Czyste ciepło z biomasy drzewnej

Konferencja „Forum biomasy – OZE i więcej”
Tarnów, FSN NOT, 15 październik 2020 r.

POLSKIE
FORUM KLIMATYCZNE

Dr inż. Krystyna Kubica
Politechnika Śląska, Gliwice (emeryt. prac.)
PIE, Katowice, ekspert

Zakres

- Biomasa – paliwo stałe, właściwości fizykochemiczne, struktura chemiczna
- Technologie spalania paliw stałych, emisje zanieczyszczeń
- Instalacje małej mocy opalane stałymi biopaliwami
  - techniki spalania
  - pierwotne i wtórne metody ograniczenia emisji zanieczyszczeń
- Nowoczesne konstrukcje kotłów ogrzewaczy pomieszczeń emisje
- Inwentaryzacja emisji, programy poprawy jakości powietrza, lokalne prawo – lokalne uwarunkowania energetyczne
- Uregulowania krajowe – wsparcie lokalnego wykorzystania biomasy i innych OZE; obligatoryjna redukcja PM2.5 (i innych zanieczyszczeń) – Dyrektywa NEC UE

Biomasa drzewna – odnawialne źródło energii

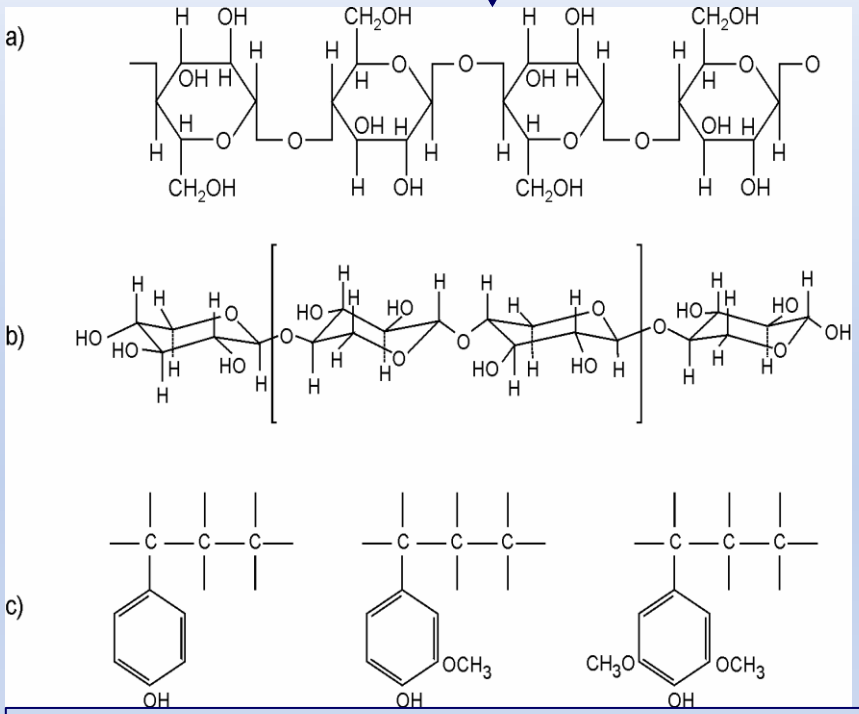
Stałe biopaliwa – fizycznie, termicznie waloryzowana biomasa

biomasa: części lotne ok. 65÷82%; węgiel: części lotne ok. 35÷42%

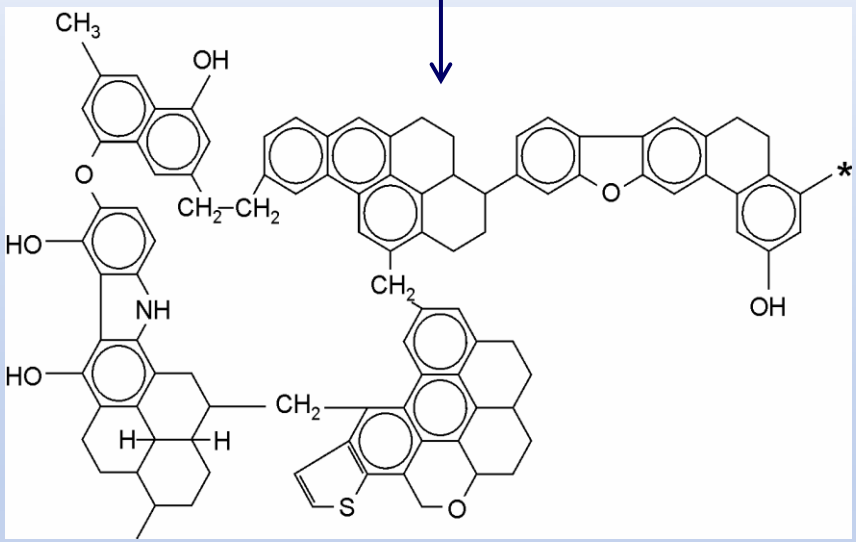
Składnik	Symbol	Jedn.	Biomasa	Węgiel
Węgiel	C^{daf}	%	44–51	75–85
Wodór	H^{daf}	%	5,5–7	4,8–5,5
Tlen	O_d^{daf}	%	41–50	8,8–10
Azot	N_d^{daf}	%	0,1–0,8	1,4–2,3
Siarka	S_t^d	%	0,01–0,9	0,3–1,5
Chlor	Cl_t^d	%	0,01–0,7	0,04–0,4
Części lotne	V^{daf}	%	65–80	35–42
Zawartość popiołu	A^d	%	0,5–10	3–30
Ciepło spalania	Q_s^a	MJ/kg	16–20	21–32
Skład popiołu:				
SiO_2	-	%	26,0 – 54,0	18,0 - 52,3
Al_2O_3	-	%	1,8 – 9,5	10,7 – 33,5
CaO	-	%	6,8 – 41,7	2,9 – 25,0
Na_2O	-	%	0,4 – 0,7	0,7 – 3,8
K_2O	-	%	6,4 – 14,3	0,8 - 2,9
P_2O_5	-	%	0,9 – 9,6	0,4 – 4,1

Struktury chemiczne paliw – generowanie prekursorów PM; PM10, PM2.5

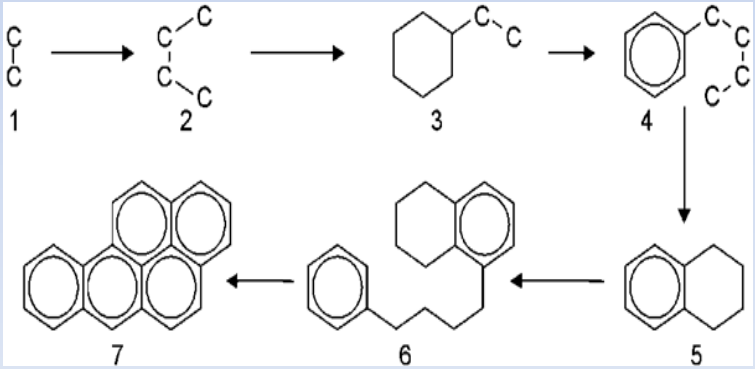
struktury składników biomasy: a) celulozy; b) hemicelulozy (ksylan); c) ligniny (*źródło: Kubica K.; Rozdz. 8 "Przemiany termochem.węgla i biomasy" w Termoche. Przetw.Węgla i Biomasy; str. 145-232, ISBN 83-913434-1-3, Cop.by IChPW and IGSMiE PAN; Zabrze-Kraków; 2003)*



struktura węgla bitumicz. wg Heredy i Wendera



Reakcje pirosyntezy WWA, prekursorów SVOC NVOC, PM2.5; BC, w procesie spalania (*Wanatz J. 2001)*



Przeciwdziałanie pierwotne metody!!!!

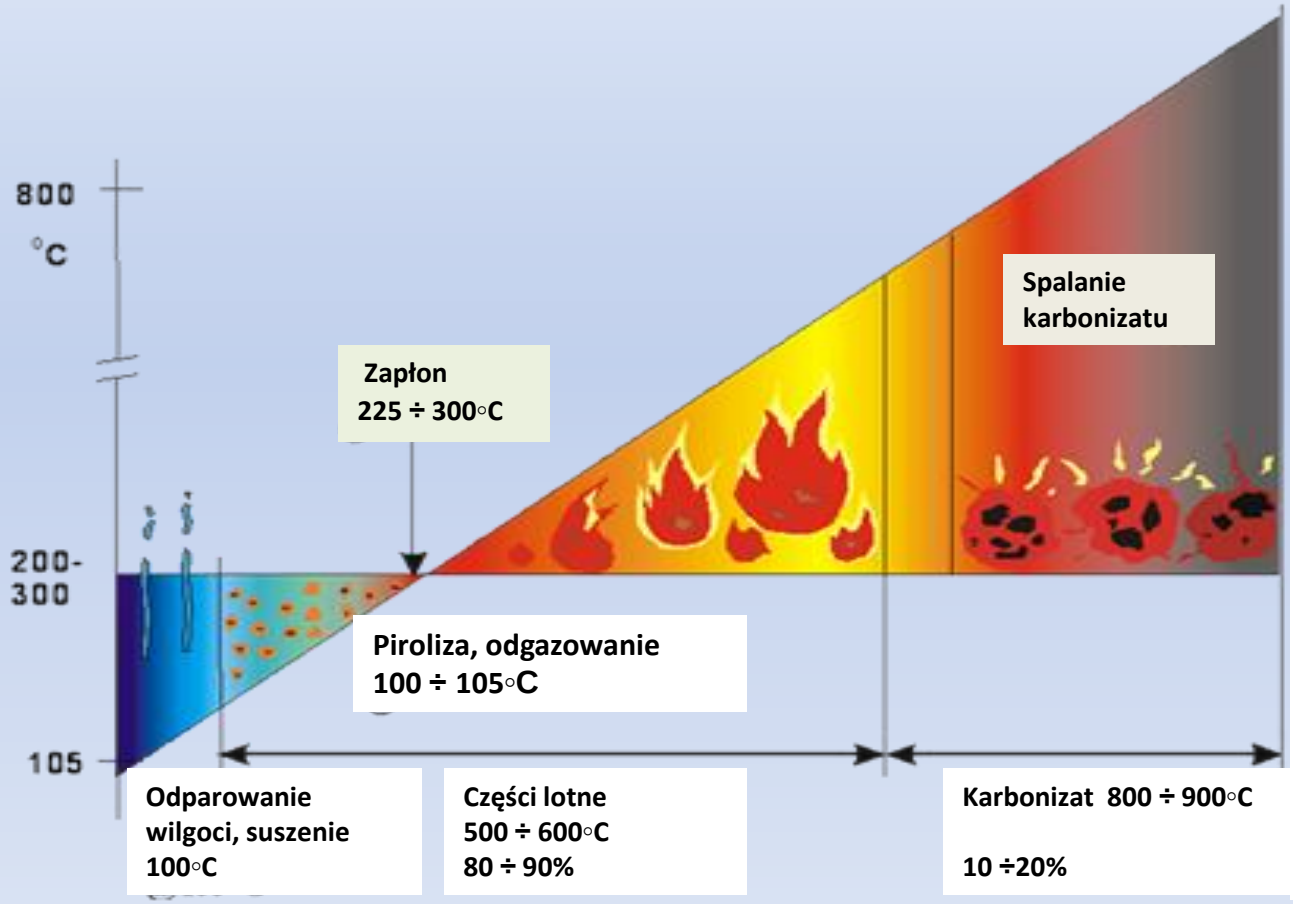
- **organizacja procesu** (*zasada 3T – ang. Temperature, Time, Turbulence i odpowiedni współczynnik nadmiaru powietrza lambda λ)*; automatyzacja procesu spalania
- **jakość paliwa** – dobór do techniki spalania (Q, W, A, rozmiar „ziarna"

Energia chemiczna paliwa

↓

Ciepło użytkowe

- **sprawność energetyczna , ŋ**
- **właściwości fizykochemiczne paliwa: Q, W, A, V, ziarno…**



Czyste spalanie, spalanie całkowite i zupełne

1) Paliwo → sucha masa org. paliwa + para wodna

2) Paliwo → karbonizat (C-C) + lotne produkty (CH)

3) Lotne produkty (CH, CHO) + O_2 → CO_2 + H_2O

4) Spalanie karbonizatu:

(karbonizat) + O_2 → ϕCO_2

5) $\phi S + O_2 \rightarrow SO_2$

Spalanie paliw stałych – kopalne, odnawialne – biomasa
Cel: produkcja energii → max sprawność↑ min obciążenia dla środowiska↓

TECHNOLOGIE – organizacja procesu spalania

- pyłowe (w strudze)
- fluidalne
- w warstwie

Zanieczyszczenia

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

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

WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE PALIWA

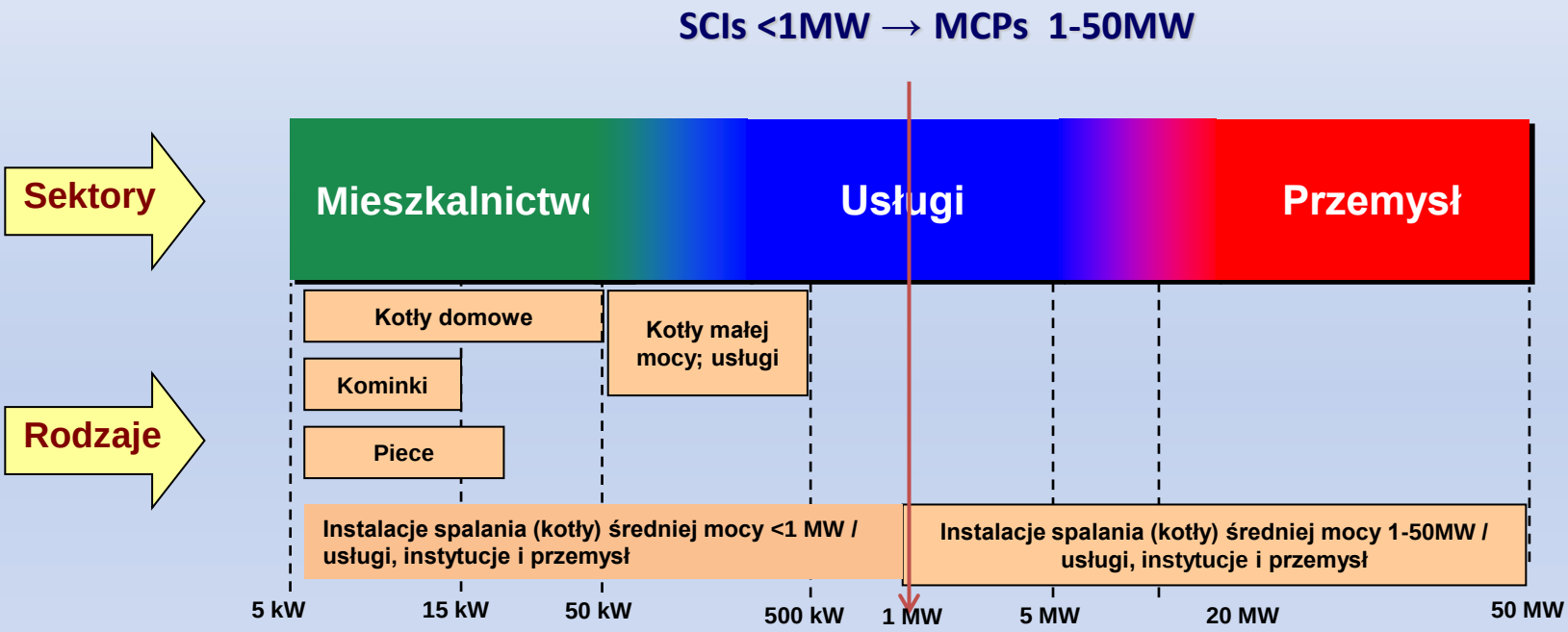
- C, H, N, S, Cl ,O ,F, HM metale ciężkie
- popiół
- rozmiar ziarna, wilgoć

Zanieczyszczenia

- Metale ciężkie (Hg, Cd, Pb, As, Ni, V..), SOx, NOx, TSP, PM2.5 i PM10, PCDD/Fs

gaz → paliwa ciekłe → paliwa stałe – biomasa, węgiel

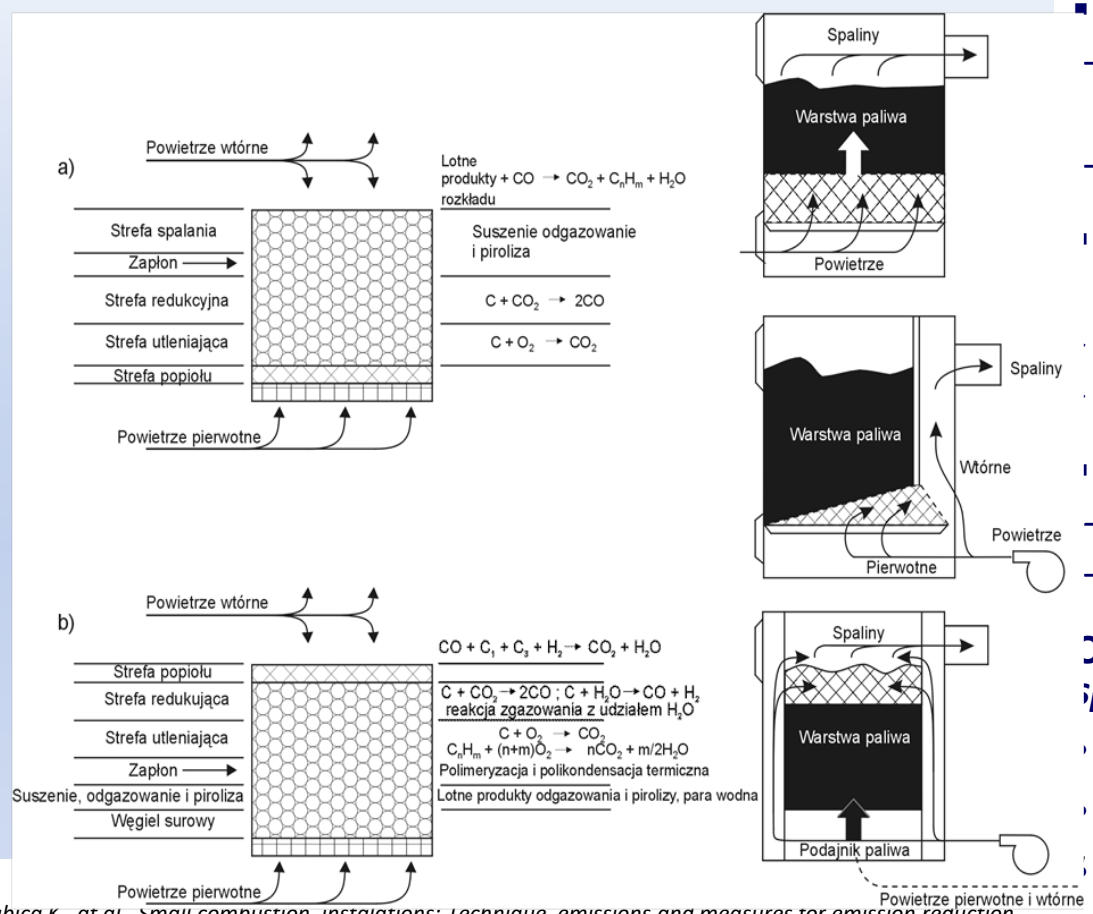
Instalacje spalania małej mocy (ang. SCIs) i instalacje/obiekty spalania średniej mocy ang. MCPs)



Emisja zanieczyszczeń ↔ techniki spalania ↔ paliwa

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_Task1_Final.pdf

Ogólny podział instalacji spalania paliwa stałe małej mocy - kategorie, funkcje, techniki spalania



Kubica K., at al., Small combustion installations: Technique, emissions and measures for emission reduction., EUR 23214 EN, ISBN 978-92-79-08203-0; http://publications.jrc.ec.europa.eu/

- **Kategoria urządzeń (przenoszenie ciepła)**
  - bezpośrednie 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:**
  - przeciwprądowy
  - prąd krzyżowy
  - **współprądowy (BAT)**

Sprawność procesu – energia chemiczna paliwa → maksimum energii użytecznej (ciepło), minimum obciążenia dla środowiska!!

Pierwotne metody: **organizacja procesu spalania** (3T – *ang. Temperature, Time, Turbulence);*

Jakość paliwa – dobór do techniki spalania (Q, W, A, rozmiar „ziarna”

Instalacja spalania: (urządzenie grzewcze ↔stałe biopaliwo) ↔ komin
Czyste spalanie → metody pierwotne, wtórne

Metody ograniczenia emisji, CO, OGC, TZO (WWA, PCDD/Fs) pyłu całkowitego TSP (Total Suspended Particles) i jego subfrakcji PM10, PM2.5, (PM kondensacyjnych), metali ciężkich, SO2, NOx,

<u>Pierwotne ➔ proces, paliwo</u>

- organizacja procesu spalania – technika spalania, automatyzacja procesu spalania
- kontrola procesu spalania, współczynnik nadmiaru powietrza (PID, sonda lambda), kontrola nadmiaru powietrza jego stopniowanie (I, II i III),
- jakość paliwa, parametry fizyk. dobór do techniki spalania (Q, W, A, rozmiar „ziarna”), katalityczne dodatki do paliwa, kompozytowe paliwa (V↓)

<u>Wtórne ➔ proces</u>

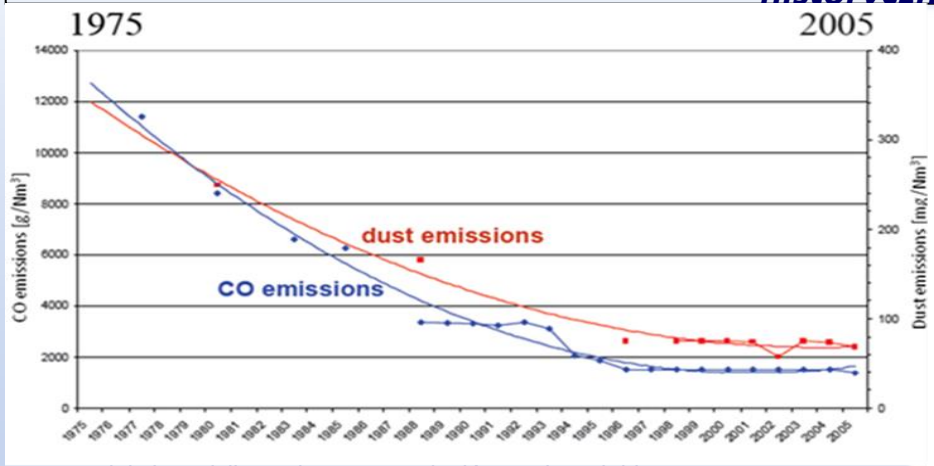
ograniczanie emisji pyłu całkowitego TSP (subfrakcji PM10, PM2.5) oraz substancji z nim związanych WWA, PCDD/Fs, metali ciężkich;

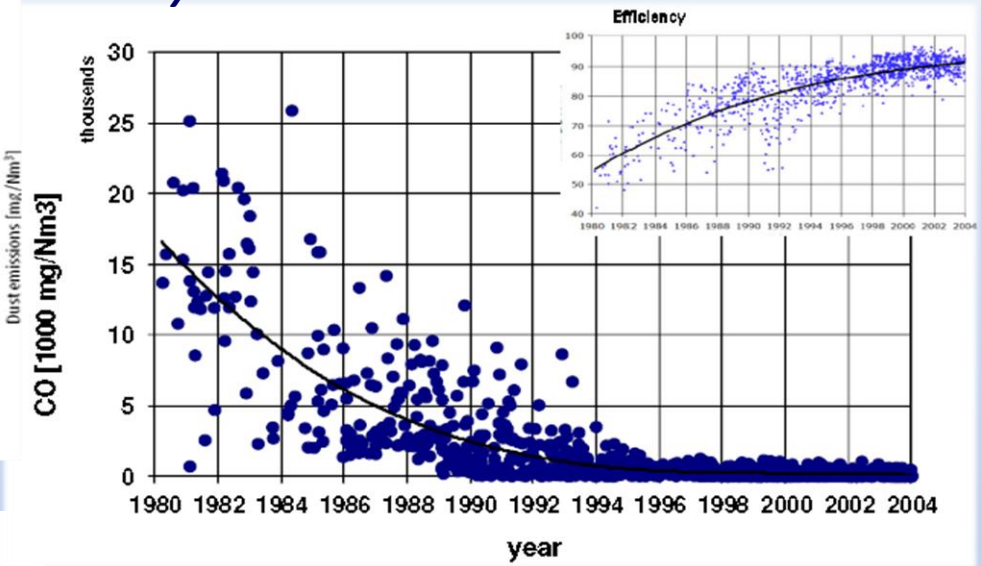
- filtracja PM ze spalin
- katalityczne dopalanie (redukcja OC, VOC/OGC)

http://www.dnacleansweepchimney.com/Services.html

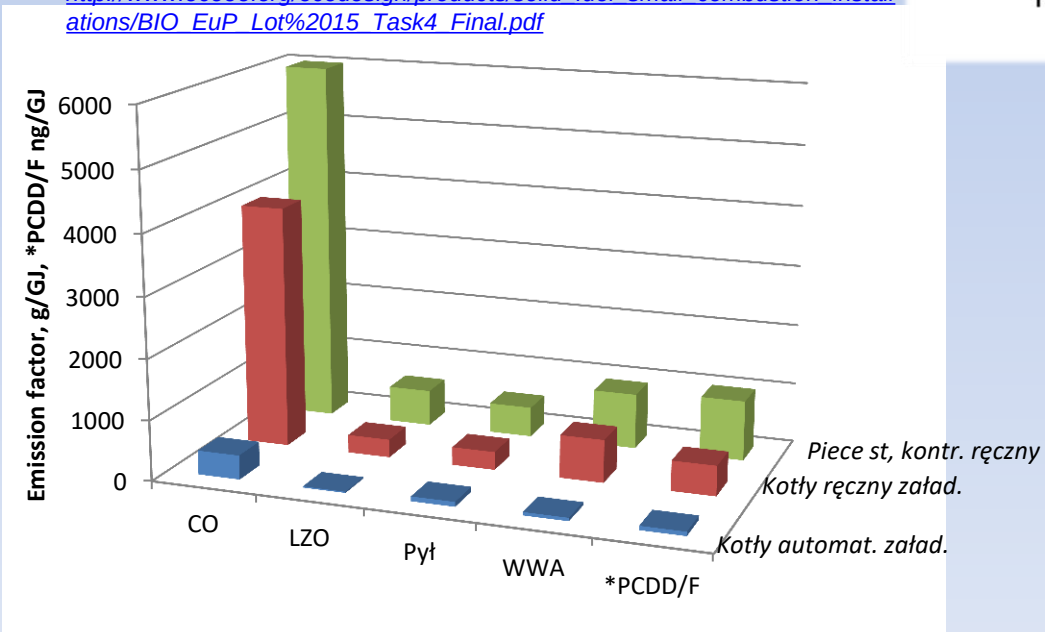
NIE MA WIELOPALIWOWYCH URZĄDZEŃ !!!

CZYSTE spalanie paliwa stałego → wzrost sprawności energetycznej, redukcja emisji zanieczyszczeń organizacja procesu spalania zasada 3T (*ang. Turbulence, Time, Temperature*): *historyczne zmiany*

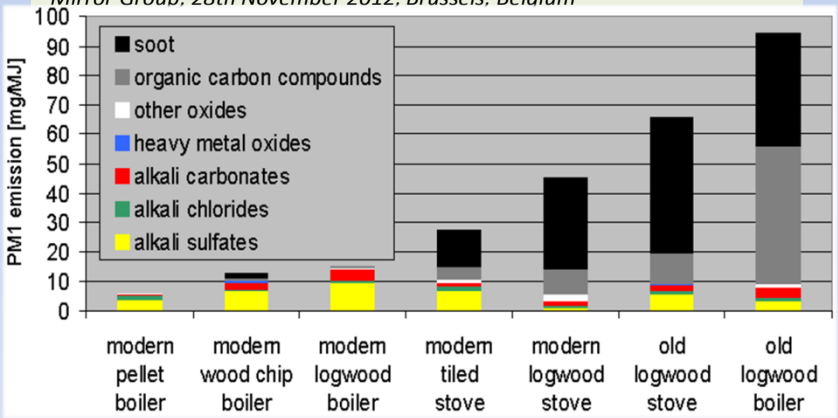




Redukcja emisji TSP i CO z SCIs kotłów opalanych biomasą
http://www.eceee.org/ecodesign/products/solid_fuel_small_combustion_installations/BIO_EuP_Lot%2015_Task4_Final.pdf



Source; Dr. Thomas Brunner, EU-UltraLowDust – 1st Workshop of the Mirror Group, 28th November 2012, Brussels, Belgium

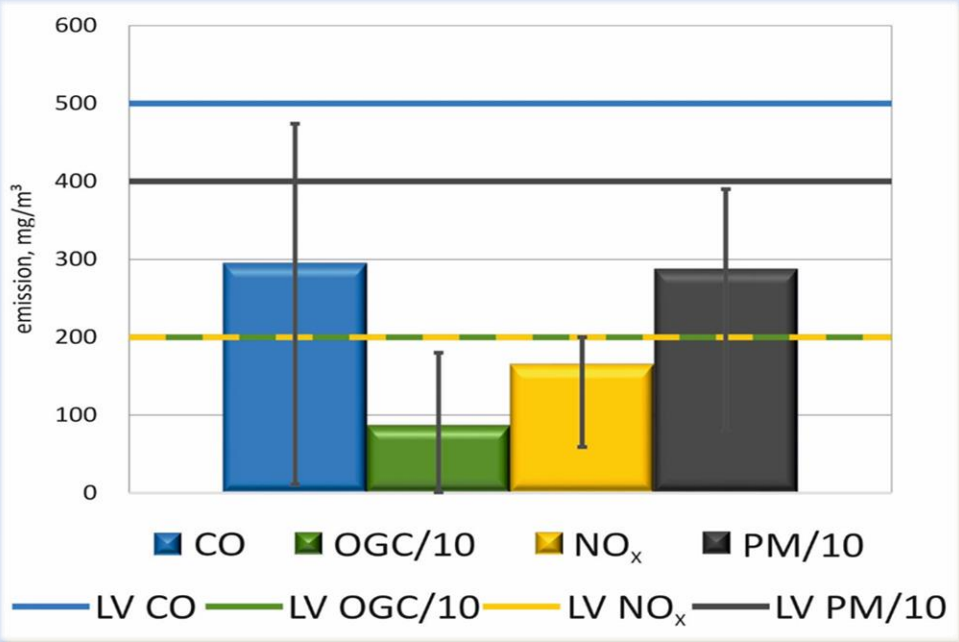


Emisja zanieczyszczeń ze spalania biomasy drzewnej w kotłach spełniających wymagania Rozp. KE (EU) 2015/1189 (obowiązuje od 1.01.2020r)

Kotły automatyczne, pelletowe o mocy cieplnej <50kW (18 sztuk)

(*K. Kubica, LCEAN COMBUSTION of SOLID FUELS, Polish small capacity boilers in terms of Commission Regulation (EU) 2015/1189 ecodesign; COP 24 KATOWICE 2018, December 11, 2018,; www.pie.pl/materialy/_upload/COP24_2018/Prezent_KK_11_12_2018/Clean_Combustion.pdf*

	CO	OGC	NOx	PM
	Sezonowa emisja, mg/m^3, 10 % O_2			
GWE (LV)	500	20	200	40
Max	474	18	200	39
Min	11	0,1	59	8,0
Śr.	295	8,7	165	29



Sezonowa efektywność energetyczna , η_s

76,0% - 85,2%

Wymagania Rozp. KE (EU) 2015/1189:
min. 75% dla kotłów ≤ 20kW; min. 77% > 20kW,
(odniesiona do ciepła spalania, Q_s/GCV)

Kotły ręcznie zasilane biomasą drzewną (zgazowujące) <50kW

CO – 333,0 mg/m^3 at 10 % O_2
OGC – 21,0 mg/m^3 at 10 % O_2
NOx – 200,0 mg/m^3 at 10 % O_2
PM – 20 , mg/m^3 at 10 % O_2
η_s – 78%

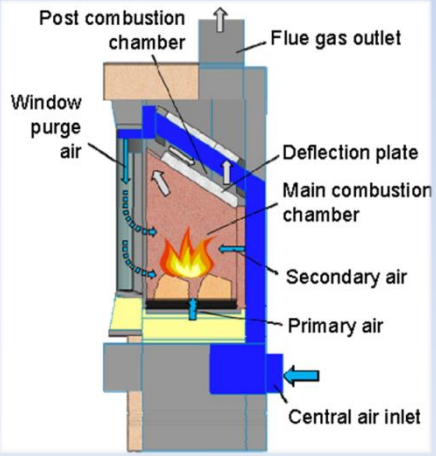
Ogrzewacze pomieszczeń krajowej produkcji dostępne na rynku
Sezonowe emisje CO, OGC, NOx, PM, efektyw. energetyczna, zg. z Rozp. KE (UE) 2015/1185[1]

(źródło: K. Kubica, R. Kubica; Analiza techniczna … emisji pyłu z urządzeń grzewczych… 10.09.2020)

Emisje PM ok. 50%, a OGC > 50%. granicznych sezonowych wartości emisji!!!

Wyszczególnienie	Sezonowa efektywność energetyczna, ηs	CO	OGC	NOx	PM, (PM_{HF})[a]
	%	Sezonowa emisja, mg/m³, 13 % O_2[b]			
Ogrzewacze, zamknięta komora spalania					
Wymagania, Rozp. ekop.	≥65	≤1500	≤120	≤200	≤40
Wymagania emisji, g/GJ	≥65	1004	80.3	134	26.8
Zakres mg/m³, (32 szt.)	69 - 78	612- 1252	21 - 83	50 - 167	5 - 40
Średnie emisje, mg/m³	72,7	1001	52	123	20
Średnie emisje, g/GJ	72,7	670	34,8	82,4	13,4
Pelletowe piece					
Wymagania, Rozp. ekop.	≥79	≤300	≤60	≤200	≤20
Wymagania emisji, g/ GJ	≥79	201	40,2	134	13,4
Zakres mg/m³, (4 szt.)	79 - 86	54 - 201	3 - 25	106 – 140	10 – 20
Średnie, mg/m³	82,1	116	12	122	17
Średnie emisje, g/GJ	82,1	78	8	82	11,4

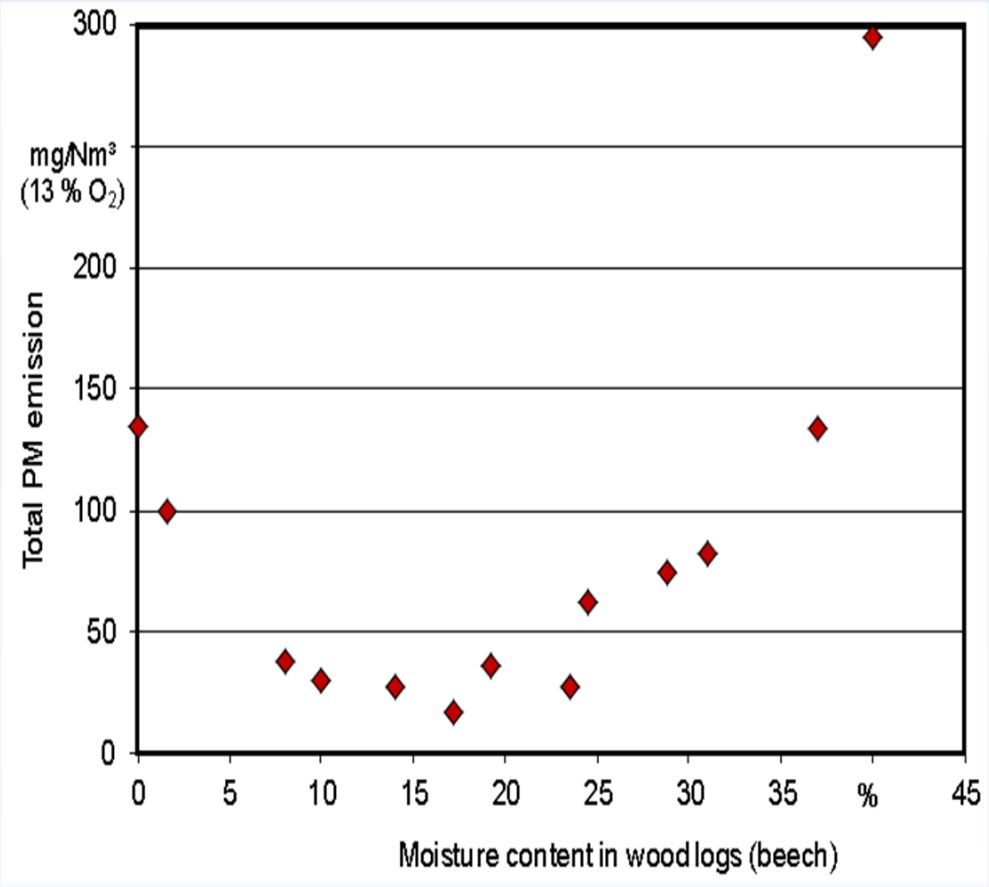
[1] Obowiązująca od 1 stycznia 2022 r., Państwa Członkowskie UE mogą wdrożyć do prawa narodowego wcześniej; [a] cząstki stałe PM (PM_{HF}) tzw. filtrowalne oznaczane metodą grzanego filtra; [b] spaliny suche o temperaturze 273 K i przy ciśnieniu 1 013 mbar



Czyste spalanie biomasy drzewnej – drewna kawałkowego, pellet drzewnych w ogrzewaczach pomieszczeń możliwe do osiągnięcia – pierwotne metody!!!

Paliwa biomasa drzewna (problem PM), zawartość wilgoci;
Badania urządzeń grzewczych - parametry fizykochemiczne (ogrzewacze pomiszczeń)

Wpływ wilgoci na emisję PM – dobre praktyki stosowania paliw o zaw. wilgoci <20% (powietrzno-suche)



Source: Hans Hartmann Technology and Support Centre of Renewable Raw Materials (TFZ)

Wymagania jakościowe dla paliw stosowanych do badań ogrzewaczy pomieszczeń wg. PN-EN 16510-1:2018-08 *Mieszkaniowe urządzenia spalające paliwo stałe - Część 1: Wymagania ogólne i metody badań*

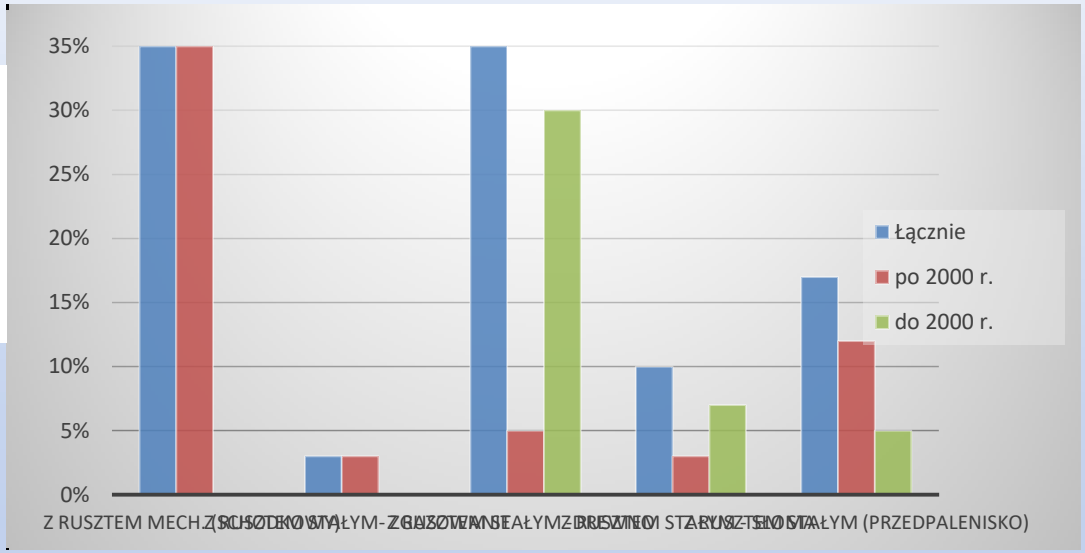
Parametr	Jedn.	Pellet drzewny [1)]	Drewno polana [2)]
$A^{r)}$	%	≤ 0,7 % bez kory ≤ 2,0 % z korą	≤1,0
W^r	%	≤12	15±3
V^{daf}	%	84±4	84±4
Q^r_i	MJ/kg	16,9 – 19,5	uwaga nr.2
C^r	%	45 ± 5	40 ± 5
H^r	%	5,75 ± 1,5	5 ± 1
S_t^r	%	<0,1	≤0,1

[1)] udział podziarna i nadziarna w paliwie do testowania max 5%; [2)] drewno do testowania – buk, brzoza, grab;

Uwagi: 1.- w przypadku krajów posiadających własne wymagania, np. granicznej zaw. S, krajowe wymagania są obowiązujące; 2) Q^r_i obliczyć ze stanu suchego kJ/kg w temp. 0°C, wg wzoru $Q^r_i = Q^d_i (100-W^r)-2443xW^r/100$; 3. -słabo związaną korę z polan drewna należy usunąć.

Lokalne wykorzystanie biomasy - instalacje spalania biomasy >0,5MW (1- 5 MW)
Brak Krajowego uregulowania dla instalacji spalania < 1MW!!!!!!

Rodzaj zainstalowanych kotłów opalanych biomasą o mocy 0,5–1 MW i ich liczba 1975- 2000 r 42 szt. – 2011-2015 176 szt.
(*Źródło: Raport KOBIZE Opracowanie propozycji standardów emisyjnych dla źródeł spalania paliw.. 0,5-1MW*)



Konieczne wtórne metody - odpylanie

Kocioł na zrębki 1020kW			Dyrektywa MCP 01.01.2030 r.		Rozp. M.Ś. 04.11.2014 r.	
Parametry	10%O_2	6%O_2	Źródła nowe	Źródła istniejące	Źródła ist. st., ist. nowe	Źródła najn., źródła nowe
CO, mg/m³	675	920	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
SO_2, mg/m³	32	44,0	n.d.	n.d.	800	400
Pył, mg/m³	69	94,9	50	50	200	100
NOx, mg/m³	270	368	500	650	400	400
η_s, %	90,6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Krajowa inwentaryzacja emisji zanieczyszczeń, regionalne/wojewódzkie programy POP (zgodnie z Ustawą POŚ)

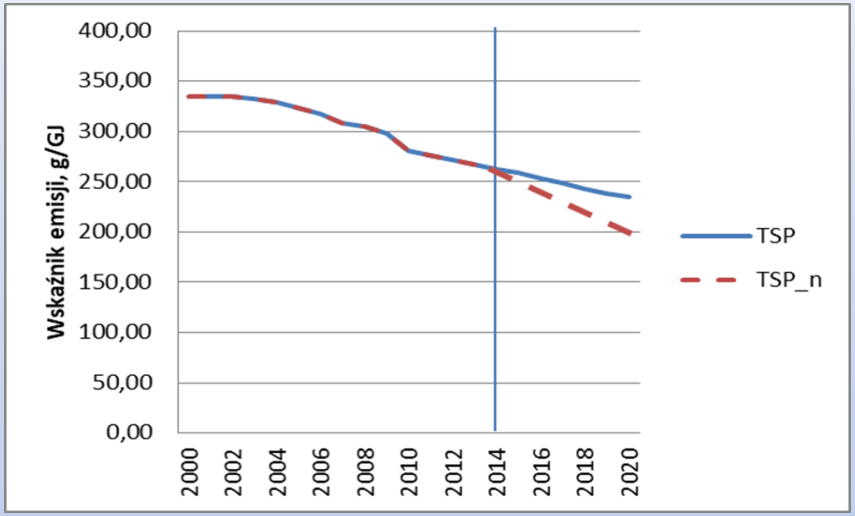
Convention on Long-range Transboundary Air Pollution
emep
Co - operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmissions of air pollutants in Europe

http://www.emep.int/index.html

http://www.kobize.pl/

Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami Instytut Ochrony Środowiska PIB w Warszawie http://www.kobize.pl/

W Polsce dla sektora komunalno-bytowego metoda uproszczona inwentaryzacji: Tier 1, wg *https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion/view*



Porównanie zagregowanego wskaźnika emisji pyłu ogółem (TSP) dla biomasy oszacowanych wg starych wskaźników (do 2013r) i nowych wskaźników emisji PM z ogrzewaczy po 2015r.
(*źródło: K. Kubica, R. Kubica; Analiza techniczna … emisji pyłu z urządzeń grzewczych… Draft 10.09.2020)*

- ✓ Opracowywane wojewódzkie, gminne programy POP, ograniczania emisji itp. WINNY UWZGLĘDNIAĆ aktualnie eksploatowane urządzenia grzewcze; na rynku są dostępne i instalowane kotły, ogrzewacze, zasilane biomasą drzewną, które już spełniają wymagania Rozp. KE UE 2015/1185 ws ekoprojektu!!!
- ✓ Podejmowane decyzje na rzecz poprawy jakości powietrza winny uwzględniać efektywność energetyczną i emisyjną urządzeń grzewczych aktualnie dostępnych na rynku!!
- ✓ **Urządzenia grzewcze zasilane BIOMASĄ drzewną, OZE!!!** winny być promowane w rozproszonym budownictwie jednorodzinnym, wzorem krajów Europy Zachodniej!!!! Dyrektywa NEC – redukcja PM 2.5…

(K. Kubica; K. Kubica; Dyrektywa NEC – redukcja emisji zanieczyszczeń zagrażających zdrowiu i środowisku Konieczne działania w sektorze komunalno-bytowym (część I); EKOLOGIA nr 2/94/2020; http://www.pie.pl/materialy/_upload/Ekologia_02-2020_sierpien.pdf, (część II); EKOLOGIA nr /95/2020; http://www.pie.pl/materialy/_upload/ekologia/Ekologia_3_95_2020_wys_roz.pdf)

Zrównoważone gospodarowanie lokalnymi zasobami energii odnawialnej - biomasą

Aktualny stan implementacji zasad czystego spalania w SCIs biomasy uzasadniają

●Efektywne wykorzystanie rodzimych odnawialnych źródeł energii, w szczególności **biomasy**, bez śladu węglowego całym łańcuchu elementów systemu energetycznego, czyli od pozyskania źródła energii do jego użytkowania energii i usług energetycznych

●Zwiększanie udziału OZE – **BIOMASY** w pokryciu zapotrzebowania kraju, regionu, gminy na paliwa i energię.

PROMOCJA OZE , zwłaszcza BIOMASY!!!

Efekt:

- zmniejszenie emisji zanieczyszczeń – lokalne i regionalne!!!
- wyższy poziom bezpieczeństwa energetycznego
- zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych – ochrona klimatu ziemi

Konieczne strategicznie zoptymalizowane działania

Ochrona środowiska, zdrowie ↔ EKONOMIA!! ↔Bezpieczeństwo energetyczne - lokalne źródła energii, OZE!!!

Podsumowanie
Czyste spalanie stałych biopaliw - działania na rzecz poprawy jakości powietrza

Uregulowania prawne - bariery stopniowo usuwane:

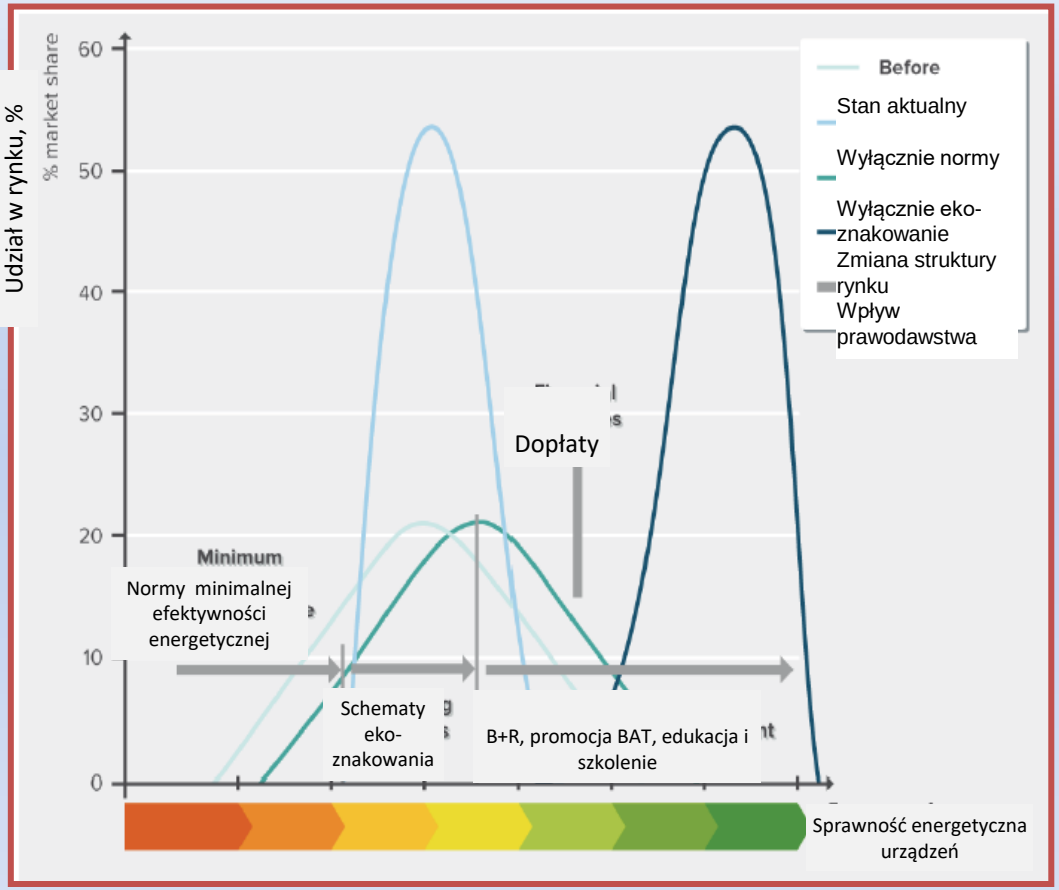
- **konieczność** wprowadzenia **regulacji prawnych dla instalacji spalania <1MW** – racjonalny czas implementacji (brak efektu natychmiast, konieczny I krok!!)

Schematy wsparcia finansowego, stosowane, konieczna weryfikacja**:**

- Program Czyste Powietrze NFOŚiGW, WFOŚiGW
- Wojewódzkie w ramach POP –ów, RPO (woj. Małopolskie, śląskie)

Program Czyste Powietrze nie preferuje biopaliw stałych nad kopalinami, Europa wręcz odwrotnie – zakaz instalacji kotłów gazowych, olejowych w domach nowobudowanych; wsparcie finansowe dla kotłów peletowych w miejsce gazu i oleju

Edukacja, dobre praktyki – realizowane:



Źródło; EU-UltraLowDust – 2nd Workshop of the Mirror Group, 3rd December 2013, Brussels, Belgium

Dziękuję Państwu za uwagę!

k.kubica@pie.pl
kkubica@interia.pl