

# Uwarunkowania czystszej spalania paliw stałych w domowych instalacjach produkcji energii cieplnej

Krystyna Kubica  
Instytut Techniki Ciepłej  
Politechnika Śląska  
ul. S. Konarskiego 22  
44-101 Gliwice  
<http://www.itc.polsl.pl>

Gliwice, 2010

*Opracowanie wykonano na podstawie Umowy o dzieło zawartej w dniu 15 lutego 2010 r.  
z Fundacją na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii w Katowicach.*

---

**Ekspertyza wykonana w ramach projektu FEWE „Doskonalenie poziomu edukacji  
w samorządach terytorialnych w zakresie zrównoważonego gospodarowania energią  
i ochrony klimatu Ziemi” dzięki wsparciu udzielonemu przez Islandię, Liechtenstein  
i Norwegię ze środków Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego  
oraz Norweskiego Mechanizmu Finansowego.**



## **Spis treści**

1. Wprowadzenie..... 4
2. Uwarunkowania czystego spalania paliw stałych w domowych kotłach c.o. i piecach.....8

# 1. Wprowadzenie

Energia stanowi jedną z najważniejszych materialnych potrzeb życiowych człowieka. Jej produkcji, tak jak każdej działalności człowieka, towarzyszy korzystanie ze środowiska, a ubocznym tego skutkiem jest emisja zanieczyszczeń, zwłaszcza, gdy jako paliwa stosuje się węgiel i inne paliwa kopalne.

Od wielu już lat jesteśmy świadkami znaczących zmian na światowej scenie energii. Zasadniczo zmiany te obserwowaliśmy w ubiegłym stuleciu, aktualnie nabierają one tempa z uwagi na wzrost zapotrzebowania na energię powodowany przyrostem populacji mieszkańców naszego globu oraz rozwojem społeczno - gospodarczym świata z jednej strony, a z drugiej wyczerpywaniem się zasobów paliw kopalnych. Równocześnie rozwój gospodarczy świata powoduje określone obciążenie dla środowiska, którego skutkiem są obserwowane zmiany w środowisku lokalnym, regionalnym i globalnym. Wymuszają one intensywne działania na rzecz przeciwdziałania im, czego przykładem jest przyjęcie 10 stycznia 2007 przez Komisję Europejską pakietu działań w obszarze energii i zmian klimatu stanowiący podstawę nowej polityki energetycznej dla Europy (Europejska Polityka Energetyczna, Bruksela, dnia 10.1.2007 COM(2007)). Główne strategiczne jej założenia to osiągnięcie w 2020 roku 20% redukcji emisji gazów cieplarnianych, w stosunku do 1990 r., zwiększenie do 20% udziału energii odnawialnej w łącznym bilansie energetycznym UE z poziomu poniżej 7% w 2006 r. oraz ograniczenie łącznego zużycia energii pierwotnej o 20%, w stosunku do 2006 r. Produkcja energii w skali przemysłowej podobnie jak w przypadku innych sektorów przemysłu podlega ostrym wymogom ochrony środowiska, wymuszającym wprowadzanie najlepszych, dostępnych technologii (BAT) i stosowanie najskuteczniejszych sposobów usuwania zanieczyszczeń z emitowanych spalin lub gazów procesowych. Efektem tego jest znacząca redukcja emisji zanieczyszczeń ze źródeł przemysłowych. Natomiast najmniej „zdyscyplinowany” sektor produkcji energii w źródłach o mocy poniżej 50MW<sub>th</sub> jest największym udziałowcem globalnej, zarówno światowej jak i krajowej emisji zanieczyszczeń. Dlatego też ten sektor został objęty określonymi działaniami w UE, zmierzającymi do technologicznego i legislacyjnego dyscyplinowania dla zwiększenia sprawności energetycznej stosowanych technik produkcji energii oraz zmniejszenia ich oddziaływania na środowisko. W opracowanej, w ramach CAFE (Clean Air for Europe), Strategii tematycznej Czystego Powietrza (COM(2005) poświęcono szczególną uwagę instalacjom o mocy < 50 MW, czyli tzw. *małym obiektom energetycznego spalania*, dla których brak uregulowań prawnych UE, zwłaszcza instalacjom spalania paliw stałych wytwarzających energię użyteczną do ogrzewania indywidualnych gospodarstw domowych oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Jednym z aktów legislacyjnych dotyczących działań UE ukierunkowanych na ograniczanie zużycia energii pierwotnej, między innymi w gospodarstwach domowych jest Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2005/32/WE z dnia 6 lipca 2005 roku ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących *ekoproduktu/ekoprojektu* dla produktów wykorzystujących energię [Dyrektywa ekoprodukt (2005/32/EC) *EuPs Eco-design Directive (2005/32/EC)*]. Ze względu na dominującą rolę kosztów energii w kosztach w cyklu życia tych urządzeń dyrektywa kładzie nacisk na promowanie urządzeń energooszczędnych.

W przypadku kotłów, pieców, kominków, głównym celem dyrektywy jest z jednej strony harmonizacja przepisów dotyczących projektowania urządzeń (chodzi tu o uniknięcie zakłóceń w swobodnym przepływie produktów), z drugiej skłonienie wytwórców do produkcji urządzeń charakteryzujących się wysoką sprawnością przetworzenia energii chemicznej paliw na energię użyteczną – ogrzewanie pomieszczeń, przygotowanie ciepłej wody użytkowej, przygotowanie posiłków oraz bardziej przyjaznych środowisku. Produktów przyjaznych nie tylko z punktu widzenia niskiej emisji zanieczyszczeń, optymalnie niskiego zużycia surowców energetycznych do wytworzenia energii użytecznej, ale także niskiego zużycia jednostkowego materiałów do wytworzenia poszczególnych rodzajów pieców/kotłów/kominków i możliwości odzysku/recyklingu materiałów lub bezpiecznego unieszkodliwienia po zakończeniu eksploatacji.

W 2007 roku w Komisji Europejskiej podjęte zostały prace nad ustaleniem wymogów Dyrektywy 2005/32/EC eko-projektowania odniesionych do instalacji spalania małej mocy – kotłów/pieców/kominków opalanych stałymi paliwami (węglem i biomasą), <http://www.ecosolidfuel.org/>. Te działania są spójne z założeniami Zielonej Księgi Europejskiej Strategii na rzecz zrównoważonej, konkurencyjnej i bezpiecznej energii oraz zwiększenia konkurencyjności gospodarki, [http://ec.europa.eu/energy/green-paper/energy/doc/2006\\_03\\_08\\_gp\\_document\\_pl.pdf](http://ec.europa.eu/energy/green-paper/energy/doc/2006_03_08_gp_document_pl.pdf).

Należy także zauważyć, że niezależnie od działań legislacyjnych UE i krajowych wzrasta również wiedza i świadomość konsumentów - użytkowników instalacji spalania paliw stałych w indywidualnym budownictwie, czego przejawem jest wzrost zapotrzebowania na urządzenia o wysokiej jakości, zwłaszcza pod względem wysokiej sprawności energetycznej i ekologicznej, wysokim komforcie obsługi i niskim koszcie eksploatacyjnym. To z kolei spowodowało w ostatnim okresie rozwój nowoczesnych konstrukcji urządzeń grzewczych opalanych paliwami stałymi, węglowymi i biomasą, zwłaszcza pochodzenia drzewnego i to zarówno kominków jak i kotłów. Największy postęp w rozwoju konstrukcji nastąpił w konstrukcjach kotłowych zasilanych węglem, a w ostatnich latach także biomasą, zwłaszcza formowaną w postaci pelet. Duży postęp można zauważyć w konstrukcjach kominkowych.

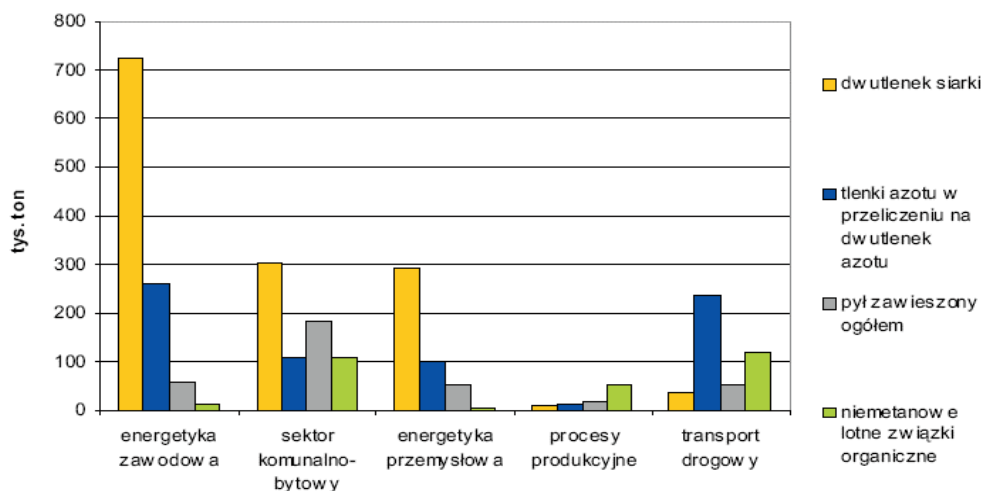
W przypadku energetyki przemysłowej i zawodowej ostre wymagania ochrony środowiska wymuszają stosowanie najlepszych, dostępnych technologii produkcji energii elektrycznej i ciepła (technologie BAT). Efektem tego jest znacząca redukcja emisji zanieczyszczeń ze źródeł przemysłowych i zawodowych. Natomiast produkcja ciepła, z wykorzystaniem węgla jako paliwa, w źródłach rozproszonych – w sektorze komunalnym, budownictwie jednorodzinym, budynkach użyteczności publicznej, rolnictwie, leśnictwie, rybołówstwie, rozproszonych jednostkach wojskowych oraz w zakładach przemysłowych, wszędzie tam, gdzie nieekonomiczne jest stosowanie wysokosprawnych instalacji oczyszczania spalin oraz gdzie stosowane są przestarzałe instalacje kotłowe c.o. oraz piece domowe i gdzie stosowana jest „zła praktyka” spalania węgla niesortymentowych, jak również spalanie oraz współspalanie odpadów komunalnych – powoduje bardzo duże emisje zanieczyszczeń do atmosfery. Sprawność energetyczna instalacji spalania paliw stałych, zwłaszcza tradycyjnej konstrukcji, jest niska i nie przekracza średniorocznie 50%. Skutkiem tego jest także nadmierne zużycie węgla i biomasy - drewna, wyższe aniżeli wynika to z zapotrzebowania na energię użyteczną w mieszkaniu, domu jednorodzinnych czy budynkach użyteczności publicznej.

Zanieczyszczenie środowiska przyrodniczego dotyczy wszystkich trzech jego elementów: powietrza, gleby i wody. Jakość powietrza ma jednak decydujące znaczenie w procesie zanieczyszczania środowiska. Wprowadzane do atmosfery pierwotne zanieczyszczenia oraz generowane wtórne ksenobiotyki oddziałują na pozostałe elementy środowiska — glebę i wodę. Wśród zanieczyszczeń występujących w atmosferze, rozróżnia się zanieczyszczenia pierwotne i wtórne. Do grupy głównych pierwotnych zanieczyszczeń należą:

- ditlenek węgla (CO<sub>2</sub>);
- tlenek węgla (CO);
- tlenki azotu (NO<sub>x</sub>);
- ditlenek siarki (SO<sub>2</sub>);
- chlorowodór (HCl);
- fluorowodór (HF);
- trwałe związki organiczne (TZO), które obejmują wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), dioksyny i furany (PCDDs i PCDFs), polichlorowane bifenyle,
- lotne związki organiczne (LZO);
- metale ciężkie, zwłaszcza rtęć (Hg) i jej związki, kadm oraz tal (Cd, Tl) i ich związki oraz antymon (Sb), arsen (As), ołów (Pb), chrom (Cr), kobalt (Co), miedź (Cu), mangan (Mn), nikiel (Ni), wanad (V);
- pył całkowity (TSP) oraz jego frakcje PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>.

Procesy energetycznego spalania paliw, zwłaszcza węgla, są głównym źródłem antropogenicznej emisji zanieczyszczeń. Ponad 75% emisji NO<sub>x</sub> i SO<sub>2</sub>, około 70% emisji CO,

ponad 75% emisji pyłów i ponad 90% CO<sub>2</sub> pochodzi z procesów spalania paliw. Przeprowadzona analiza stanu środowiska w Polsce w 2006 roku wykazała, że w strukturze emisji pyłu zawieszonego oraz związków organicznych z głównych sektorów gospodarki najwyższy udział stanowi sektor komunalno-bytowy; Rys. 1.

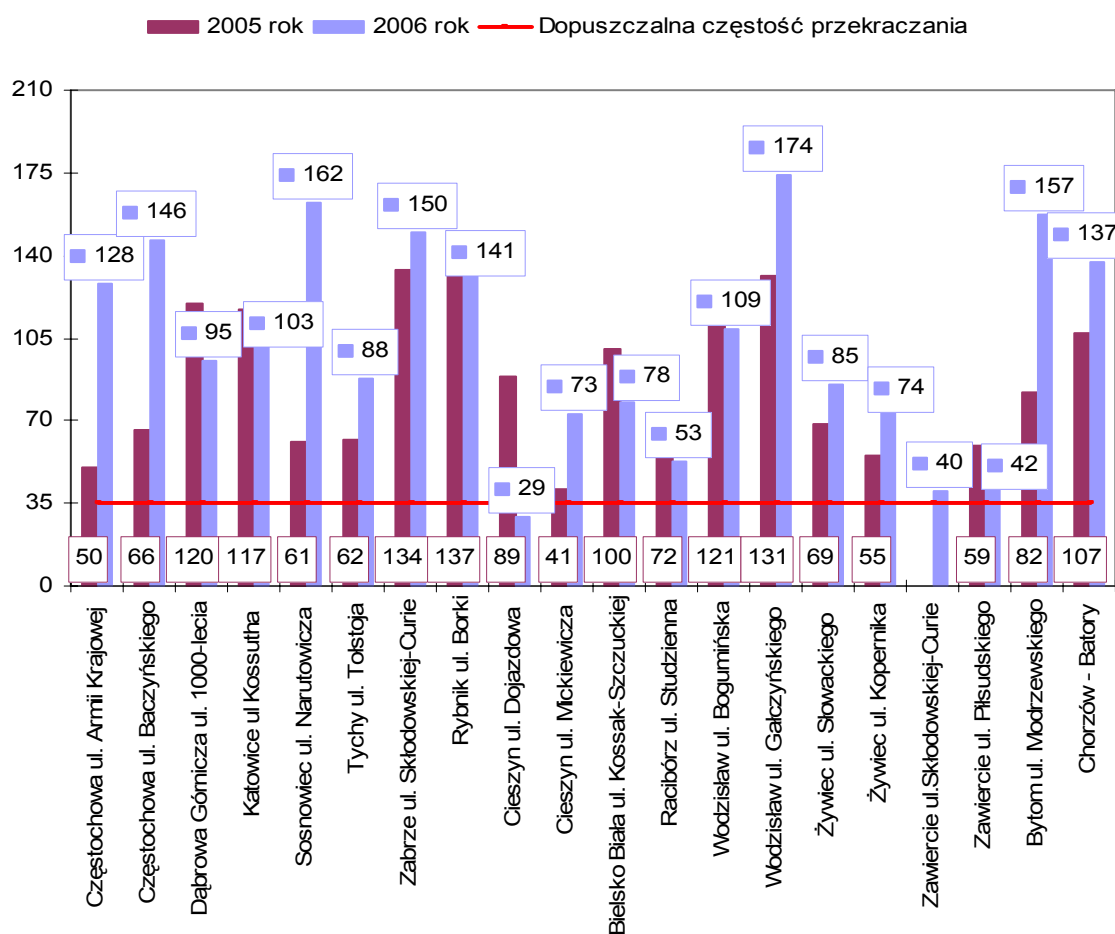


**Rys. 1.** Struktura emisji zanieczyszczeń z głównych sektorów gospodarki w Polsce w 2003 roku; struktura emisji pyłu zawieszonego w Polsce w latach 2000–2003 w podziale na sektory gospodarki; *Stan środowiska w Polsce na cele i priorytetów Unii Europejskiej; Inspekcja Ochr. Środ. W-wa 2006.*

Spalaniu paliw stałych w ich pierwotnej, nieprzetworzonej postaci nieuchronnie towarzyszy emisja zanieczyszczeń do środowiska. Ilość i chemiczna charakterystyka emitowanych zanieczyszczeń jest uzależniona od technologii spalania i sposobu jej realizacji. Energia cieplna w ogrzewnictwie komunalnym i indywidualnym produkowana jest w Polsce w 40% z węgla spalane w postaci warstwy w piecach i kotłach. Spalanie w warstwie, w złożu stacjonarnym należy do najbardziej emisjogennych technik spalania. Jest ono źródłem emisji CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, pyłu (TSP, PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub>) ale także zanieczyszczeń organicznych, w tym wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), dioksyn i furanów (zaliczanych do grupy POPs - trwałych związków organicznych), węglowodorów alifatycznych, benzenu i jego homologów (BTX), aldehydów i ketonów zaliczanych do grupy VOCs – lotnych związków organicznych, a także fenolu i jego alkilowe pochodnych, heterozwiązków azotu i siarki, itp., oraz metali ciężkich – Hg, Cd, As, Pb, Cr itp.. Wprowadzane do atmosfery pierwotne zanieczyszczenia oraz generowane wtórne ksenobiotyki oddziałują niekorzystnie na ekosystemy. Spalaniu 1 tony węgla niesortymentowego w tradycyjnym kotle lub piecu, o średniorocznej sprawności nie przekraczającej 50%, towarzyszy emisja około 120 kg CO, 7 kg pyłu całkowitego, około 6 kg VOCs, 0,9 kg WWA, 23,8 µg I-TEQ dioksyn, 0,86 kg fenoli. Współspalanie odpadów powoduje wzrost emisji dioksyn do ponad 300 µg I-TEQ. Należy tutaj także zauważyć, że niewłaściwe spalanie biomasy stanowi niewiele mniejsze zagrożenie niż spalany węgiel. Tak duża emisja toksykantów, z uwagi na małą wysokość kominów stosowaną w sektorze mieszkaniowym (zazwyczaj nie przekraczającą 10 m), powoduje zwłaszcza na obszarach gęsto zaludnionych, wysoką koncentrację zanieczyszczeń powietrza na poziomie przygruntowym (tzw. niska emisja – emisja ze źródeł o wysokości emitorów nie przekraczających 40 m), stając się wysoce niebezpieczną, z uwagi na bezpośrednie wdychanie zanieczyszczonego powietrza i spożywanie zanieczyszczonej żywności. Badania kancerogenności „dymu” ze spalania węgla wykazały, że jest ona porównywalna do emitowanych substancji z baterii koksowniczej, a wyższa niż dymu papierosowego, odpowiednio 2,1; 2,1 i 0,003. Emisja dioksyn, jednej z największych trucizn wzrasta ponad 100-krotnie jeżeli w domowym piecu lub kotle c.o. spala się lub współspala z paliwami stałymi tworzywa sztuczne, gumę itp.

Emitowane pyły ze spalania paliw stałych, zwłaszcza ich subfrakcje PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> są szczególnie niebezpieczne ponieważ zawierają metale ciężkie, a z ich rozwiniętą powierzchnią są zaasocjowane i zaadsorbowane takie toksykanty, jak: wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), dioksyny i furany (PCDDs i PCDFs). Wskutek tego PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> odpowiedzialne są za choroby układu oddechowego i krążeniowego, różnego rodzaju alergie,

a w efekcie za wzrost śmiertelności ludności na terenach o wysokich wskaźnikach emisji tych substancji. Do takich należy na pewno Aglomeracja Górnośląska, w której częstość przekroczenia dopuszczalnego poziomu stężeń 24 godzinnych pyłu zawieszonego PM10 w ostatnich latach nie maleje, jak wynika z badań ŚIOŚ w Katowicach, Rys. 2.



**Rys. 2.** Częstości przekroczenia dopuszczalnego poziomu stężeń 24 godzinnych pyłu zawieszonego PM10 w latach 2005 – 2006; *Ocena jakości powietrza w województwie śląskim w latach 2002-2006. J. Jamrocha, A. Szczygiel – ŚWIOŚ; Konferencja CHRONMY KLIMAT Zrównoważone wykorzystanie energii, ochrona środowiska, Katowice, 19.12.2008*

Na konieczność poprawy jakości powietrza i związane z tym ponoszenie odpowiednich środków finansowych zwrócono uwagę w opracowanym Projekcie RPO dla województwa śląskiego na 2007 – 2013 w „Celu szczegółowym *Ochrona i poprawa jakości środowiska w Priorytecie: Środowisko w Kierunku działań IV.7: Polepszenie jakości powietrza*” zapisano: „*Poprawa jakości powietrza będzie osiągnięta poprzez dofinansowanie przedsięwzięć na rzecz ograniczania ilości wprowadzanych do powietrza substancji zanieczyszczających, a także projektów zwiększających wykorzystanie alternatywnych źródeł energii*” [Projekt Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego Na Lata 2007 – 2013 Wersja Trzecia, Katowice, 2006 Rok].

Emisja NO<sub>x</sub>, CO, oraz zanieczyszczeń organicznych, zwłaszcza WWA oraz PCDD i PDF, a także lotnych związków organicznych jest ściśle uzależniona od technologii spalania, paliwa i technicznych uwarunkowań jej realizacji, czyli techniki spalania oraz charakterystyki fizykochemicznej zastosowanego paliwa i jej stabilności. Należy tutaj zauważyć, że spalanie biomasy (OZE) w piecu/kotle o przestarzałej konstrukcji skutkuje również dużą emisją toksycznych zanieczyszczeń, Tabl.1.

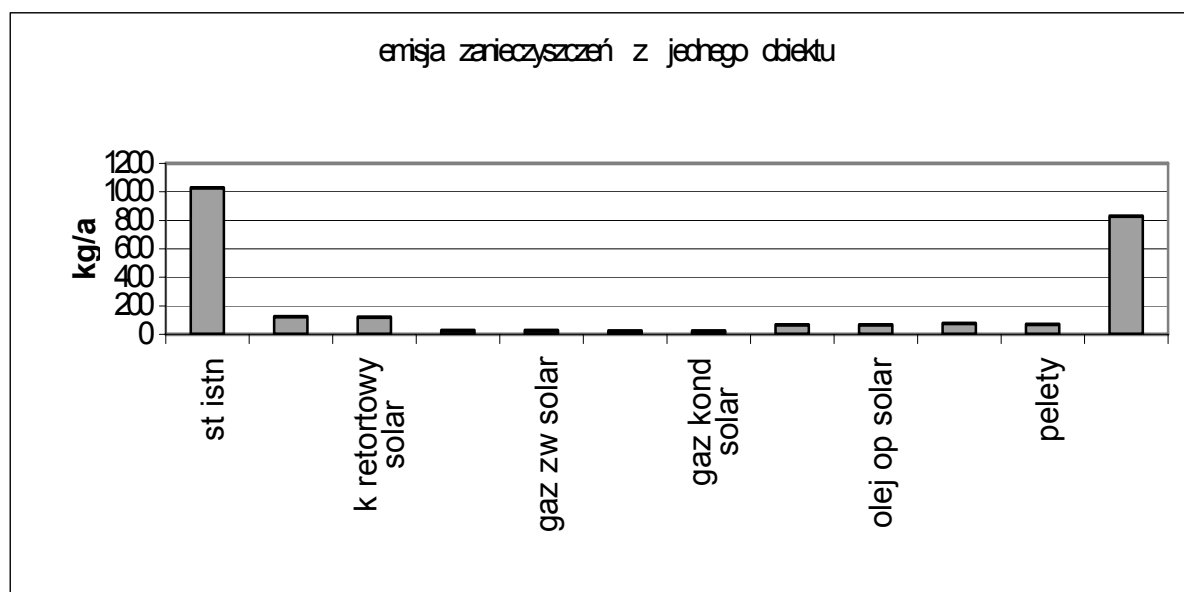
Tablica 1. Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania różnych w kotłach małej mocy (<50kWth)

Zanieczyszczenia	Wskaźniki emisji					
	Węgiel (a)	Węgiel (b)	Gaz ziemny	Olej opalowy	Biomasa/drewno (a)	Biomasa/drewno (b)
Dwutlenek siarki	900	450	0.5	140	30	20
Dwutlenek azotu	130	200	70	70	120	150
Pył TSP	400	80	0.5	5	500	70
Dioksyiny i furany	500	40	NA	10	500	50
PAH Σ 1-4	710	50	NA	30	510	40
Benzo(a)piren	270	17	NA	10	130	12
Benzo(b)fluoranten	250	18	NA	11	200	14
Benzo(k)fluoranthene	100	8	NA	5	100	8
Indeno(1,2,3_cd)piren	90	7	NA	4	80	6
Tlenek węgla	4000	400	30	40	4000	300
Ditlenek węgla	91	95	52	76	88	90
NMVOC	300	20	10	15	400	20

a) ręcznie zasilane; b) automatycznie zasilane paliwem;

Kubica K., Paradiz B., Dilara P., Klimont Z., Kakareka S., Dębski B.: *Small Combustion Installations, Chapter for "Emission Inventory Guidebook"*; UNECE TFEIP, 2004 (Updated by Kubica K., and Woodfield M.in 2006), B216-2

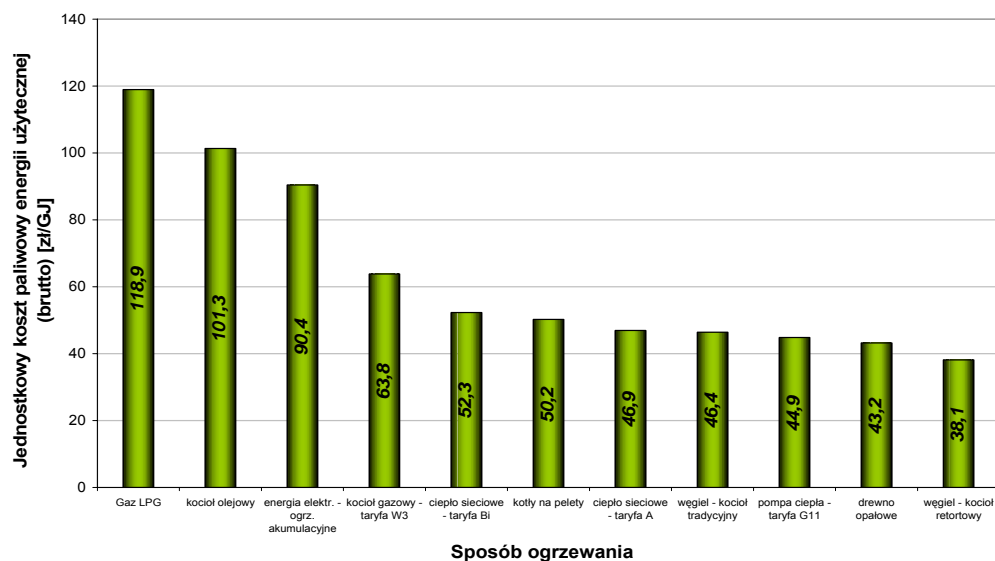
Prowadzone analizy ekonomiczne – kosztów paliwowych i eksploatacyjnych oraz analizy porównawcze emisji pyłu z jednostkowego obiektu zasilanego energią otrzymaną z różnych źródeł (wprowadzonych w miejsce kotła węglowego przestarzałej konstrukcji) wykazują, że kotły z pełną automatyzacją procesu spalania opalane paliwami stałymi (węglowe kotły retortowe, kotły zasilane peletami) mogą konkurować z kotłami olejowymi pod względem emisyjności; Rys. 3 i 4. Również koszty eksploatacyjne obejmujące koszt energii elektrycznej zużywanej przez instalację grzewczą, koszt wywozu odpadów paleniskowych, robociznę obsługi instalacji oraz koszt paliwa (liczony w cenach jednostkowych dostawców w II połowie 2003 roku) są najniższe dla węglowych kotłów retortowych lub zasilanych peletami wspomaganych źródłami energii odnawialnej. Z ekologicznego punktu widzenia wszystkie rozwiązania gwarantują znaczącą redukcję emisji a rozwiązaniem optymalnym, jest paliwo gazowe lub pelety drzewne z maksymalnym efektem obniżenia emisji zanieczyszczeń; Rys. 3. Dodatni efekt ekonomiczny wykazują instalacje zasilane paliwem węglowym indywidualnie i w połączeniu z energią odnawialną, zwłaszcza w przypadku województwa śląskiego (niski koszt transportu węgla).



Rys. 2. Porównanie emisji zanieczyszczeń pyłowych z jednego obiektu zasilanego energią otrzymaną z różnych źródeł

Ogólnie rzecz biorąc, można stwierdzić, że najlepszy efekt ekologiczny daje zainstalowanie kotła opalanego gazem lub peletami drzewnymi. Natomiast zainstalowanie kotła węglowego

z automatyzacją procesu spalania (palnikowe – retortowe, miałowe) jest najkorzystniejsze ekonomicznie. Należy także zauważyć, że zastosowanie tylko termomodernizacji w budynku opalonym tradycyjnym kotłem węglowym, obniża również emisję zanieczyszczeń w wyniku mniejszego zużycia paliwa – efekt poszanowania energii; Rys. 3.



**Rys. 3.** Koszt eksploatacyjny i paliwowy produkcji energii cieplnej w instalacji poniżej 1MW

[źródło: FEWE, Katowice marzec 2010]

W warunkach klimatycznych, w jakich żyjemy w Polsce, niemożliwe jest utrzymywanie komfortu cieplnego bez instalacji centralnego ogrzewania. Zapotrzebowanie budynku na energię zależy od stopnia izolacyjności termicznej otworów (okien, drzwi), eliminacji mostków termicznych, ocieplenia ścian, podłogi, izolacji dachu, zużycia ciepłej wody użytkowej oraz skuteczności wentylacji. Najwygodniejsze rozwiązania to ogrzewanie domu gazem z sieci lub ciepłem pochodzącym z elektrociepłowni. Ale mają one wadę - można z nich korzystać tylko w tych rejonach, w których dostępne są te źródła energii pierwotnej. Paliwa stałe to najtańsze źródła energii, jednak uzyskanie z nich ciepła wymaga większej troski eksploatacyjnej. Kotły na olej opałowy lub gaz płynny to wygodne w obsłudze urządzenia, które podgrzewają także wodę użytkową. Są to jednak dość drogie źródła energii i wymagają kosztownych instalacji. Podobnie kształtują się koszty eksploatacji pieców akumulacyjnych, gdy mamy taryfę dwustrefową. Stąd też pojawia się pytanie – czym ogrzejemy nasz dom i czym podgrzejemy wodę użytkową. Wbrew pozorom nie jest to taki prosty wybór. Jeśli porównamy ceny paliwa wykorzystywanego do ogrzewania domów odpowiedź nasuwa się sama – węgiel. Jest on w dalszym ciągu najtańszy. Nie wolno nam zapomnieć, że jeśli zdecydujemy się na ogrzewanie domu paliwem stałym, czy to węglem czy drewnem, to wiąże się to z koniecznością większej troski o jakość paliwa i warunki eksploatacyjna kotła.

Na rynku polskim istnieją nowoczesne kotły, piece opalane węglem i biomasą oraz węglowe (z automatyzacją podawania paliwa), których wdrożenie zwiększy sprawność energetyczną spalania, zmniejszy zużycie paliw stałych –węgla, biomasy i zmniejszy emisję toksycznych zanieczyszczeń. Obserwowany w ostatnim okresie dynamiczny rozwój konstrukcji kotłów i pieców opalanych paliwami stałymi – węglowymi i biomasowymi, może tylko w niepełnym stopniu rozwiązać problem ograniczenia niskiej emisji. W przypadku tych instalacji minimalizacja zagrożeń ekologicznych wymaga zarówno doboru paliwa odpowiedniej jakości, jak i właściwego doboru systemu kominowego, który w istotny sposób warunkuje przebieg procesu spalania paliwa i powinien stanowić integralną część instalacji grzewczej. Odpowiednia jakość instalacji spalania (kocioł, komin) i stosowanych paliw stałych oraz odpowiednia jej eksploatacja nie zwalnia właściciela domu z obowiązku nieustannego czuwania nad stanem przewodów kominowych. Właściwe współdziałanie ze służbami kominarskimi w tym zakresie będzie skutkowało również poprawą bezpieczeństwa dla życia i zdrowia podczas spalania paliw stałych w domowych

instalacjach produkcji ciepła.

Zaopatrzenie mieszkańców i przedsiębiorców, działających na danym obszarze, w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe oraz jego planowanie spoczywa na władzach gminy. Tym samym za zapewnienie lokalnego energetycznego bezpieczeństwa, za zapewnienie zrównoważonego rozwoju i tym samym za „zrównoważone korzystanie ze środowiska” odpowiada gmina. Stąd też współdziałanie gmin z lokalną społecznością, zwłaszcza właścicielami indywidualnych budynków mieszkalnych, w zakresie instalowania nowoczesnych instalacji kotłowych c.o. opalanych paliwami stałymi – węglem i biomasą, wykorzystaniem innych odnawialnych źródeł energii (OZE) będzie skutkowało oszczędzaniem paliw kopalnych, ograniczaniem emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw kopalnych, redukcją ilości odpadów paleniskowych, a tym samym poprawą stanu środowiska i stanu zdrowotności społeczeństwa.

**Aktualny, zaawansowany stan technologii i techniki spalania węgla i biomasy w kotłach i piecach małej mocy zapewnia produkcję „taniego i czystsze go ciepła” z wysoką sprawnością energetyczną (>80%) i wysoką efektywnością ekologiczną (niskimi wskaźnikami emisji), pod warunkiem zastosowania kwalifikowanych, standaryzowanych paliw węglowych oraz stałych biopaliw. Należy także pamiętać, że niskie koszty ogrzewania to nie tylko nowoczesna instalacja spalania i odpowiednie paliwa, ale również oszczędzanie wyprodukowanej energii, między innymi poprzez zminimalizowanie strat energetycznych budynku, czyli zapewnienie odpowiedniej izolacyjności ścian, podłóg, sufitów, okien i drzwi (tzw. termomodernizację budynku). Szansą dla niskich, eksploatacyjnych kosztów ogrzewania są także systemy hybrydowe, instalacje kotłowe na paliwa stałe i instalacje solarowe.**

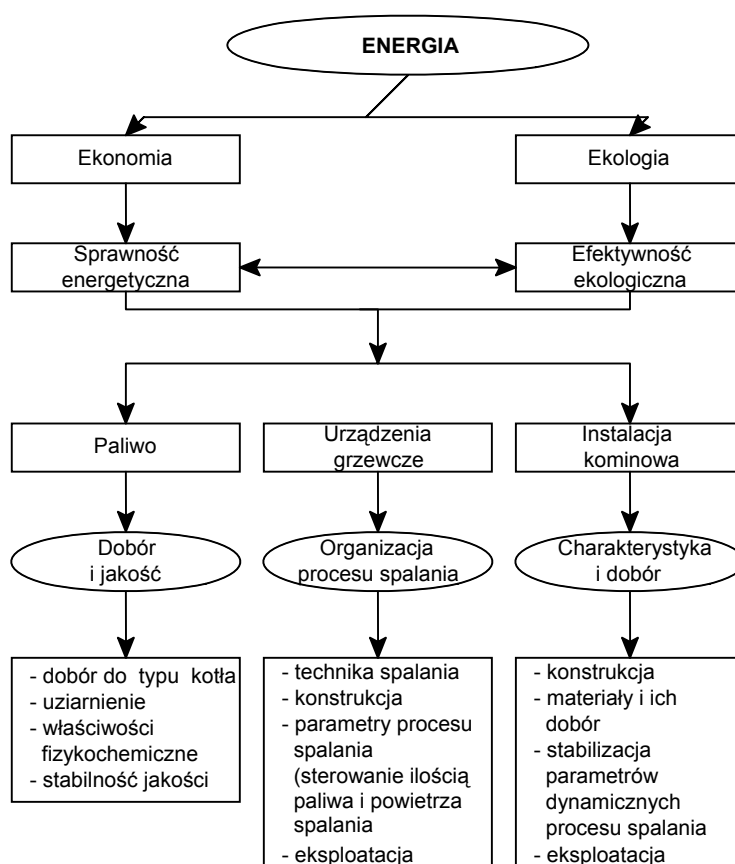
#### Więcej informacji:

- „Stan środowiska w Polsce na tle celów i priorytetów Unii Europejskiej”; Inspekcja Ochrony Środowiska Warszawa 2006, ISDN 83-7217-274-9
- Olendrzyński K. i inni; “Emission Inventory of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO, PM, HMs, NMVOCs and POPs in Poland 2004”; UN-ECE – EMEP/Poland – Report/2006; IOS, Warszawa
- Kubica K., „Niezamierzona emisja PCDD/Fs z procesów spalania – kierunki i możliwości jej ograniczenia”; Seminarium akceptujące Krajowy Program Wdrażania Konwencji Sztokholmskiej w Polsce, Warszawa, 15.12.2004; [www.ks.ios.edu.pl](http://www.ks.ios.edu.pl)
- Pasierb S., Bogacki M., Osicki A., Wojtulewicz J.; „Odnawialne Źródła Energii. Efektywne wykorzystanie w budynkach. Finansowanie przedsięwzięć.”; ISBN 83-907727-7-9; <http://oze.fewe.pl/poradnik/poradnik.pdf>
- Kubica K.; „Proces spalania paliw stałych w instalacjach małej mocy”; Czysta energia z węgla: gospodarstwa domowe – sektor komunalny, Czysta Produkcja Eko-Zarządzanie, ISSN 1731-4240, nr 1/2006,
- Kubica K i inni.; Dobre praktyki produkcji energii cieplnej dla indywidualnego i komunalnego ogrzewnictwa. Paliwa stałe. ISBN: 83-918298-7-1; <http://polskiklubekologiczny.org.pl>
- <http://www.instalacjebudowlane.pl/3742-23-40.htm>
- <http://www.kostrzewa.com.pl/ecodotacje.html>
- <http://www.kostrzewa.com.pl/ogloszenia-sprzedaz.html>
- <http://www.kostrzewa.com.pl/ecodotacje.html>
- [http://www.muratordom.pl/instalacje/ogrzewanie-paliwami-stalymi/kotly-na-drewno-i-biomase,6370\\_3503.htm](http://www.muratordom.pl/instalacje/ogrzewanie-paliwami-stalymi/kotly-na-drewno-i-biomase,6370_3503.htm)
- [http://www.muratordom.pl/instalacje/ogrzewanie-paliwami-stalymi/kotly-na-paliwa-stale,6370\\_1761.htm](http://www.muratordom.pl/instalacje/ogrzewanie-paliwami-stalymi/kotly-na-paliwa-stale,6370_1761.htm)
- [http://www.muratordom.pl/instalacje/ogrzewanie-paliwami-stalymi/cieplo-dla-oszczednych,6370\\_3811.htm](http://www.muratordom.pl/instalacje/ogrzewanie-paliwami-stalymi/cieplo-dla-oszczednych,6370_3811.htm)
- [http://www.muratordom.pl/instalacje/ogrzewanie-paliwami-stalymi/uzytowanie-kotlow-na-paliwa-stale,6370\\_1203.htm](http://www.muratordom.pl/instalacje/ogrzewanie-paliwami-stalymi/uzytowanie-kotlow-na-paliwa-stale,6370_1203.htm)

## 2. Uwarunkowania czystego spalania paliw stałych w domowych kotłach c.o. i piecach

Uzyskiwanie taniego i czystego ciepła z paliw stałych – węgla i biomasy uwarunkowane jest stosowaniem *dobrych praktyk*, w tym użytkowaniem paliw o odpowiednich właściwościach fizykochemicznych i stabilnej jakości dostosowanych do typu/rodzaju kotła, nowoczesnych kotłów/pieców, nowoczesnych konstrukcji kominowych oraz zapewnieniu odpowiedniej eksploatacji instalacji spalania w ciągu całego roku, zwłaszcza w sezonie grzewczym.

Otrzymywanie użytecznej energii cieplnej dla celów bytowych (ogrzewanie pomieszczeń, gotowanie, przygotowanie ciepłej wody użytkowej - c.w.u., w ogrzewnictwie indywidualnym i komunalnym należy rozpatrywać, podobnie jak w skali przemysłowej, jako produkcję w instalacji małej mocy, która podlega rygorom oceny pod względem efektywności ekonomicznej, technicznej i ekologicznej. O uzyskiwaniu wysokiej efektywności ekologiczno-ekonomicznej instalacji produkcji ciepła: paliwo, kocioł/piec/ kominiek oraz emitor – komin; Rys. 4 (Kubica, 2003).

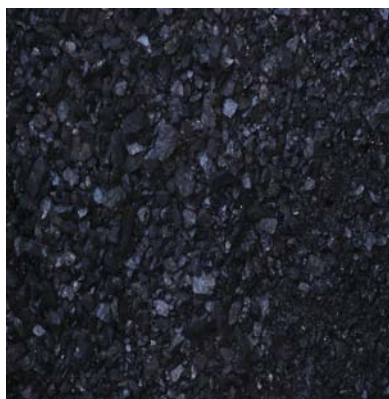


**Rys. 4.** Schemat uwarunkowań techniczno-ekologiczno-ekonomicznych wytwarzania ciepła w instalacjach grzewczych małej mocy

### Paliwa

W światowym i krajowym indywidualnym i komunalnym ogrzewnictwie jako paliwa stosuje się głównie paliwa kopalne. Należy jednak zauważyć, że w świecie dominują w tym sektorze paliwa gazowe i ciekłe oraz coraz powszechniej stosowane są różne formy odnawialnych źródeł energii (OZE). Natomiast w Polsce ponad 50% energii w sektorze mieszkalnictwa otrzymywane jest z węgla, następne miejsce zajmują paliwa gazowe, ciekłe oraz OZE, wśród których dominuje biomasa. Coraz powszechniej stosowane są także kolektory słoneczne, jako element hybrydowego układu grzewczego, wykorzystywane głównie do podgrzewania wody użytkowej.

**Paliwa węglowe** w ogrzewnictwie komunalnym i indywidualnym stosowane są w formie „sortymentów ziarnowych” o różnym rozmiarze ziarna, jako kostka, orzech, groszek. Miałły węglowe z uwagi na swój drobnoziarnisty charakter stosowane są w kotłach z rusztem mechanicznym, ale i dla zastosowania tego sortymentu węglowego w kotłach małej mocy znaleziono rozwiązania techniczne, skutkujące stosunkowo wysoką sprawnością energetyczną i efektywnością ekologiczną. Do „ekologicznych paliw stałych” zalicza się: koks opałowy, karbonizaty, brykiety węglowe (formowane z udziałem różnego rodzaju ekologicznych spoiw – brykiety niskoemisyjne), brykiety węglowe z udziałem biomasy.

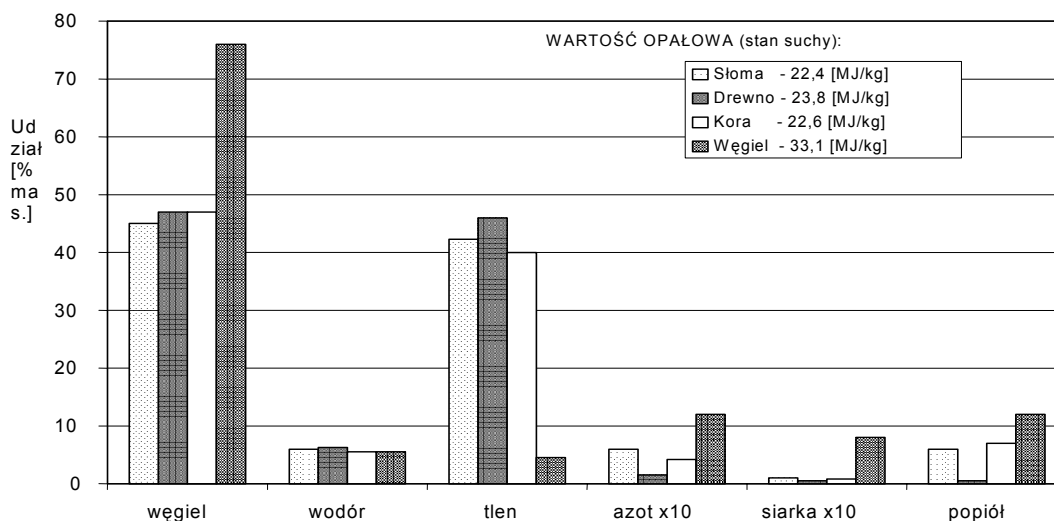


**Biomasa w postaci stałej, biopaliwa stałe** - jak wspomniano powyżej - obejmują różnorodne produkty pochodzące z różnych zasobów. W przypadku biomasy drzewnej spotykamy różne jej formy: polana drzewne, drewno kawałkowe - opałowe, zrębki, prasowane formy: brykiety, pelety, trociny, puder - pył drzewny, mączka drzewna, sieczka kory, wióry drzewne itp. Biomasa odpadowa z rolnictwa i przemysłu spożywczego może występować w formie bel słom zbożowych i traw, sieczki słomy, mączki słomianej, wyłoków owocowych, ziarna zbożowego, orzechów, mączki kostnej oraz różnorodnych form prasowanych, podobnie jak w przypadku biomasy drzewnej.



Źródło: <http://www.biomasa.org/>

**Węgiel i biomasa - podobieństwa i różnice.** Podstawowy skład pierwiastkowy węgla i biomasy jest taki sam. Natomiast różna jest zawartość głównych pierwiastków: węgla, wodoru, azotu, tlenu i siarki.



Rys. 5. Porównanie właściwości węgla i biomasy

Konsekwencją tych właściwości jest wysoka zawartość części lotnych (65 – 80%) i wysoka reaktywność biomasy, które powodują konieczność stosowania odpowiednich konstrukcji instalacji spalających, kotłów c.o./pieców, zapewniających warunki zupełnego spalania wydzielających się w krótkim czasie lotnych produktów rozkładu biomasy. Dlatego konstruowane do spalania biomasy kotły, posiadają zasadniczo dwie strefy/komory – komorę odgazowania i strefę spalania produktów odgazowania.

Niekorzystną cechą biomasy jest także jej wysoka i zmienna, w zależności od rodzaju biomasy i okresu sezonowania, zawartość wilgoci (od 10% do 60%). Kolejną różnicą jest gęstość: od 100 kg/m<sup>3</sup> (dla słomy) do 500 kg/m<sup>3</sup> (dla drewna) i od 800 do 1330 kg/m<sup>3</sup> (dla węgla). Jednocześnie w porównaniu do węgla, biomasa charakteryzuje się dużo wyższą zawartością tlenu wapnia, alkaliów (zwłaszcza potasu) i fosforu, zmienną i czasem wysoką zawartością chloru, które mogą prowadzić do wzmożonej korozji oraz narastania agresywnych osadów w kotle podczas jej bezpośredniego spalania. Ta cecha zmusza do poszukiwania a w konsekwencji wdrażania, nowych materiałów odpornych na tego typu oddziaływania.

Tak duże zróżnicowanie stosowanych paliw w indywidualnym i komunalnym ogrzewnictwie wymaga zastosowania odpowiednich instalacji spalania uwzględniających ich specyficzne właściwości. Właściwości fizykochemiczne paliwa, takie jak wielkość ziarna, jego jednorodność, zawartość wilgoci, popiołu, jego charakterystyczne temperatury oraz skład chemiczny (udział Ca, Mg, K, Na), spiekalność, zawartość części lotnych, zawartość siarki, chloru, bromu, metali ciężkich (Hg, As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, V) wpływają na ilość emitowanych zanieczyszczeń, ale także na sprawność energetyczną spalania. Stąd konieczność doboru właściwości fizykochemicznych paliw do techniki spalania oraz rozwiązania konstrukcyjno-technicznego kotła/pieca. Emisję pyłu, metali ciężkich oraz siarki można ograniczyć stosując paliwa stałe o małej zawartości popiołu i siarki. Wieloletnie badania oraz aktualne ukierunkowania działań legislacyjnych UE i krajowych w zakresie spalania paliw, wykazują, że dla ograniczenia emisji pyłu i metali ciężkich oraz poprawy sprawności energetycznej w sektorze ogrzewnictwa indywidualnego i gospodarki komunalnej winny być stosowane paliwa węglowe o zawartości popiołu poniżej 10% i zawartości siarki poniżej 0,8%. Paliwa węglowe powinny być standaryzowane, atestowane i certyfikowane, z uwzględnieniem wymagań aktualnie produkowanych typów i rodzajów kotłów c.o./pieców. Powinny być dostępne na rynku w formie konfekcjonowanej np. w postaci worków/paczek o określonej gramaturze.

### Spalanie paliw stałych, instalacje małej mocy

Proces spalania ziarna paliwa stałego obejmuje prawie równocześnie bieżące stadia: odparowania wilgoci, odgazowania (pierwotnej pirolizy), wtórnej pirolizy, spalania homogenicznego lotnych produktów termolizy substancji węglowej i spalania heterogenicznego

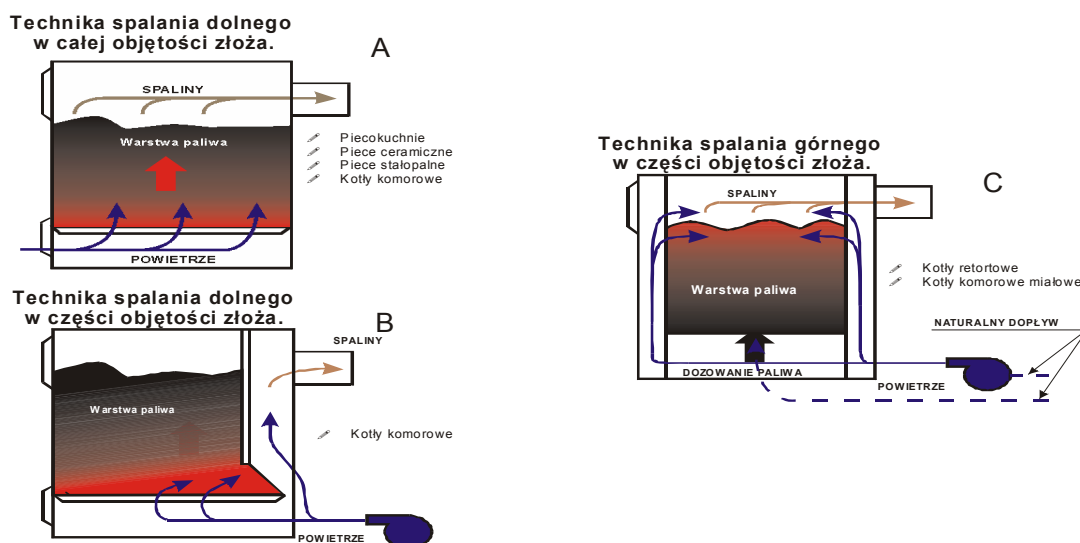
powstałego karbonizatu. Ważnym momentem przebiegu procesu jest zapłon części lotnych, oddzielający okres nagrzewania cząstki paliwa od okresu spalania zarówno części lotnych jak i pozostałości koksowej. Spalanie tak złożonej substancji jaką jest węgiel, a także biomasa powoduje zazwyczaj w kotłach c.o. i piecach zachodzenie niecałkowitego i niepełnego spalania substancji węglowej. Od konstrukcji kotła c.o./pieca, od parametrów procesu spalania zależą będą wielkości tych strat, które jednoznacznie będą wpływać na osiąganą jego sprawność energetyczną i efektywność ekologiczną.

W instalacjach spalania paliw stałych małej mocy, znajduje zastosowanie głównie technologia spalania w warstwie w złożu stacjonarym. Do „Dobrych praktyk spalania” w instalacjach produkcji ciepła małej mocy, zwłaszcza w domowych kotłach, piecach to:

- właściwy dobór paliwa do paleniska; ilość emitowanych zanieczyszczeń ze spalania paliwa stałego w warstwie uzależniona jest nie tylko od techniki organizacji spalania, składu chemicznego paliwa, ale także od wielkości ziarna;
- optymalna konstrukcja kotła/pieca zapewniająca:
  - optymalną organizacją procesu spalania i dobór parametrów procesowych, takich jak: temperatura spalania produktów rozkładu paliwa, odpowiedni stosunek ilości powietrza do spalanego paliwa, zapewniającego całkowite jego spalanie;
  - zapewnienie homogeniczności mieszanki paliwowej i utleniacza – powietrza i homogeniczności mieszaniny lotnych produktów niezupełnego spalania z utleniaczem/tlenem powietrza;
  - zapewnienie maksymalnej sprawności pozyskania ciepła użytecznego z wyprodukowanej energii w czasie spalania czyli zapewnienie odpowiedniej wymiany ciepła.

Stosowane w rozproszonym indywidualnym i komunalnym ogrzewnictwie instalacje spalania węgla i biopaliw stałych można podzielić w sposób najbardziej ogólny, w zależności od techniki organizacji procesu spalania na następujące trzy grupy; Rys. 6:

- tradycyjne konstrukcje - dolne spalanie – spalanie przeciwprądowe w całej objętości, Rys. 6a:
  - piecokeramiczne, piecokeramiczne stalopalne, piecokeramiczne - kuchnie,
  - kotły wodne komorowe,
- nowoczesne instalacje, kotły komorowe - spalanie dolne w części złoża (dystrybucja powietrza do spalania), Rys. 6b, lub w górnej części złoża, Rys. 6c,
- nowoczesne kotły węglowe z automatyzacją procesu spalania – górne spalanie, Rys. 6c:
  - retortowe,
  - podsuwowe, mialowe (palnikowe).

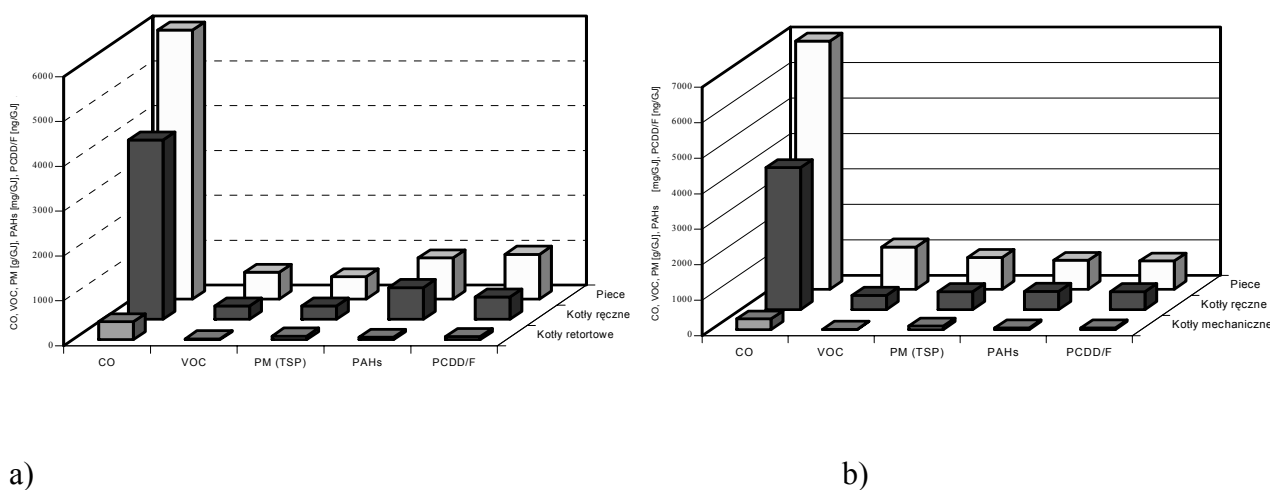


**Rys. 6.** Techniki spalania; a) dolne spalanie – spalanie przeciwprądowe w całej objętości oraz b) w części złoża, c) górne spalanie w części złoża – spalanie współprądowe

Technika dolnego spalania, spalanie przeciwprądowe, charakterystyczne dla tradycyjnych domowych instalacji (pieców, kotłów) stosowanych w rozproszonym, indywidualnym ogrzewnictwie, Rys. 6a. Charakteryzuje się niską sprawnością energetyczną i wysoką emisją zanieczyszczeń. Paliwo stałe – węgiel, drewno jest dostarczane do strefy spalania (złoża) ze strony przeciwnej do kierunku dopływu powietrza, wskutek powstające lotne produkty rozkładu paliwa stałego wchodzą w strefę spalania z lokalnym niedoborem tlenu i o stosunkowo niskiej temperaturze (poniżej 800°C), zwłaszcza w fazie rozpału (nawet poniżej 500 °C). W tych warunkach lotne produkty rozkładu węgla, biopaliw stałych nie ulegają całkowitemu spalaniu tylko po przejściu przez komin dostają się do środowiska w formie aerozolu wodno-pyłowo-gazowego (dymu) z dużą zawartością substancji smolistych, zawierających dioksyny, benzo(a)piren i inne wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, benzen i inne VOCs, fenole itp.. Zastosowanie w tej technice dystrybucji powietrza na pierwotne i wtórne powoduje, iż w komorze dopalania ulegają spalaniu produkty rozkładu paliwa wpływając tym samym na wzrost sprawności energetycznej i zmniejszenie emisji zanieczyszczeń, Rys. 6b. W technice górnego spalania w części złoża, Rys. 6c, spalanie współprądowe, paliwo stałe jest w sposób ciągły, zautomatyzowany do górnej warstwy rozżarzonego paliwa – strefy spalania, wskutek tego lotne produkty odgazowania przechodząc przez wysokotemperaturową strefę żaru ulegają prawie całkowitemu spalaniu dając bardzo małą emisję zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia i środowiska, a zastosowana dystrybucja i kontrola ilości powietrza pierwotnego powodują iż sprawność energetyczna tych palenisk sięga 90%.

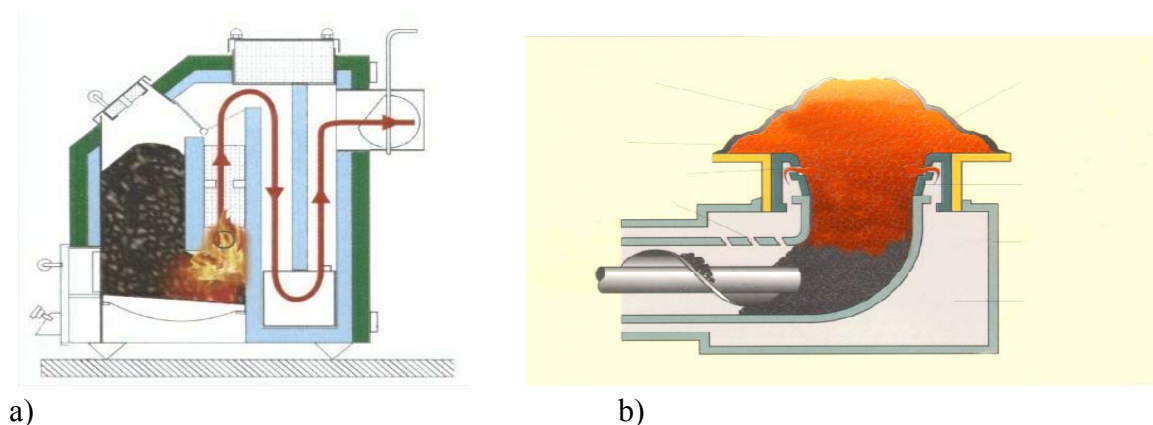
**Tradycyjne instalacje spalania** to urządzenia starej generacji, o niskiej sprawności cieplnej (w znacznej części praktycznie średniorocznie poniżej 50%) i wysokiej emisji zanieczyszczeń, Rys. 7. Podstawowe ich wady to:

- nierównomierne obciążenie cieplne komory spalania i wymiennika;
- brak kontrolowanego, efektywnego (z wymuszaniem turbulencji spalin) systemu doprowadzenia powietrza wtórnego;
- brak strefy dopalania produktów zgazowania węgla;
- intensywna okresowa emisja produktów niecałkowitego i niepełnego spalania (lotnych związków organicznych, węglowodorów aromatycznych, dioksyn i tlenku węgla), zwłaszcza w i fazie spalania po uzupełnieniu paliwa w komorze spalania;
- możliwość spalania i współspalania odpadów, co znacząco wpływa na wzrost emisji toksycznych zanieczyszczeń.



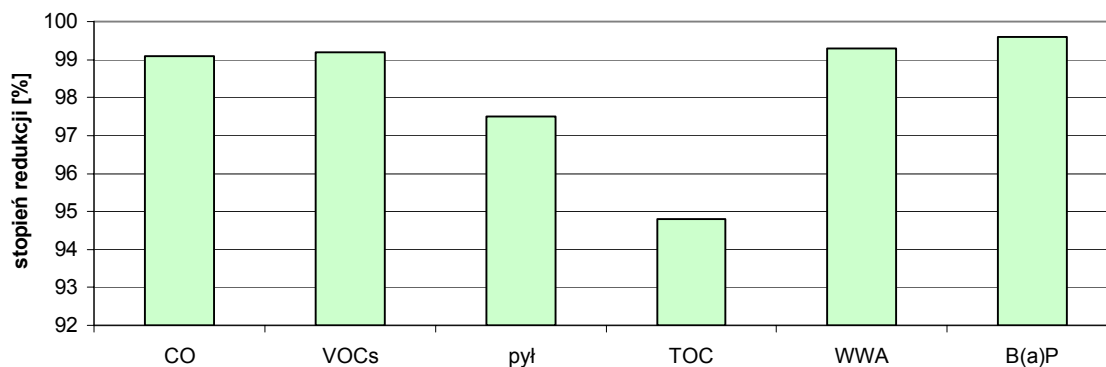
**Rys. 7.** Wskaźniki emisji zanieczyszczeń dla a) węglowych urządzeń grzewczych; b) opalanych drewnem.

**Nowoczesne instalacje kotłowe**, realizujące technikę dolnego i górnego spalania w części złoża, są urządzeniami nowej generacji, w których wyeliminowano podstawowe wady tradycyjnych, przestarzałych konstrukcji. Instalacje kotłowe realizujące technikę dolnego spalania w części złoża posiadają dodatkowy kanał dopalania. Wyposażone są one w efektywne systemy dystrybucji powietrza pierwotnego i wtórnego, często z regulacją pracy wentylatora za pomocą elektronicznych sterowników, które powodują lepsze dopalanie lotnych produktów rozkładu paliwa stałego, Rys. 8a. Wskutek tego wzrasta sprawność energetyczna kotła a maleje emisja zanieczyszczeń. W ostatnim okresie producenci wprowadzili szereg usprawnień zwiększających efektywność tych kotłów (np. wymurówkę ceramiczną w części kotła, ceramiczne dysze powietrza wtórnego do dopalania części palnych w spalinach itp.).



**Rys. 8.** Przekrój a) kotła komorowego z dolnym spalaniem w części złoża; b) przekrój typowej retorty (palnika) stosowanej w kotłach retortowych spalających węgiel, pelety drzewne (po prawej)

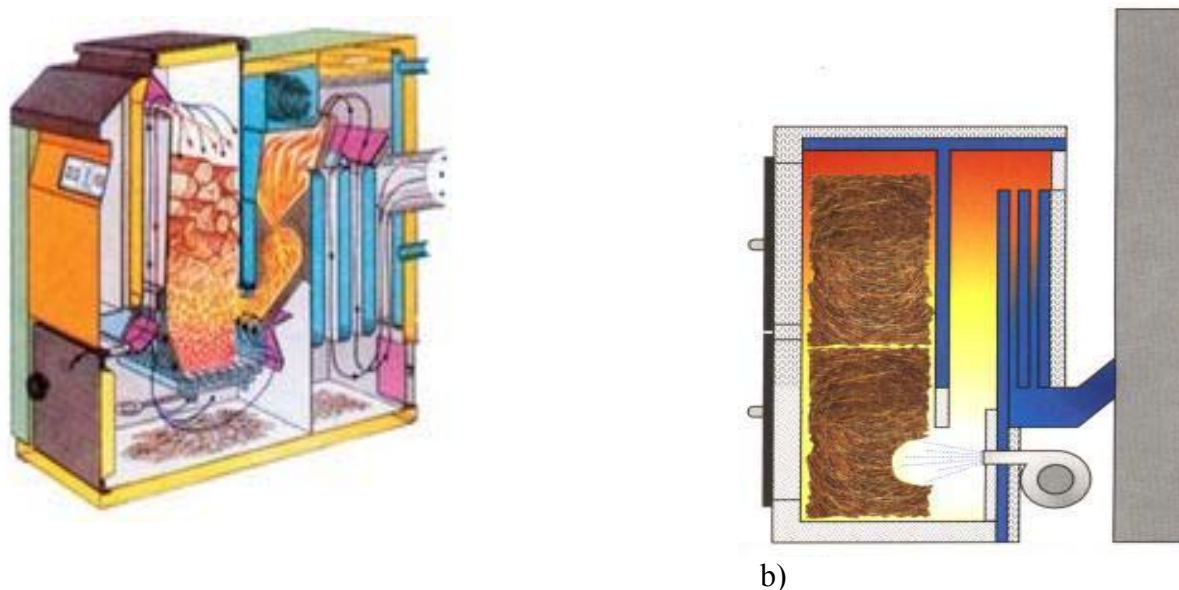
Najnowsze rozwiązania kotłów c.o. to kotły retortowe, palnikowe wyposażone w system dystrybucji powietrza pierwotnego i wtórnego oraz retortę, do której cyklicznie doprowadzone jest kwalifikowane stałe paliwo – węgiel, pelety drzewne do górnej strefy spalania; Rys. 8b. Zautomatyzowanie procesu spalania w tych kotłach powoduje, że charakteryzują się one bardzo wysoką sprawnością energetyczną (nawet ponad 90%) a redukcja emisji zanieczyszczeń sięga prawie 99% dla tlenu węgla, lotnych związków organicznych, benzo(a)pirenu i innych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych; Rys. 9.



**Rys. 9.** Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń niebezpiecznych dla środowiska w wyniku stosowania paleniska retortowego, w porównaniu do emisji palenisk starych pieców grzewczych

**Kotły komorowe realizujące technikę dolnego spalania** w części złoża przeznaczone są do spalania paliw jednorodnych sortymentowo (węgiel w sortymencie orzech lub groszek, brykiety drzewne itp.). Mogą być stosowane do spalania drewna suchego (kawałkowego lub grubszych zrębków,

słomy). Należy pamiętać, jak wspomniano powyżej, że do spalania drewna, słomy konieczne są odpowiednie konstrukcje kotłowe (o dwóch strefach - komorach spalania); Rys. 10.



**Rys. 10.** Przekrój: a) kotła opalanego drewnem; b) kotła opalanego słomą

#### Kotły zgazowujące, z wstępnym zgazowaniem paliwa (dwustopniowego spalania).

Do grupy nowoczesnych kotłów komorowych opalanych paliwami stałymi, głównie drewnem, należą kotły zgazowujące, Rys.11. Ich konstrukcja jest zasadniczo oparta na technice dolnego spalania w części złoża (z dużym nadmiarem powietrza), która realizowana jest w komorze zgazowania (komora górna). Mieszanka gazu słabego i powietrza wtórnego z komory zgazowania dostaje się do komory spalania, w której następuje jej spalanie. Rozwiązania konstrukcyjne komory dopalania (dolna komora) zabezpieczają wysoką temperaturę, powyżej 1100°C co powoduje, iż kotły te charakteryzują się wysokimi sprawnościami energetycznymi oraz niskimi wskaźnikami emisji zanieczyszczeń. Praca kotła sterowana jest automatycznie, a przy dostatecznie dużej pojemności komory zgazowania paliwo dostarcza się nawet raz na dobę. Kotły te znalazły zastosowanie również do spalania węgla.

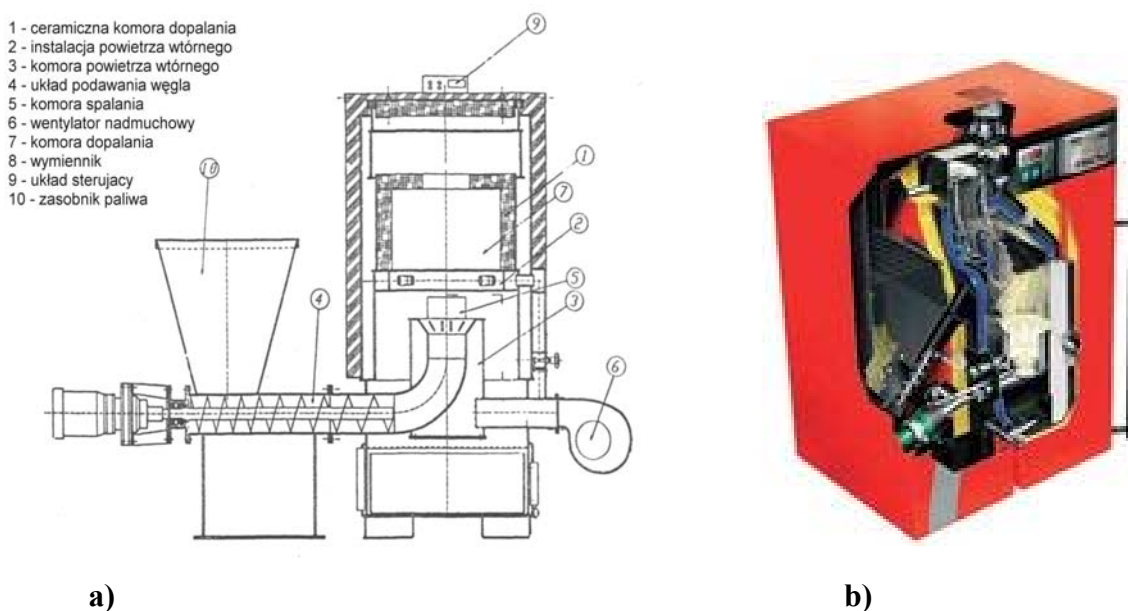


**Rys. 11.** Przekrój kotła zgazowującego

Kotły węglowe realizujące górne spalanie w części złoża z automatyzacją procesu spalania, zwane też często kotłami z palnikiem, kotłami palnikowymi. Wśród tych kotłów rozróżnić należy znane już kotły retortowe, opalane kwalifikowanym sortymentem węgla (groszek), nową generację kotłów podsuwowych opalanych miałem oraz komorowe kotły zasypowe.

Kotły retortowe zaliczane obecnie do najbardziej nowoczesnych i najefektywniejszych konstrukcji kotłów realizujących „czystą technologię spalania”, wykorzystują technikę spalania górnego w części złoża. Ciągłe, automatycznie sterowane podawanie paliwa, regulowana i kontrolowana ilość powietrza wprowadzanego do komory spalania oraz wysoka efektywność energetyczna i ekologiczna to cechy stawiające je na czele nowoczesnych kotłów małej mocy. Charakteryzują się one dużymi możliwościami regulacji mocy w szerokim zakresie (30-100% mocy znamionowej), przy równoczesnym nieznacznym spadku sprawności cieplnej, co skutkuje prawie płaską cieplną charakterystyką pracy kotła. W tym zakresie mocy stabilna jest także efektywność ekologiczna.

Podstawowym elementem kotła jest samoczyszczące się palenisko retortowe, w którym spala się określona porcja paliwa, niezbędna do uzyskania temperatury zadanej przez użytkownika na sterowniku elektronicznym; Rys. 12. Obsługa ogranicza się do okresowego uzupełnienia paliwa w zasobniku oraz odprowadzenia popiołu. Rozwój konstrukcji kotłów retortowych w Polsce rozpoczął się stosunkowo niedawno, ale ich niewątpliwe zalety – wysoka sprawność energetyczna, wysoka efektywność ekologiczna oraz automatyzacja procesu, czyli prawie bezobsługowa eksploatacja – spowodowały olbrzymi wzrost popytu stymulującego rozwój produkcji.



**Rys. 12.** Kocioł retortowy, a); schemat ideowy kotła retortowego, b) przekrój komory spalania.

Zapewnienie utrzymania wysokich parametrów energetycznych i ekologicznych oraz pełna automatyzacja procesu, wymagają stosowania kwalifikowanego paliwa pod względem uziarnienia (węgiel „groszek”, brykiety drzewne typu „pelet”), zawartości popiołu, wilgoci i siarki. Przy czym istotne są także niskie wskaźniki spiekalności paliw ( $RI < 5$ ) oraz odpowiednio wysokie charakterystyczne temperatury topliwości popiołu. W przypadku węgla, jako paliwa dla kotłów retortowych, określono następujące wymagania (Kubica, 2003):

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| - sortyment węgla:                | groszek płukany   |
| - typ węgla 31 lub 32.1           |   |
| - wartość opałowa                 | $Q_i^a > 26 \text{ MJ/kg}$ ,                                |
| - zawartość wilgoci:              | $W_t^R < 12\%$  |
| - zawartość popiołu:              | $A^a < 10\%$  |
| - zawartość części lotnych:       | $V^a > 28\%$  |
| - zawartość siarki:               | $S_d^a \leq 0,6\%$  |
| - temperatura mięknięcia popiołu: | $t_A \geq 1200^\circ\text{C}$                               |
| - zdolność spiekania:             | $RI < 5$ , (dopuszcza się do 10)                            |
| - uziarnienie:                    | 4–31,5 mm, przy czym dla kotłów o mocy                      |
|                                   | nominalnej poniżej 100 kW górna granica rozmiaru ziaren nie |
|                                   | powinna przekraczać 25 mm.                                  |

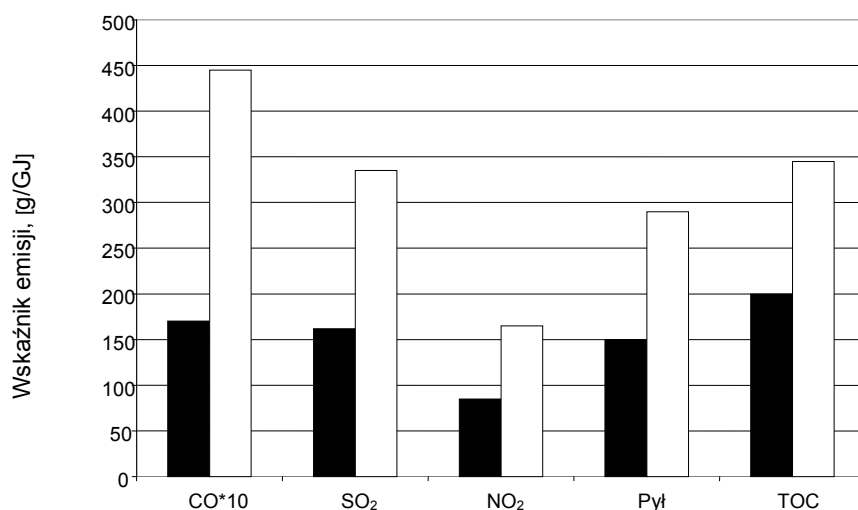
Zaletą z punktu widzenia ochrony środowiska jest brak możliwości spalania odpadów oraz niesortymentowych węgli (mułów i miałów) w tych kotłach.

Kotły podsuwowe, palnikowe, przeznaczone do spalania miału węglowego pojawiły się na rynku kotłów w ostatnich latach. Należą one do tej samej generacji urządzeń, do której należą kotły retortowe i charakteryzują się podobną możliwością regulacji mocy w szerokim zakresie i równie wysoką efektywnością energetyczną i ekologiczną, pod warunkiem zastosowania wysokoenergetycznych miałów węglowych, pozbawionych frakcji drobnoziarnistych. Z uwagi na

zmiennosc wlasnosci fizykochemicznych mialow wglowych, utrzymanie wysokiej efektywnosci ekologicznej w ciaglej terenowej eksploatacji jest bardzo utrudnione, wskutek czego nierzadko deklarowana przez producenta wielkosc sprawnosci energetycznej i efektywnosci ekologicznej jest trudna do utrzymania. W tych kotlach moga byc wspolspalane mieszanek mialu wglowego ze zrebkami drzewnymi, czy nawet pocieta sloma.

W wiekszosci w/w konstrukcji kotlowych mozliwe jest takze spalanie mieszanek paliwowych wugiel/biomasa, czyli wspolspalanie wugla z biomasa, ale w przypadku wysokiego udzialu biomasy (powyzej 20%) niezbedna jest modyfikacja rozwiazan konstrukcyjnych paleniska.

**Instalacje kominowe.** Dobor kominu jest rowniez waznym czynnikiem, ktory ma wplyw na osiaganą eksploatacyjną efektywnosc energetyczno-ekologiczno-ekonomiczną instalacji spalania. Ciąg naturalny czy wymuszony, paliwo, organizacja procesu spalania to czynniki wzajemnie zalezne, wplywajace na efektywnosc energetyczną i ekologiczną pozyskiwania energii cieplnej w pracujacej instalacji spalania; Rys. 13.



**Rys. 13.** Porównanie wskaźników emisji ze spalania węgla w kotle komorowym o mocy 30 kW z zainstalowanym systemem kominowym z ciągiem wymuszonym oraz z ciągiem naturalnym

### Standaryzacja kotłów małej mocy

Aktualne standardy emisyjne z instalacji spalania, w zakresie wprowadzania gazów lub pyłów do powietrza, zostały określone w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 4 sierpnia 2003 r., które transponuje do polskiego prawa wytyczne *Dyrektywy 2001/80/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej z dnia 23 października 2001r. w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza z dużych źródeł spalania paliw*. Standardy emisyjne dotyczą źródeł o nominalnej mocy cieplnej nie mniejszej niż 1,0 MW. W praktyce gospodarczej producenci i użytkownicy kotłów, jednostki badawcze, urzędy oraz instytucje dofinansowujące działania proekologiczne wykorzystują wymagania normy PN-EN 303-5 oraz nieobligatoryjne „Kryteria efektywności energetyczno-ekologicznej kotłów małej mocy i paliw stałych dla gospodarki komunalnej. Certyfikacja na znak bezpieczeństwa ekologicznego”, opracowane w IChPW w 1999r. i zweryfikowane w roku 2006. Dla źródeł o nominalnej mocy cieplnej 300 - 1000 kW, w Polsce nie obowiązują jednoznaczne akty prawne normujące poziomy emisji zanieczyszczeń do środowiska.

*Polska Norma PN-EN 303-5 „Kotły grzewcze - Część 5: Kotły grzewcze na paliwa stałe z ręcznym i automatycznym zasypem paliwa o mocy nominalnej do 300 kW - Terminologia, wymagania, badania i oznakowanie”*, ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny dnia 17 kwietnia 2002 r., jako oficjalne tłumaczenie europejskiej normy EN 303-5:1999, normuje graniczne wartości emisji dla kotłów o mocy nominalnej do 300 kW. Wartości te przedstawiono w Tabeli 1.

W normie PN-EN 305-5 określono graniczne wartości emisji tlenku węgla (CO), niespalonych substancji organicznych w postaci gazowej wykazanych jako węgiel organiczny związany (OGC) oraz pyłu. Procedury oznaczania stężeń poszczególnych zanieczyszczeń oraz wyznaczania sprawności kotła określone są przez stosowne normy PN i EN związane z Normą PN-EN 305-5. Norma PN-EN 305-5 normuje również minimalne sprawności kotłów. Przy nominalnej mocy cieplnej  $Q_N$  nie powinny być one niższe niż podana poniżej  $\eta_k$ :

- dla klasy 3  $\eta_k = 67 + 6 \log Q_N$
- dla klasy 2  $\eta_k = 57 + 6 \log Q_N$
- dla klasy 1  $\eta_k = 47 + 6 \log Q_N$

Przedstawione powyżej wymagania w zakresie efektywności energetycznej, zostały ustalone jako obowiązujące dla urządzeń produkowanych w kraju i importowanych, wprowadzanych do obrotu na obszarze kraju, na mocy Rozporządzenia Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2 kwietnia 2003 r. Aktualnie wdrażane najnowsze rozwiązania kotłów małej mocy charakteryzują się wysoką sprawnością energetyczną i ekologiczną, przekraczającą znacząco wymagania normy PN-EN 303-5 oraz opracowanych w roku 1999 w IChPW kryteriów badań kotłów „na znak bezpieczeństwa ekologicznego”. Zgodnie ze strategią tematyczną czystego powietrza UE (CAFE) prowadzone są badania nad opracowaniem założeń dla wprowadzenia Dyrektywy UE Eko-wzoru (*ang. ECODESIGN*), [www.ecosolidfuel.org](http://www.ecosolidfuel.org).

**Tabela 1.** Graniczne wartości emisji ze spalania paliw stałych według normy PN-EN 303-5

PALIWO	Nominalna moc cieplna w kW	Graniczne wartości emisji								
		mg/m <sup>3</sup> przy 10 % O <sub>2</sub> * <sup>1</sup>								
		CO			OGC* <sup>2</sup>			pył		
		Klasa			Klasa			Klasa		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>Załadunek ręczny</b>										
Biopaliwo	≤ 50	25000	8000	5000	2000	300	150	200	180	150
	> 50 do 150	12500	5000	2500	1500	200	100	200	180	150
	>150 do 300	12500	2000	1200	1500	200	100	200	180	150
Paliwo kopalne	≥ 50	25000	8000	5000	2000	300	150	180	150	125
	> 50 do 150	12500	5000	2500	1500	200	100	180	150	125
	>150 do 300	12500	2000	1200	1500	200	100	180	150	125
<b>Załadunek automatyczny</b>										
Biopaliwo	≤ 50	15000	5000	3000	1750	200	100	200	180	150
	> 50 do 150	12500	4500	2500	1250	150	80	200	180	150
	>150 do 300	12500	2000	1200	1250	150	80	200	180	150
Paliwo kopalne	≥ 50	15000	5000	3000	1750	200	100	180	150	125
	> 50 do 150	12500	4500	2500	1250	150	80	180	150	125
	>150 do 300	12500	2000	1200	1250	150	80	180	150	125

\*<sup>1</sup> odniesiona do spalin suchych, 0°C, 1013 mbar; \*<sup>2</sup> udział niespalonych substancji organicznych w postaci gazowej wykazany jako węgiel organiczny związany (w spalinach suchych)

Dlatego w zmodyfikowanych kryteriach IChPW zaproponowano podział kotłów na dwie grupy: A i B, co pozwala jeszcze precyzyjniej dokonywać wyboru kotła c.o. z uwzględnieniem oczekiwanej sprawności energetycznej i efektywności ekologicznej; Tabela 2.

**Tabela 2.** Kryteria energetyczno-emisyjne na „znak bezpieczeństwa ekologicznego” dla kotłów małej mocy na paliwa stałe - według IChPW

Typ kotła	Klasa kotła	Sprawność cieplna [%]	Wskaźniki emisji* <sup>1</sup>					
			CO [mg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> * <sup>2</sup> [mg/m <sup>3</sup> ]	PYŁ [mg/m <sup>3</sup> ]	TOC [mg/m <sup>3</sup> ]	16WW A [mg/m <sup>3</sup> ]	B(a)P [μg/m <sup>3</sup> ]
<i>Kotły z okresowym załadunkiem paliwa</i>	B	≥ 75	≤ 5000	≤ 400	≤ 200	≤ 150	≤ 15	≤ 150
	A	≥ 80	≤ 1200	≤ 400	≤ 125	≤ 75	≤ 5	≤ 75
<i>Kotły z automatycznym ciągłym załadunkiem paliwa</i>	B	≥ 78	≤ 3000	≤ 600	≤ 150	≤ 100	≤ 5	≤ 100
	A	≥ 80	≤ 1200	≤ 400	≤ 125	≤ 75	≤ 5	≤ 75

\*<sup>1</sup> Dopuszczalne ilości zanieczyszczeń w suchych gazach odlotowych w warunkach normalnych, przy zawartości tlenu 10 %; \*<sup>2</sup> Tlenki azotu w przeliczeniu na NO<sub>2</sub>; TOC - całkowite zanieczyszczenia organiczne; WWA - wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, 16 WWA wg EPA; B(a)P - benzo(a)piren

Osiągane średnie wskaźniki emisji CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> oraz pyłu z kotłów retortowych i automatycznych, miałowych w warunkach terenowych – zainstalowanych w indywidualnych gospodarstwach domowych – są wyższe od deklarowanych świadectwami. Dlatego też, dla ich promowania przy wdrażaniu programów redukcji *niskiej emisji* na terenach wysoko zurbanizowanych (w miastach) oraz w obszarach o specjalnych walorach turystycznych, kryteria winny być zastrzeżone.

**Prowadzone aktualnie prace na rzecz przygotowania danych dla opracowania i wprowadzenia *Dyrektywy Ekoprojekt* we wszystkich krajach Unii Europejskiej w odniesieniu do instalacji spalania węgla i biomasy – kominków, pieców i kotłów o mocy poniżej 500 kW<sub>th</sub> potwierdziły wysoką sprawność energetyczną i ekologiczną aktualnie dostępnych na rynku urządzeń. Należy, więc oczekiwać zmian w kryteriach norm PN-EN 303-5 oraz PN-EN 12809 [www.ecosolidfuel.org](http://www.ecosolidfuel.org). Należy również oczekiwać zmian w zakresie norm w odniesieniu do w/w instalacji. Oczekiwania związane z implementacją dyrektywy 2005/32/WE w odniesieniu do SCIs opalanych paliwami stałymi, w zakresie poprawy efektywności energetycznej, związane są z wprowadzeniem obligatoryjnych zunifikowanych standardów minimalnych efektywności energetycznej oraz dopuszczalnych poziomów emisji zanieczyszczeń. Na uwagę zasługuje również problem niezbędnych zmian w normalizacji w zakresie efektywności energetycznej i ekologicznej SCIs, w tym aktywnego udziału w tworzeniu nowych standardów badania i szybkiego przenoszenia na grunt polski tych norm, które zostały już stworzone i uznane w UE. Unifikacja standardów winna się przyczynić do promowania konkurencyjności polskich produktów w dziedzinie kotłów c.o., pieców i kominków opalanych stałymi biopaliwami i paliwami węglowymi. Prace studialne jeszcze trwają, zainteresowanych postępem prac w projekcie dotyczącym przygotowania założeń dla wdrożenia Dyrektywy 2005/32/WE Ecodesign o ekoprojektowaniu urządzeń zużywających energię w odniesieniu do instalacji spalania małej mocy zużywających paliwa stałe (SCIs) – węgiel i biomasę zapraszam do odwiedzania strony [www.ecosolidfuel.org](http://www.ecosolidfuel.org).**

Reasumując, stosowanie *dobrych praktyk*, tj. nowoczesnych ciągłych technik spalania, kwalifikowanych i standaryzowanych paliw oraz odpowiednio dobranych instalacji kominowych, w produkcji energii do celów bytowych (ogrzewanie pomieszczeń, przygotowanie c.w.u.) z węgla i biomasy w kotłach c.o. instalowanych w indywidualnym i komunalnym ogrzewnictwie, pozwala uzyskać wysoką sprawność produkcji ciepła użytkowego (zwiększyć sprawność energetyczną), znacząco zredukować emisję zanieczyszczeń, zmniejszyć ilość zużywanego paliwa, a tym samym uzyskiwać korzyści ekonomiczne i poprawę stanu środowiska. Biorąc pod uwagę sprawności energetyczne starych konstrukcji zainstalowanych w terenie oraz nowoczesnych kotłów, pieców i kominków, instalacje spalania można uszeregować zgodnie z malejącą wartością ich sprawności energetycznej:

- *kotły automatyczne, retorty, podsuwowe, ruszt mechaniczny, palniki, zgazowarki, systemy z przedpaleniskami, itp* > *nowoczesne kotły komorowe, nowoczesne piece: zasilane peletami, wyposażone w katalizatory* ; *nowoczesne kominki* > *tradycyjne kotły, piece, kominki*

oraz zgodnie z tendencją rosnącej emisji:

- *kotły automatyczne, retorty, zgazowarki, systemy z przedpaleniskami, itp* < *nowoczesne kotły komorowe, nowoczesne piece: zasilane peletami, wyposażone w katalizatory; nowoczesne kominki* < *tradycyjne kotły, piece, kominki*.

Należy zauważyć, że nowe typy kotłów, zwłaszcza kotły retortowe i automatyczne miałowe swoją ceną zbliżone są do kosztu zakupu kotłów gazowych, ale koszty eksploatacji są niższe z uwagi na niższą cenę paliwa – węgla w porównaniu do gazu. Dlatego bez wsparcia finansowego z gminnych, wojewódzkich, krajowych i unijnych funduszy, całkowita eliminacja „złych praktyk spalania węgla i biomasy” i „brudnych paliw węglowych” - niekwalifikowanych sortymentów węglowych - nie będzie możliwa.

#### **Więcej informacji:**

- Kubica K., „Energia w świecie i w Polsce” oraz „Spalanie i współspalanie paliw stałych w miastach”; Rozdział w monografii „Zarządzanie energią w miastach”; red. R. Zarzycki; ISBN 83-86492-26-0; Polska Akademia Nauk Oddział w Łodzi, Łódź 2004 s. 11-48 i 102-140
- Kubica K.; Rozdział 7: „Zanieczyszczenia środowiska powodowane termicznym przetwarzaniem paliw i biomasy” i rozdział 8: “Przemiany termochemiczne węgla i biomasy” w Termochemiczne Przetwórstwo Węgla i Biomasy; str. 145-232, ISBN 83-913434-1-3, Copyright by IChPW and IGSMiE PAN; Zabrze-Kraków; 2003
- Kubica K., „Małe kotły do kontroli”; Ekoprofit; kwiecień, maj, czerwiec 2005; Telepress; str 58-65
- Kubica K., „Nowoczesne kotły węglowe alternatywą dla tradycyjnych kotłów węglowych i gazowych”; Materiały „Szkoła Eksploatacji Podziemnej”, luty, Szczyrk 2005
- Kubica K.; „Proces spalania paliw stałych w instalacjach małej mocy”; Czystsza energia z węgla: gospodarstwa domowe – sektor komunalny, Czystsza Produkcja Eko-Zarządzanie, ISSN 1731-4240, nr 1/2006, str.23
- Kubica K i inni.; Dobre praktyki produkcji energii cieplnej dla indywidualnego i komunalnego ogrzewnictwa. Paliwa stałe. ISBN: 83-918298-7-1; <http://polskiklubekologiczny.org.pl>
- Przybylik A. Urządzenia ogrzewcze na paliwa stałe, jako alternatywa energetyczna w budownictwie mieszkaniowym; Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, 6.2006
- Krystyna Kubica; DOMESTIC SECTOR Measures to reduce dioxin emissions in Poland; Expert Workshop Dioxin Emissions from Domestic Sources Brussels, July 2008; [http://www.bipro.de/dioxin-domestic/doc/meet\\_080707\\_pres8.pdf](http://www.bipro.de/dioxin-domestic/doc/meet_080707_pres8.pdf)
- Directive No 2005/32/EC - Ecodesign - establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-using products, 6 July 2005.
- <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:191:0029:0058:PL:PDF>
- [www.ec.europa.eu/dgs/energy\\_transport/tenders/doc/2007/s1\\_000055\\_specifications\\_en.pdf](http://www.ec.europa.eu/dgs/energy_transport/tenders/doc/2007/s1_000055_specifications_en.pdf)
- [www.ecohotwater.org](http://www.ecohotwater.org)