie jest głównym źródłem dioksyn w swoim otoczeniu i inne stacjonarne źródła emisji mają znacznie większe znaczenie”

Wang J. B., Wang M. S., Wu E. M. Y., Chang-Chien G. P., Lai Y. C.
- „Approaches adopted to assess environmental impacts of PCDD/F emission from a municipal solid waste incinerator”.
- Journal of Hazardous Materials, 2008, 152, 968-975

45

Z ostatniej chwili...



Fetal growth, stillbirth, infant mortality and other birth outcomes near UK municipal waste incinerators; retrospective population based cohort and case-control study

Rebecca E. Ghosh^a, Anna Freni-Sterrantino^a, Philippa Douglas^{a,b,c}, Brandon Parkes^a, Daniela Fecht^{a,d}, Kees de Hoogh^{b,f}, Gary Fuller^g, John Gulliver^{d,h}, Anna Font^g, Rachel B. Smith^d, Marta Blangiardo^g, Paul Elliott^{a,c,d,i,j,k}, Mireille B. Toledano^{c,d,k}, Anna L. Hansell^{a,c,d,h,j,k}

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.10.060>

5. Konkluzje

W tym dużym ogólnokrajowym badaniu nie znaleziono dowodów na zwiększone ryzyko związane z porodem, w tym zmniejszenie masy urodzeniowej, poród przedwczesny czy śmiertelność niemowląt w odniesieniu do emisji z ITPOK lub życia w pobliżu ITPOK działających zgodnie z obowiązującymi przepisami UE w zakresie spalania odpadów dotyczącymi także Wielkiej Brytanii. Generalizując wyniki badania można przyjąć że dotyczy to wszystkich ITPOK działających w oparciu o podobne przepisy i podobne strumienie odpadów.

5. Conclusions

This large national study found no evidence for increased risk of a range of birth outcomes, including birth weight, preterm delivery and infant mortality, in relation to either MWI emissions or living near an MWI operating to the current EU waste incinerator regulations in Great Britain. The study should be generalisable to other MWIs operating to similar regulations and with similar waste streams.

46

Oddziaływanie spalarni

Mini-review Article

Environmental and health risks related to waste incineration

Ernesto de Titto¹ and Atilio Savino² 

In summary, there is no known scientific evidence that WI plants designed and operated in order to comply with the emission standards in force in developed countries have a significant impact on the environment and the health of people living in their environment.

W podsumowaniu, nie ma naukowych dowodów, że spalarnie odpadów zaprojektowane i pracujące zgodnie z standardami emisyjnymi, nawet w krajach rozwijających się, mają istotny wpływ na środowisko i ludzi zamieszkujących w pobliżu.

WM&R

Waste Management & Research
1-11
© The Author(s) 2019
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/0734242X19859700
journals.sagepub.com/home/wmr


47

Oddziaływanie spalarni

Health Effects due to Emissions from Energy from Waste Plant in London



May 2020

On the basis of this review, we conclude that any potential health risks associated with direct emissions from modern, effectively managed and regulated MSWIs in London are exceedingly low.

Na podstawie tego przeglądu stwierdzamy, że potencjalne ryzyko zdrowotne związane bezpośrednio z emisją z nowoczesnych, efektywnie zarządzanych i prowadzonych spalarni odpadów w Londynie jest minimalne.

48

I.p.	Nazwa	Wzór sumaryczny	Wzór strukturalny
1	Naftalen	$C_{10}H_8$	
2	Acenaftylen	$C_{10}H_8(CH_2)_2$	
3	Acenaften	$C_{10}H_8(CH_2)_2$	
4	Fluoren	$C_{13}H_{10}$	
5	Antracen	$C_{14}H_{10}$	
6	Fenantren	$C_{14}H_{10}$	
7	Fluoranten	$C_{16}H_{10}$	
8	Piren	$C_{16}H_{10}$	
9	Benzo(a)antracen	$C_{18}H_{12}$	
10	Chryzen	$C_{18}H_{12}$	
11	Benzo(b)fluoranten	$C_{20}H_{12}$	
12	Benzo(k)fluoranten	$C_{20}H_{12}$	
13	Benzo(a)piren	$C_{20}H_{12}$	
14	Dibenzo(a,h)antracen	$C_{22}H_{14}$	
15	Benzo(g,h,i)perylene	$C_{22}H_{14}$	
16	Indeno(1,2,3-c,d)piren	$C_{22}H_{12}$	

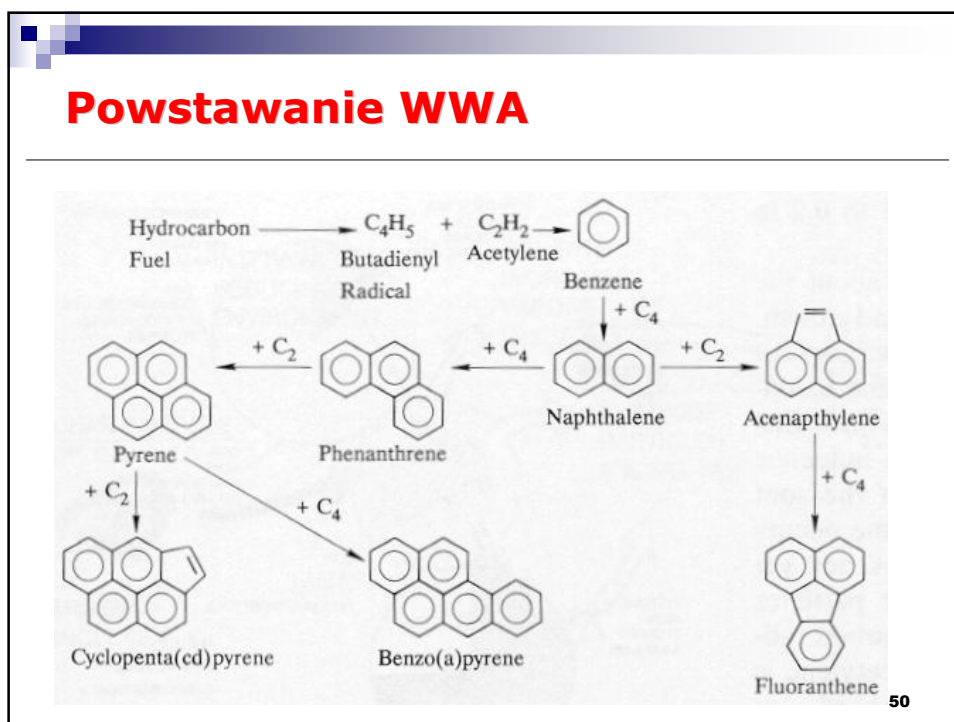
Chemizm spalania - WWA

Wielopierścieniowe Węglowodory Aromatyczne (PAH):

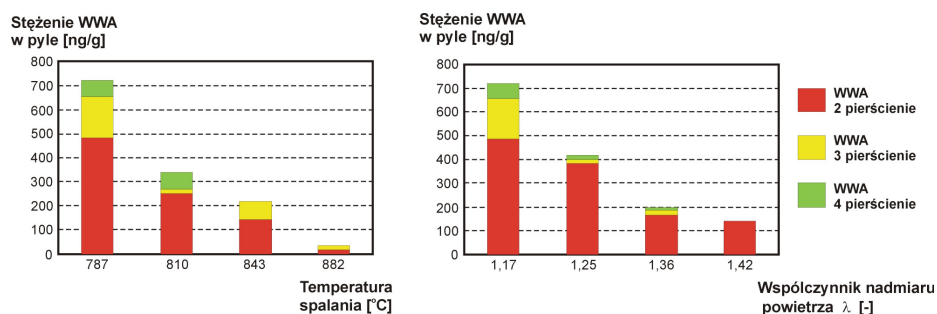
Kancerogenne (wg IARC):

- benzo(a)pieren,
- benzo(k)fluoranten,
- benzo(b)fluoranten,
- benzo(g, h, i)perylene,
- indeno(1, 2, 3-c, d)piren

49



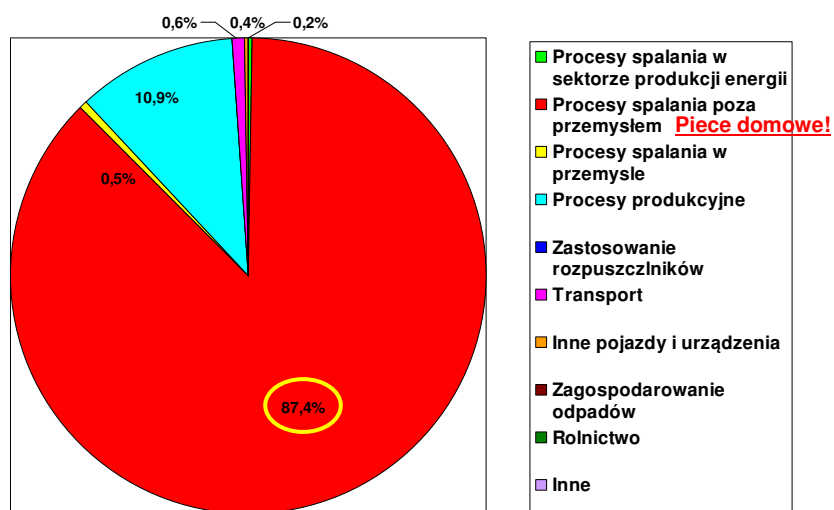
Chemizm spalania - WWA



Wpływ parametrów spalania (temperatury i nadmiaru powietrza) na powstawanie WWA

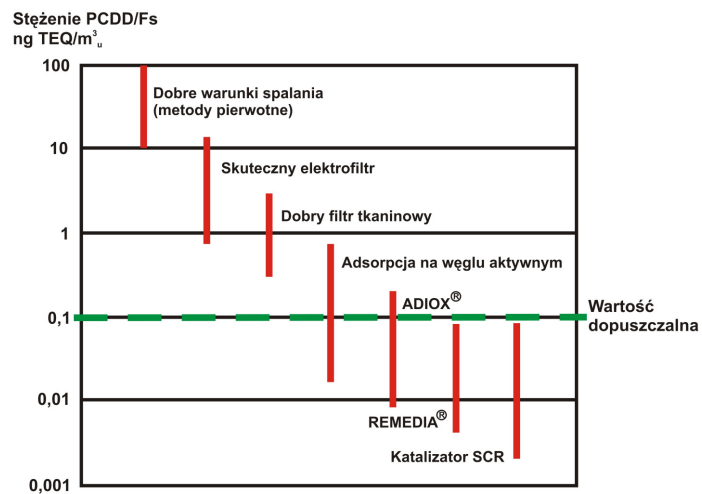
51

Struktura emisji WWA w Polsce (2015 rok) – 139 Mg



52

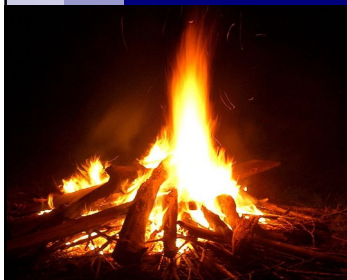
Ograniczanie emisji PCDD/Fs



53



**Dziękuję
za uwagę !**



**Profesjonalna spalarnia odpadów
to nie ognisko ani piec domowy!!!**