



Małopolska



Niskoemisyjne techniki spalania paliw stałych w instalacjach małej mocy (ISMM)

Konferencja

**MAŁOPOLSKA W ZDROWEJ ATMOSFERZE
Efektywne Spalanie Paliw Stałych
Kraków, 29 maja 2014**

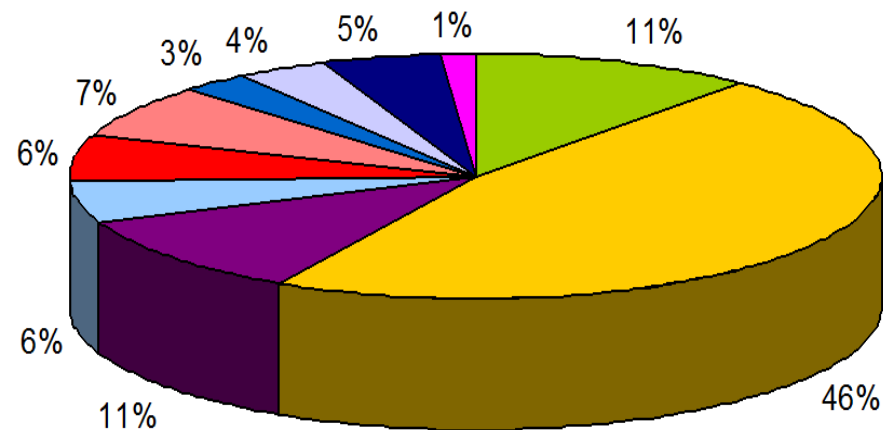
**Dr inż. Krystyna Kubica
Polska Izba Ekologii
Politechnika Śląska ITC
kkubica@interia.pl**

Spalanie paliw w sektorze komunalno-bytowym w ISMM – główne źródło PM2.5



Spalanie 1 tony węgla w kotle tradycyjnej konstrukcji o mocy 25 kW (przeciwwądowe spalanie) – emisja PICs (produkty niecałkowitego i niepełnego spalania)

- **CO** → 120 kg
- **TSP (PM10, PM2.5)** → 7 kg
- **VOCs, LZO (C₃)** → 5,7 kg
- **16 WWA wg EPA** → 0,9 kg
- **PCDD/Fs** → 23,8 µg I-TEQ
ok. 300 µg I-TEQ współspalanie odpadów!!
- **Fenole** → 0,86 kg
- **Substancje smoliste** → 8,8 kg



- procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii
- sektor bytowo-komunalny
- spalanie paliw w przemyśle
- procesy produkcyjne
- wydobywanie i dystrybucja paliw kopalnych
- transport drogowy
- inne źródła mobilne
- odpady
- rolnictwo
- inne

Kubica K. Williams A.; et al. „Influence of co-combustion coal and biomass....Final Report ERB IC CT98 0503, 2001

Wszyscy mamy prawo oddychać czystym powietrzem

Instalacje Spalania Paliw Stałych (biomasy i węgla) Małej Mocy nie Mogą Być „SPALARNIAMI ŚMIECI”, nie muszą być „DUŻYMI EMITENTAMI ZANIECZYSZCZEŃ”

Czynniki sprawcze: ochrona zdrowia, środowiska i infrastruktury

Presje:

- **prawodawstwo: standardy jakości powietrza, standardy produktowe, dobrowolne zobowiązania na rzecz minimalizacji oddziaływania na środowisko (Dyrektywy CAFE, EKOPROJEKT, *ang. ECODESIGN*)**
- **świadomość społeczna: jakość życia, ochrona zdrowia i środowiska naturalnego**

Technologie spalania, paliwa

Emisja zanieczyszczeń - uwarunkowania

TECHNOLOGIE, TECHNIKI SPALANIA – organizacja procesu spalania

- pyłowe (w strudze)
- fluidalne
- w warstwie (złóże stacjonarne) – ISMM (*ang. SCIs*)

Zanieczyszczenia

PICs - CO, TOC, VOCs, SVOCs i NVOCs: WWA, PCDD/Fs (toksyczne zanieczyszczenia organiczne), BC (TSP), PM2.5 i PM10, oraz NOx

spalanie w strudze → spalanie fluidalne → **spalanie w warstwie (różne..)!!!**

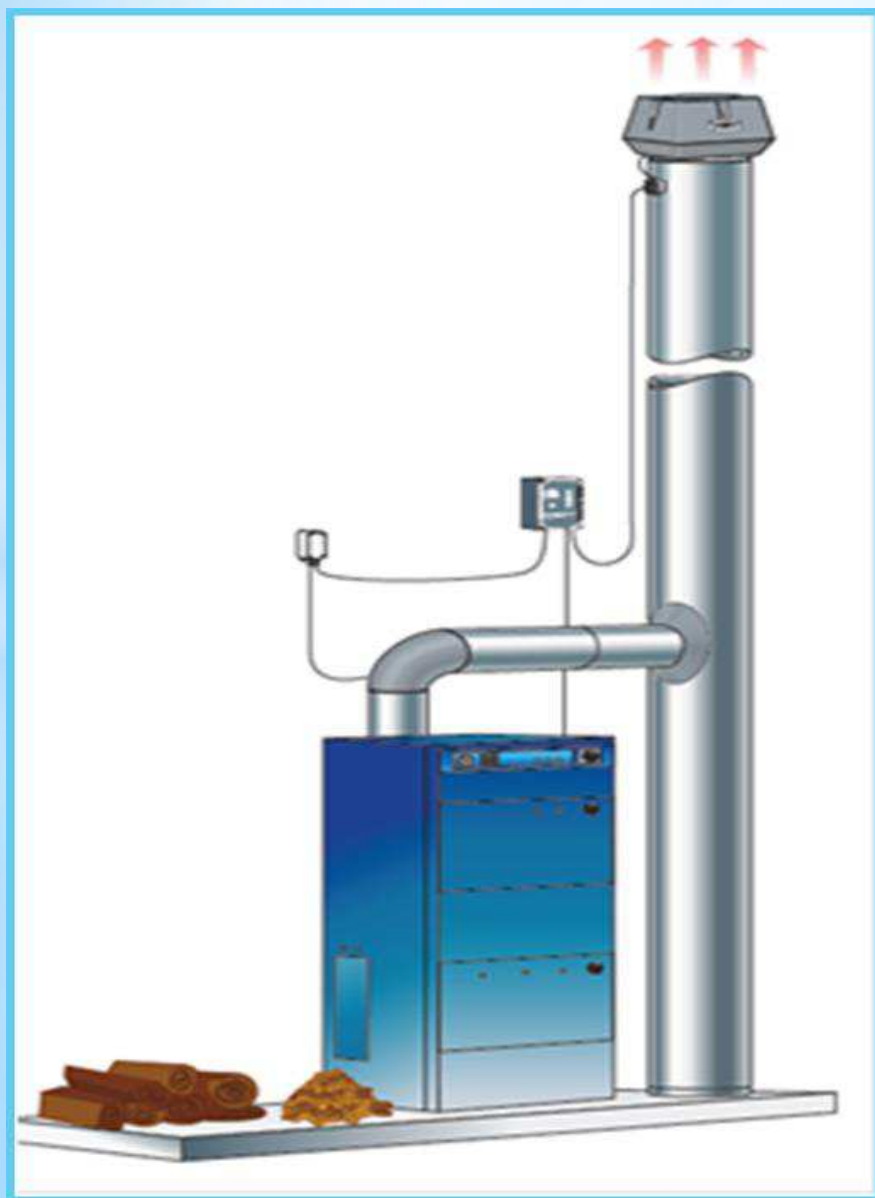
WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE PALIWA

- C, H, N, S, Cl, O, F, HM metale ciężkie
- popiół
- rozmiar ziarna, wilgoć

Zanieczyszczenia

- **Metale ciężkie (Hg, Cd, Pb, As, Ni, V..), SOx, NOx, TSP, PM2.5 i PM10, PCDD/Fs**
gaz → paliwa ciekłe → **paliwa stałe (węgiel, biomasa)**

Instalacja spalania małej mocy (ISMM)



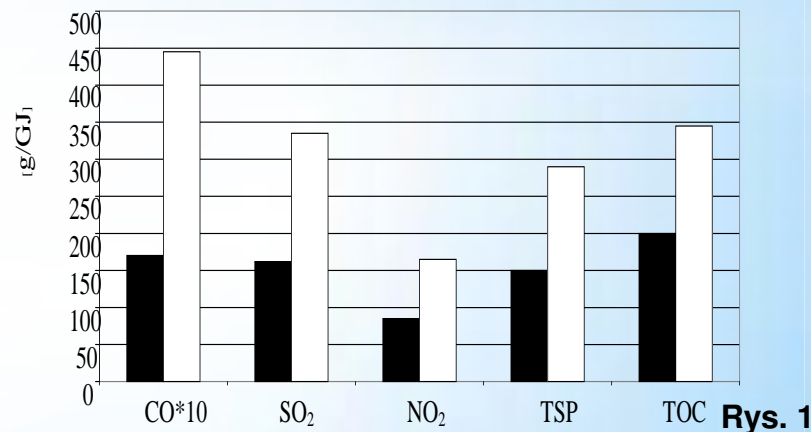
Paliwo: jakość – brak standardów

Kotły: sprawność energetyczna i emisyjna – brak standardów emisji, standardy produktowe

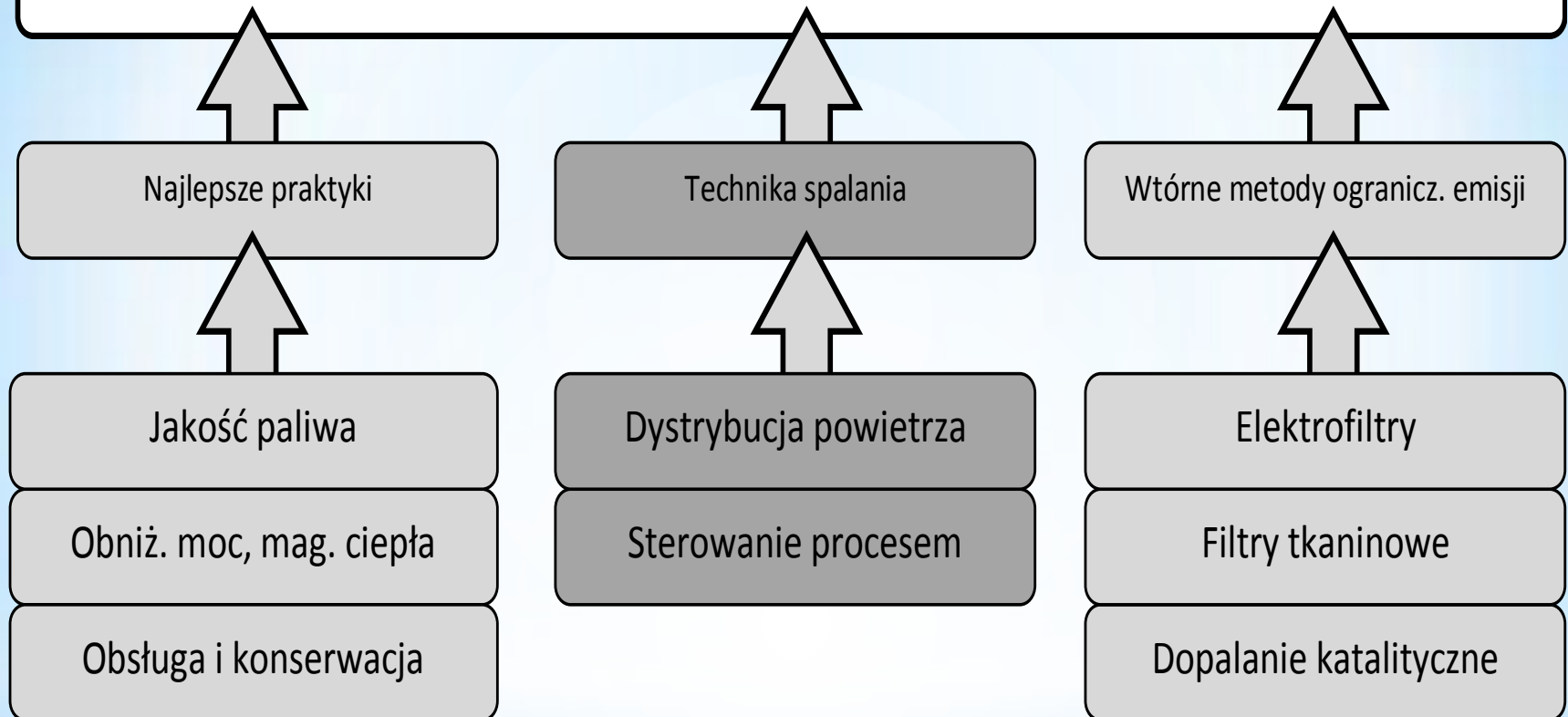
Kominy: dobór do kotła (rys. 1)

Eksploatacja: dobre praktyki (edukacja)

Kubica K.; Dobre praktyki produkcji energii cieplnej dla indywidualnego i komunalnego ogrzewnictwa. Paliwa stałe. ISBN: 83-918298-7-1; Katowice 2006; <http://polskiklubekologiczny.org.pl>



Niskoemisyjne spalanie paliw stałych w ISMM



Pierwotne środki/metody: organizacja procesu spalania (automatyzacja, dystrybucja powietrza spalania i jego stopniowanie, kontrola i sterowanie), jakość paliwa (dobór do techniki spalania, stabilność jakości, modyfikatory jakości)

Wtórne środki: oczyszczanie spalin/odpylanie, katalityczne dopalanie (ang. afterburning, post-combustion)

Instalacje spalania małej mocy opalne paliwami stałymi IMM (ang. SCIs) w sektorze mieszkalnictwa klasyfikacja

▪ Kategoria urządzeń (przenoszenie ciepła)

- bezpośrednio ogrzewanie: *kominki, ogrzewacze pomieszczeń, piece*
- pośrednie ogrzewanie: *kotły*

▪ Rodzaj urządzenia (sposób podawania paliwa)

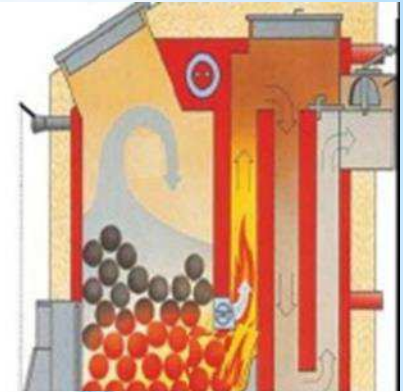
- ręczny załadunek
- automatyczny załadunek

▪ Rodzaj paliwa stałego:

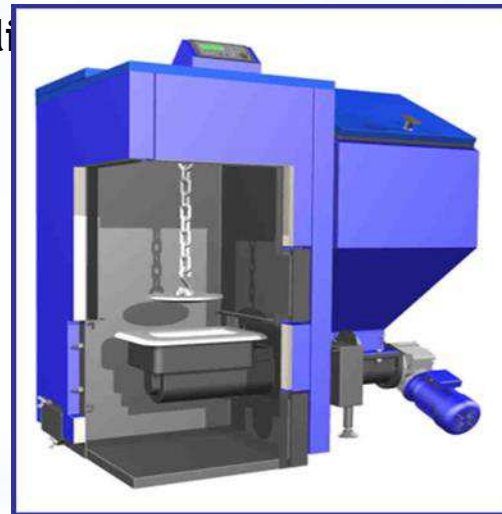
- paliwa kopalne
- stałe biopaliwa

Organizacja procesu spalania - *pierwotne sposoby* redukcji emisji:

1. przeciwprądowy
2. prąd krzyżowy
3. współprądowy (BAT)

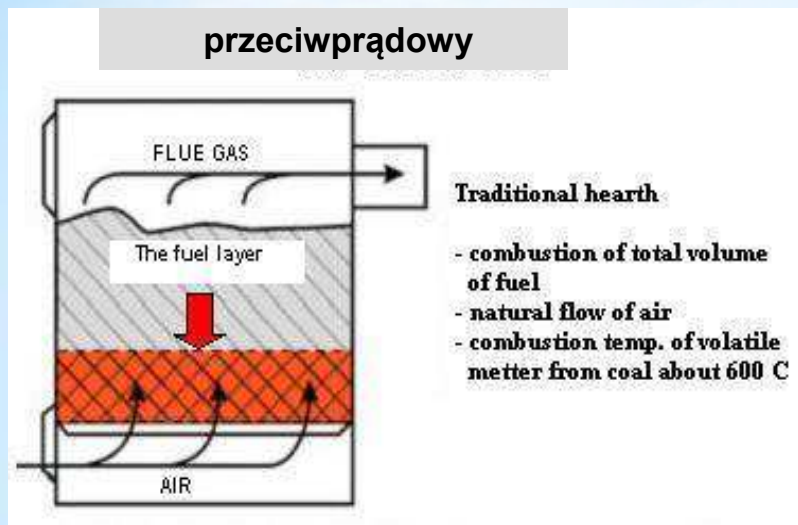


**Kotły, piec -
ręcznie zasilane**

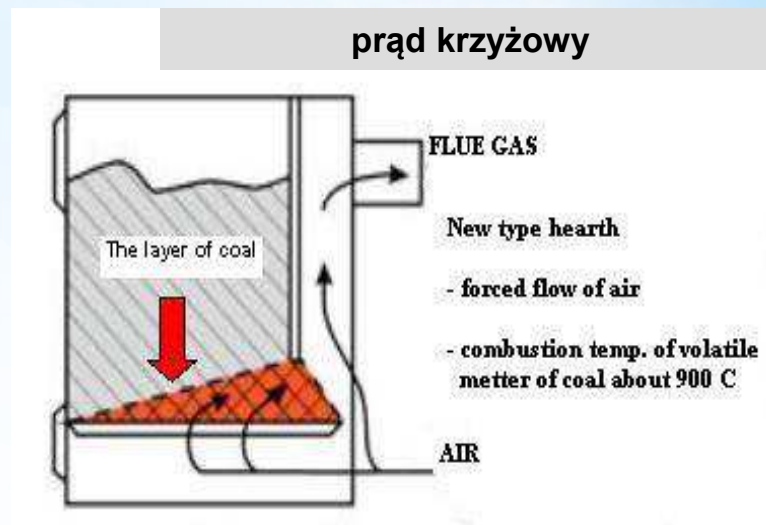


Techniki spalania ISMM na paliwa stałe (ang. SCIs)

A)



B)



Organizacja procesu spalania –
pierwotne sposoby redukcji emisji:

- A. przeciwprądowy
- B. prąd krzyżowy
- C. współprądowy (BAT)

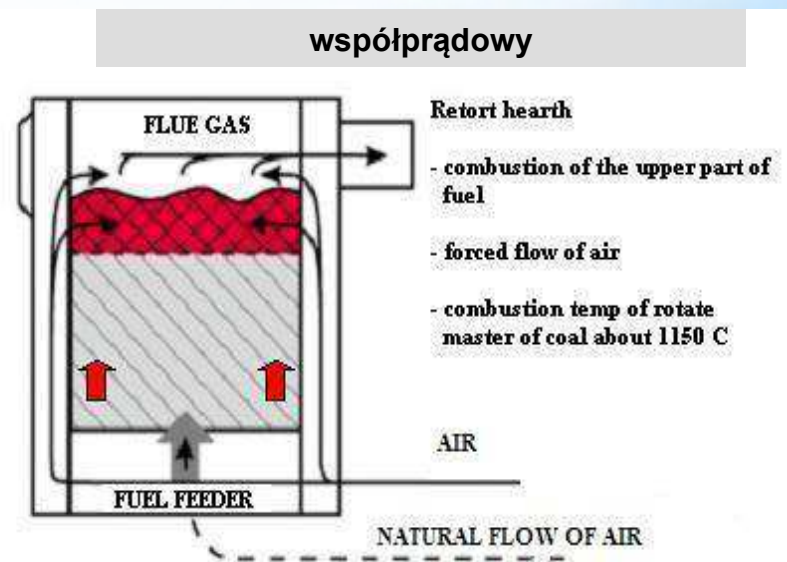
3 T (ang.):

Turbulence - homogenizacja

Time (residence time) - czas

Temperature - temperatura

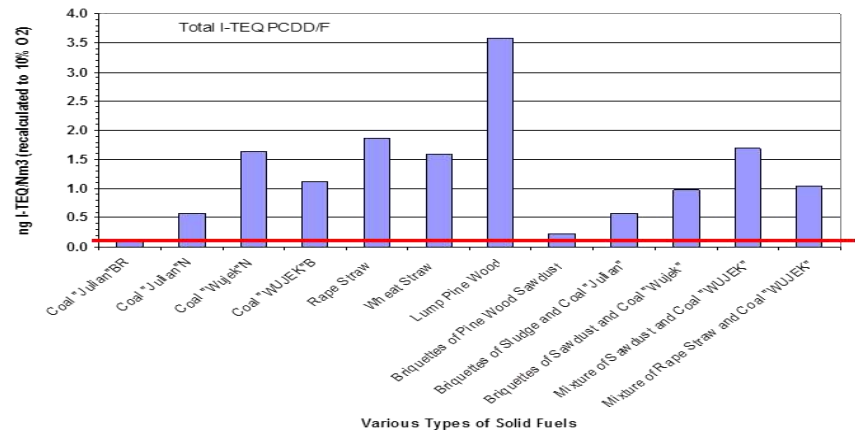
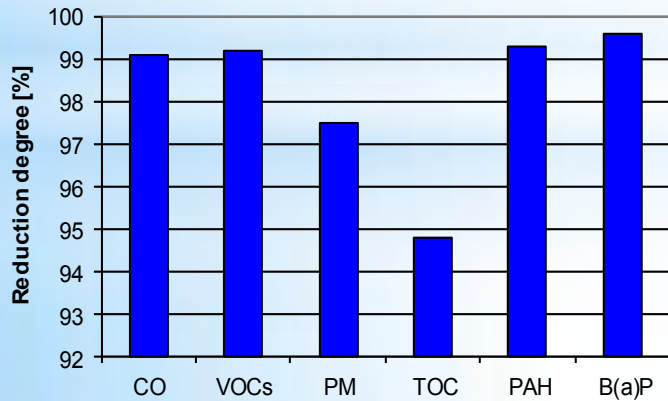
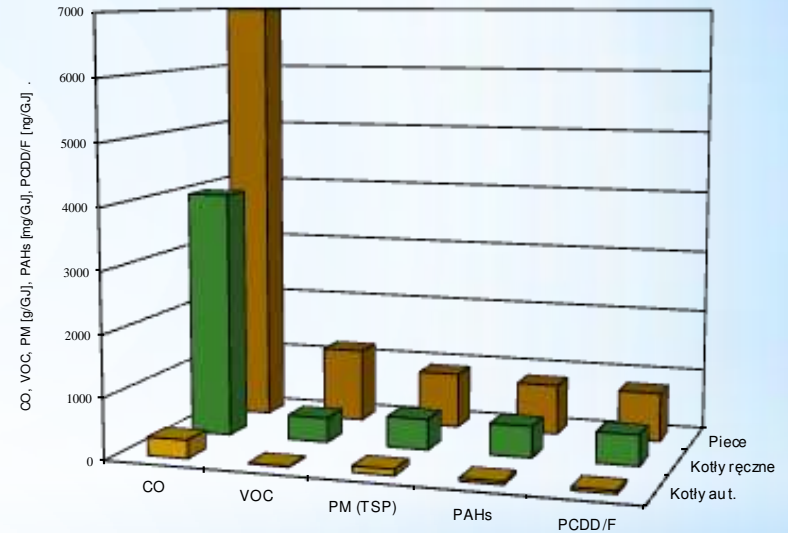
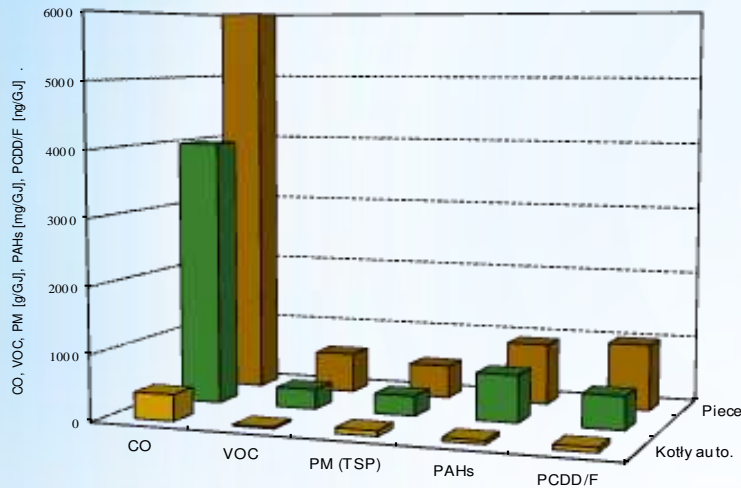
C)



Czystsze spalanie paliw stałych

1. węgiel; 2. biomasa, 3. stopień redukcji dla kotłów automat. 4. emisja dioksyn

Kubica K., et al., Chapter of Emission Inventory Guidbook „Small Combustion Installations”, TFEIP 2004



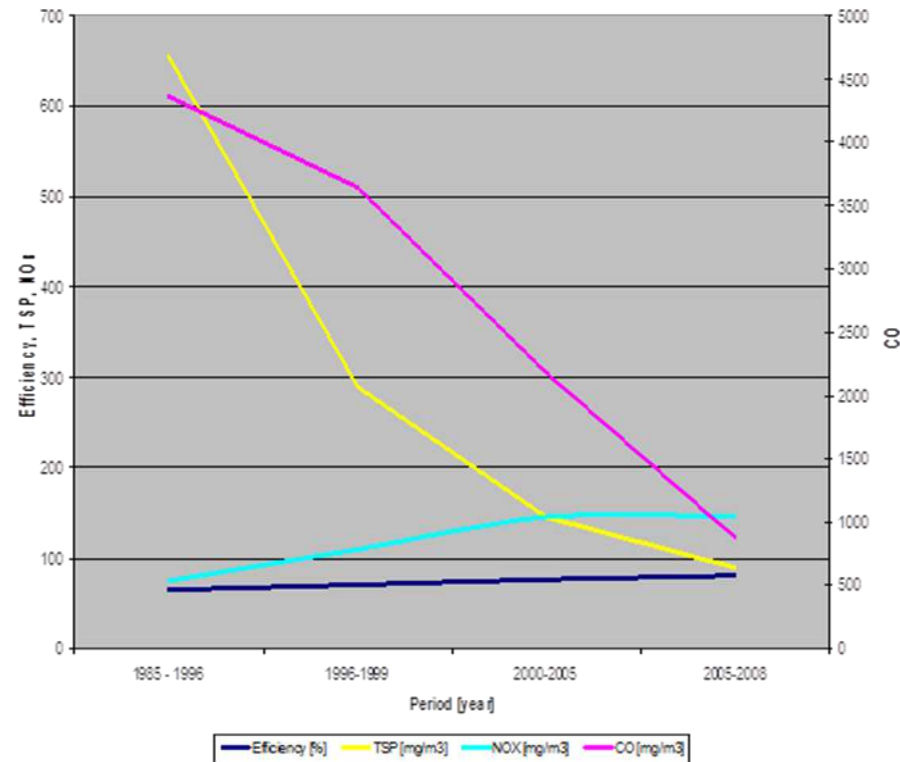
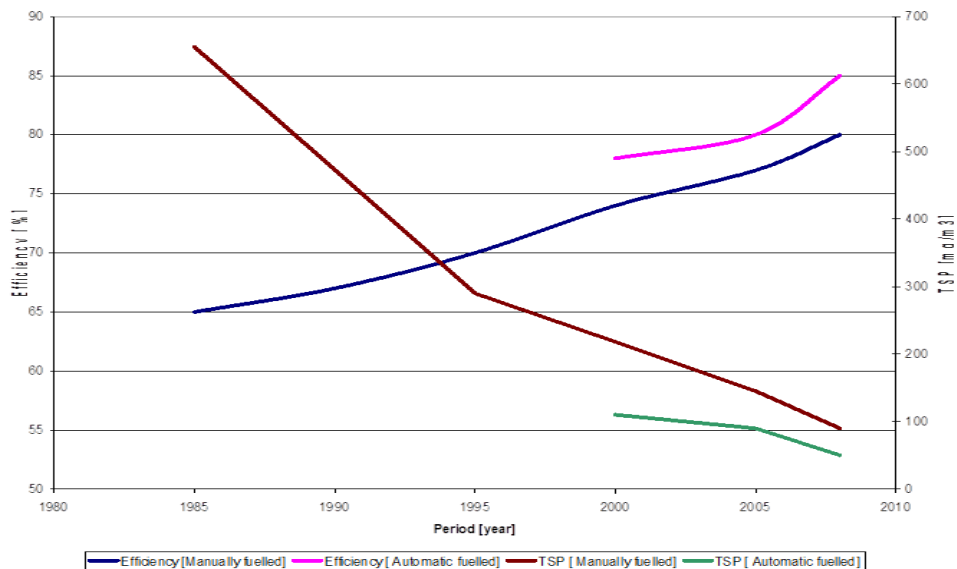
Williams A., Kubica K., Anderson J., Bartle K.D., Danihelka P., Inco-Copernicus Contract No. ERB IC15-CT98-053: „Influence of Final Report 1999-2001.

Techniczne środki zmniejszenia redukcji emisji z SCIs

Dwa rodzaje metod redukcji zużycia energii i emisji zanieczyszczeń:

- pierwotne – organizacja procesu spalania, jakość paliwa stałego
- wtórne – odpylanie, redukcja OGC, NO_x i SO_x (katalityczne, tzw. post-combustion)

KOSZTY ↔ EFEKTY



Redukcja emisji TSP i CO z SCIs opalanych paliwami stałymi

http://www.eceee.org/ecodesign/products/solid_fuel_small_combustion_installations/BIO_EuP_Lot%2015_Task4_Final.pdf

Techniczne narzędzie – poprawa jakości urządzeń

Parametry środowiskowe kotłów typu BAT automatycznie zasilanych węglem

Parametr	Unit	BAT
Sprawność energetyczna	%	89
Emisja CO	mg/m ³	190
Emisja TSP (bez wtórnej metody)	mg/m ³	40
Emisja NOx	mg/m ³	270
Emisja OGC	mg/m ³	10



Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs (II) [TREN/D3/390-2006/Lot15/2007/S07.74922] 2007-2009; S. Mudgal, L. Turunen BIO IS France, R. Stewart M. Woodfield, AEAT UK, K. Kubica, R. Kubica;

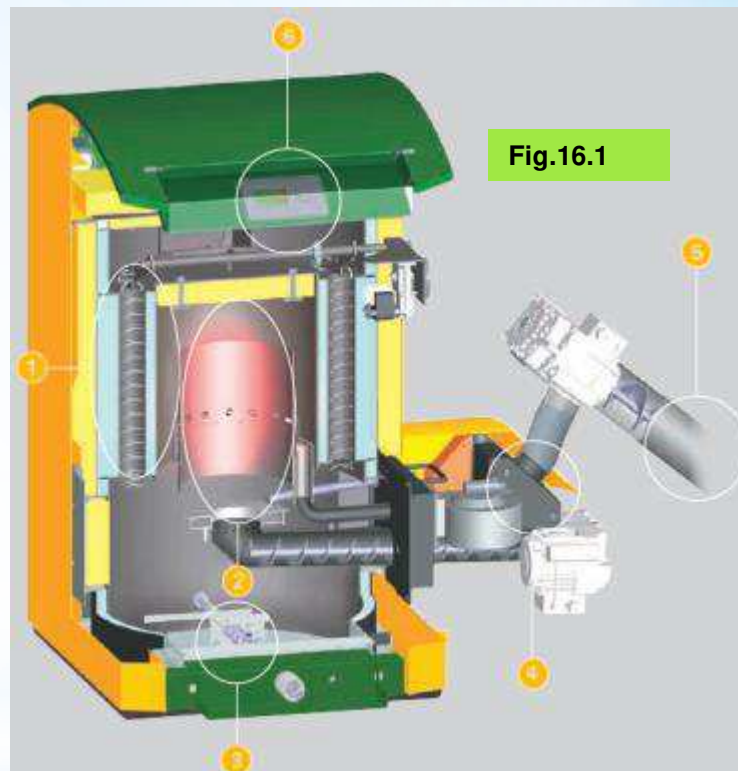
http://www.eceee.org/ecodesign/products/solid_fuel_small_combustion_installations/BIO_EuP_Lot%2015_Task6_Final.pdf

800 mg/m³ ; Raport..; KOBIZE Warszawa luty 2013
BAT - ponad 95% redukcji TSP

Techniczne narzędzie – poprawa jakości urządzeń

Parametry kotłów typu BAT automatycznie zasilanych peletami

Parametr	Unit	BAT
Sprawność energetyczna	%	92
Emisja CO	mg/m ³	150
Emisja TSP (bez wtórnej metody)	mg/m ³	30
Emisja NOx	mg/m ³	140
Emisja OGC	mg/m ³	4



Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs (II) [TREN/D3/390-2006/Lot15/2007/S07.74922] 2007-2009; S. Mudgal, L. Turunen BIO IS France, R. Stewart M. Woodfield, AEAT UK, K. Kubica, R. Kubica;

http://www.eceee.org/ecodesign/products/solid_fuel_small_combustion_installations/BIO_EuP_Lot%2015_Task6_Final.pdf

340 mg/m³ Raport..; KOBIZE Warszawa luty 2013
BAT – ponad 95% redukcji TSP

Działania pozatechniczne

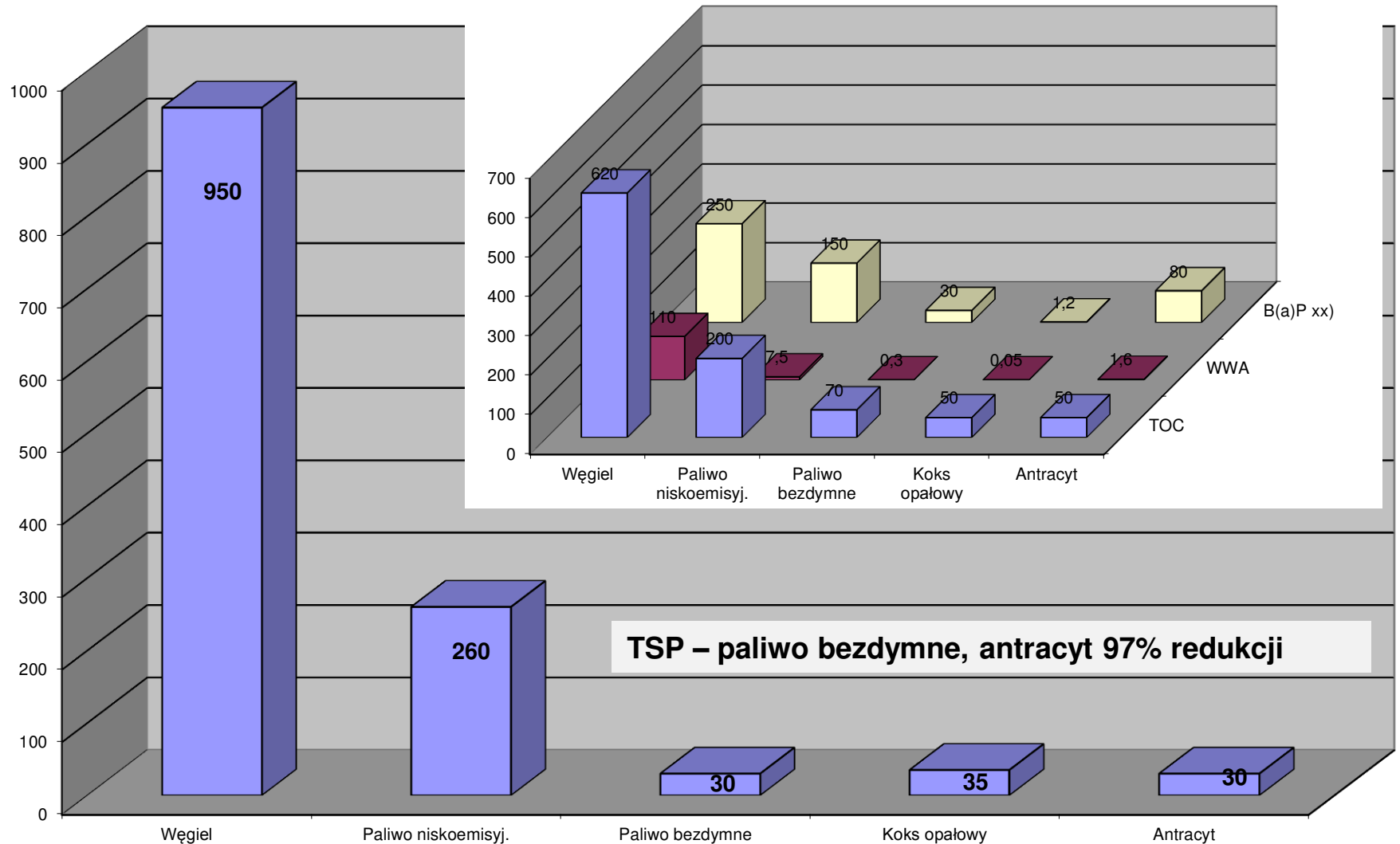
Propozycja standardów jakościowych węgla dla kotłów z automatycznym załadunkiem paliwa

[K.Kubica, L.Kurczabiński, K. Włodarczyk; Propozycja wymagań jakościowych dla węgla..., www.pie.pl/platforma-ppuqps.html.]

Parametr	Samb.	Jedn.	Zakres	Optymalny
Typ węgla	n.d.	n.d.	31; 32,1	n.d.
Wartość opałowa,	Q'_i	MJ/kg	24 – 29	26 - 27
Zawartość wilgoci, %	W'_t	%	6 – 15	≤ 10
Zawartość popiołu,	A'	%	3 – 10	≤ 8
Zawartość części lotnych	V^{dat}	%	> 28	> 28
Zawartość siarki	S^a_t	%	< 1,0	$\leq 0,6$
Zawartość chloru	Cl^a	%	< 0,3	$\leq 0,15$
Zawartość rtęci	Hg	ppm	< 0,05	$\leq 0,02$
Zdolność spiekania	RI	n.d.	< 20	< 10
Temp. spiekania popiołu ^{a)}	t_s	°C	> 900	> 1100
Temp. mięknięcia popiołu ^{a)}	t_A	°C	≥ 1200	> 1250
Uziarnienie	n.d.	mm	4 – 25 ^{1), 3)}	5 – 25 ²⁾
Udział podziarna	n.d.	%	≤ 5	≤ 3

1) dla kotłów retortowych o mocy powyżej 100 kW 5 – 31 mm, 2) – dla kotłów retortowych o mocy powyżej 100 kW 8 – 31 mm, 3) – dla kotłów podsuwowych 1 – 31 mm; a) parametr mierzony w warunkach redukcyjnych.

„Czystsze paliwa” dla pieców różnych paliw stałych w piecu stałopalnym – spalanie przeciwprądowe



Uregulowania krajowe i Eko-znakowanie ISMM

Kraje UE – KRAJOWE UREGULOWANIA

Dania: CO, OGC, pył (TSP)

Szwajcaria: CO, pył (TSP) i zawartość S w paliwie

Niemcy: CO and TSP ($\geq 4 \leq 500$ kW) $< 20 \text{ mg/m}^3$ TSP

Austria: CO, OGC, NO_x jako NO₂, pył (TSP) i sprawność energetyczna

Czechy: CO, OGC, TSP

Włochy: CO, OGC, NO_x as NO₂

Wielka Brytania (UK) i Północna Irlandia: CO, OGC, NO_x jako NO₂, „substancje smoliste”

EKO-ZNAKOWANIE:

Niemcy: The Blue Angel (pol. *Niebieski Anioł*)

Kraje skandynawskie: *The Nordic Swan* (pol. *Północny Łabędź*)

Czech Republic: *The Czech Ecolabelling Programme* (pol. *Czeski Program Eko-znakowania*)

France: „*Flamme verte*” (ang. *Green Flame*, pol. *Zielony Płomień*)

Norma produktowa kotły o mocy nominalnej ≤ 0,5 MW – PN-EN 303-5:2012

PALIWO	Nominalna moc cieplna w kW	Graniczne wartości emisji								
		mg/m ³ przy 10 % O ₂ *1								
		CO			OGC			pył		
		Klasa			Klasa			Klasa		
Załadunek ręczny		3	4	5	3	4	5	3	4	5
Biopaliwo	≤ 50	5000	1200	700	150	50	30	150	75	60
	> 50 do 150	2500			100			150		
	>150 do 500	1200			100			150		
Paliwo kopalne	≥ 50	5000			150			125		
	> 50 do 150	2500			100			125		
	>150 do 500	1200			100			125		
Załadunek automatyczny		3	4	5	3	4	5	3	4	5
Biopaliwo	≤ 50	3000	1000	500	100	30	20	150	60	40
	> 50 do 150	2500			80			150		
	>150 do 500	1200			80			150		
Paliwo kopalne	≥ 50	3000			100			125		
	> 50 do 150	2500			80			125		
	>150 do 500	1200			80			125		

*1 odniesiona do spalin suchych, 0°C, 1013 mbar

Wymagania techniczne „Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do kotłów o mocy $\leq 500\text{kW}$ ”, uzgodnione w trybie dyskusji na posiedzeniu Komitetu Regulacyjnego w dniu 10 marca 2014r.

Rodzaj stałego paliwa	Sprawność energetyczna	Rok obowiązywania od 2018/2022 ⁽¹⁾			
		Emisja zanieczyszczeń			
		Pył (PM) ⁽²⁾	OGC	CO	NO _x
	%	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
Automatyczne zasilanie paliwem					
Biopaliwa	77; 75 ⁽²⁾	20	20	300	200
Kopalne	77; 75 ⁽²⁾	40	20	300	350
Ręcznie zasilane paliwem					
Biopaliwa	77; 75 ⁽²⁾	20	30	500	200
Kopalne	77; 75 ⁽²⁾	40	30	500	350

- (1) Państwa Członkowskie UE mogą wdrożyć do prawa narodowego wcześniej, przed rokiem 2022;
 (2) dla kotłów o mocy $\leq 20\text{kW}$ oznaczany tylko dla mocy nominalnej; (3) dla kotłów o mocy $\leq 20\text{kW}$.

Wymagania techniczne Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. w odniesieniu do ogrzewaczy pomieszczeń na paliwa stałe, uzgodnione w trybie dyskusji na posiedzeniu Komitetu Regulacyjnego w dniu 11.03.2014r.

Urządzenie	Sprawność energetyczna	Rok obowiązywania 2022 ⁽¹⁾				
		Emisja zanieczyszczeń,				
		Pył (PM)		OGC	CO	NO _x
		%	mg/m ³ ⁽²⁾	g/kg ⁽³⁾	mg/m ³	mg/m ³
Ogrzewacze pomieszczeń, otwarte	30	50	5	100	1800	200
Ogrzewacze pomieszczeń, zamknięte	65	40	5	100	1250	200 ⁽³⁾ 300 ⁽⁴⁾
Piece peletowe	79	20	2,5	40	250	200
Kuchnie	65	40	5	100	1500	200 ⁽³⁾ 300 ⁽⁴⁾

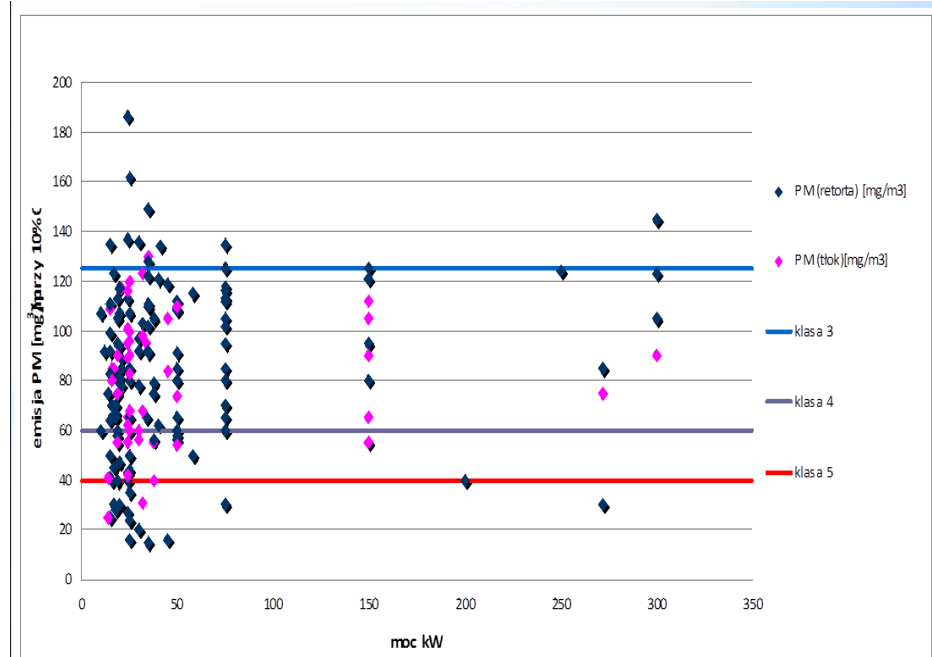
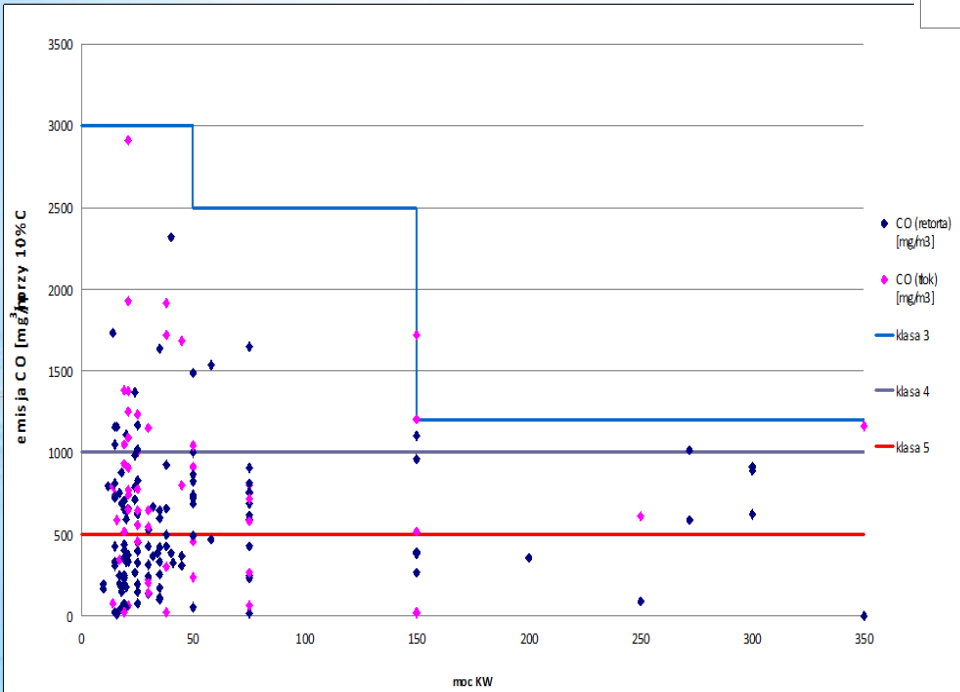
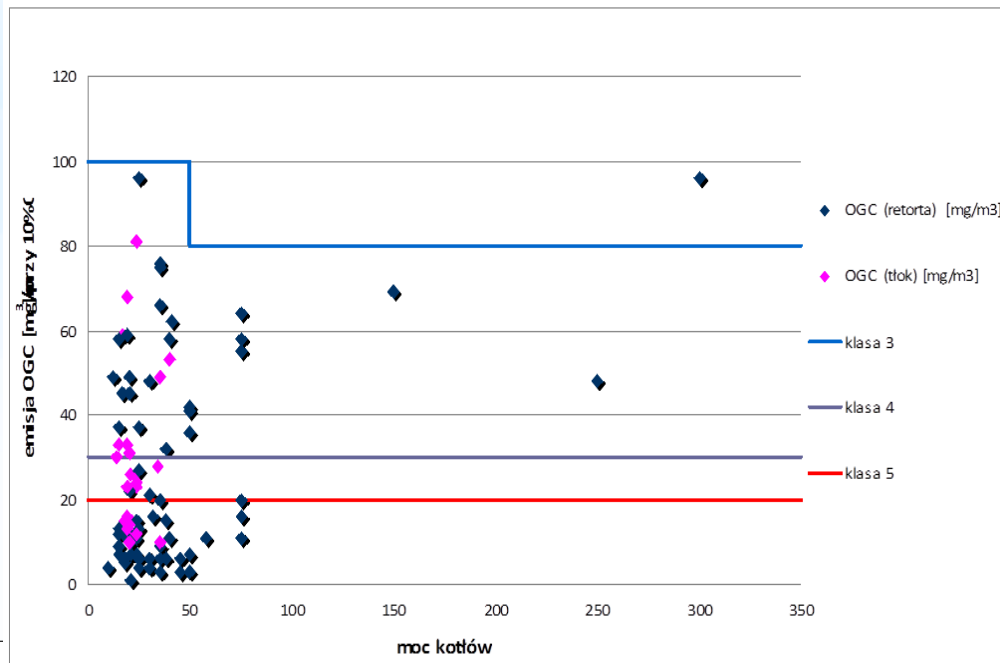
(1) Państwa Członkowskie UE mogą wdrożyć do prawa narodowego wcześniej, przed rokiem 2022;

(2) oznaczany metodą grzanego filtra;

(3) oznaczany metodą tunelu rozcieńczającego;

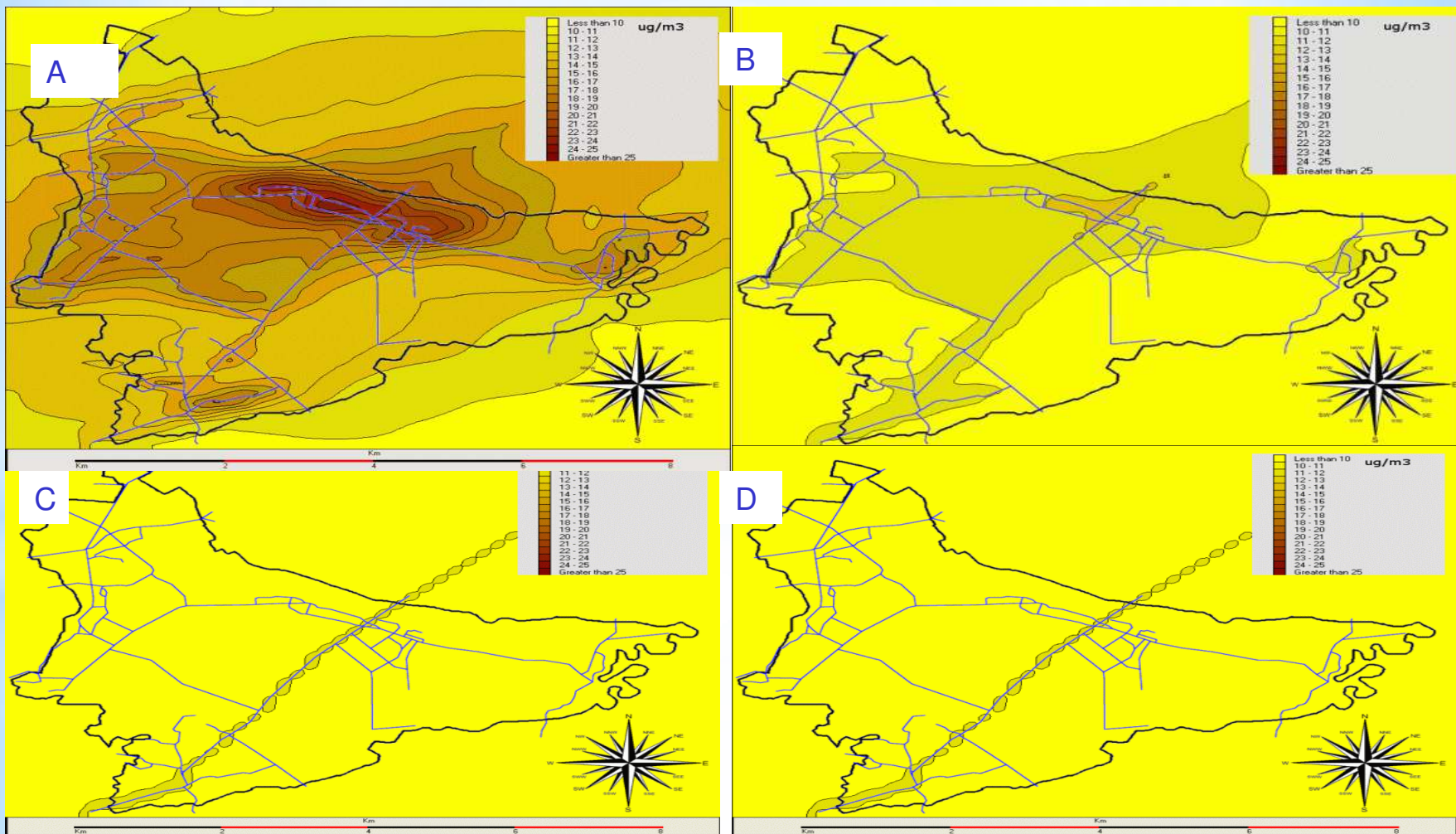
(4) dla stałych biopaliw, (4) dla stałych paliw kopalnych.

Emisja zanieczyszczeń ze spalania węgla w kotłach automatycznie zasilanych paliwem, z uwzględnieniem GWE dla klas urządzeń wg PN EN303-5:2012; stan odniesienia 10% O₂, moc nominalna



Możliwości techniczne redukcji emisji PM2.5 symulacja na przykładzie gminy w powiecie bieruńsko-łędzkim

K.Kubica i inni; Opracowanie technologii niskoemis. spalania paliw stałych..., Pol. Śląska 0542/R/T02/2007/03 2007-2011;



Średnioroczne stężenie pyłu PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

A – stan wyjściowy, aktualny

C – wymiana na kotły gazowe

Dyrektywa CAFE, 2008/50/WE; $<20\mu\text{g}/\text{m}^3$

B – wymiana na kotły węglowe zasilane automatycznie typu BAT
(TSP $<70\text{ mg}/\text{m}^3$, PM2.5 $<60\text{ mg}/\text{m}^3$)

D – scentralizowane źródło ciepła lub energia elektryczna

Dobre praktyki PONE

Pilotażowy program „PONE” Gminie Tychy

Wymiana starych urządzeń na typ BAT; zachęty - dobra jakość paliwa; dobre praktyki

Redukcja rocznej emisji

CO - 94,9 %

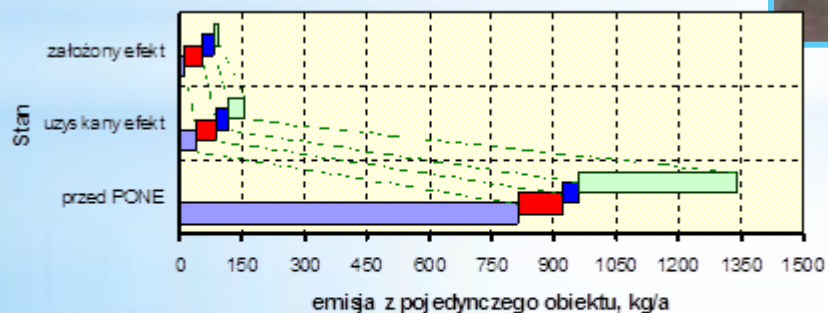
SO₂ - 59 %

TSP- 90,6%

NO_x - 15,9%

CO₂ - 30 %

Redukcja rocznego zużycia paliwa - 30 %



□ Tlenek węgla CO ■ Dwutlenek siarki SO₂ ■ Dwutlenek azotu NO₂ □ Pył+ substancje organiczne

K. Kubica, R. Kubica, A. Przybysławski; "Ecological effects of programme on low level emission reduction, in case of Tychy town", 5th International Scientific Conference "Air protection in theory and practice" Zakopane 19-21st of October 2006

Dobrowolne zobowiązania, PONE (KAWKA)!!! zależne od zakładanego efektu, konieczność!!

Wyszczególnienie	GWE ¹⁾			Jednostki
	1	2	3	
Sprawność, η ²⁾	≥ 87	≥ 85	≥ 84	%
Pył całkowity (TSP)	$\leq 20, 40^{3)}$	≤ 40	≤ 60	mg/m ³
CO	≤ 300	$\leq 500^a$	$\leq 700^a$	mg/m ³
NOx	$\leq 200, 350^{3)}$	$\leq 250, 400^{3)}$	$\leq 250, 400^{3)}$	mg/m ³
OGC ³⁾	≤ 20	$\leq 20^a$	$\leq 30^a$	mg/m ³

1) GWE w mg/m³ przy 10 % O₂, odniesione do spalin suchych, 0°C, 1013 mbar. OGC; 2) sprawność dla mocy nominalnej; 3) Wartości TSP dla węgla, a) dopuszcza się przekroczenie o 50% wartości emisji CO i OGC dla mocy obniżonej (30% mocy nominalnej).

Nox

Kwalifikowane paliwa – standaryzacja!!!

Ekologia, zdrowie ↔ EKONOMIA ↔ Bezpieczeństwo energetyczne

Podsumowanie

Niskoemisyjne techniki spalania oraz dostępne na rynku urządzenia grzewcze spełniające wymagania techniki BAT spalania paliw stałych węgla i biomasy w instalacjach małej mocy oraz dostępne systemy oczyszczania spalin sprostają wymaganiom stawianym przez wprowadzane uregulowania UE (normy produktowe, dyrektywy, Ecodesign, CAFE), czy zalecenia międzynarodowych zobowiązań na rzecz poprawy stanu środowiska, jakości powietrza oraz ochrony zdrowia człowieka.

Podsumowanie, c.d.

- **Niezbędne są jednak następujące działania:**
 - * **standardy jakościowe dla kwalifikowanych paliw dla sektora komunalno-bytowego**
 - * **krajowe standardy emisji zanieczyszczeń z instalacji spalania paliw stałych o mocy poniżej 1MWt**
 - * **krajowe standardy dobrowolnych zobowiązań**
 - * **krajowy systemu kontroli/monitorowania jakości urządzeń grzewczych w sektorze komunalno-bytowym z wykorzystaniem aktualnie działających służb kominiarskiej**
 - * **ogólnokrajowy program motywacyjny (finansowego) dla instalowania urządzeń opalanych paliwami stałymi spełniającymi określone kryteria jakościowe BAT**
 - * **rozwój prac badawczo-wdrożeniowych w dziedzinie wysokoefektywnego energetycznie i bezpiecznego dla środowiska i zdrowia społeczeństwa wykorzystania paliw stałych, w tym wytwarzania stałych paliw wysokojakościowych**
 - * **zwiększenie roli promocji dobrych praktyk wytwarzania energii (ciepła, ciepła i energii elektrycznej) w instalacjach małej mocy z prezentacją eksploatacji pilotażowych jednostek.**

Dziękuję za uwagę!

OCHRONA ŚRODOWISKA, ZDROWIA kosztuje – koszty jej wdrażania winny być jak najmniejsze, a korzyści jak największe!!