



INSTYTUT CHEMICZNEJ PRZERÓBKİ WĘGLA

ul. Zamkowa 1, 41-803 Zabrze
tel.: 32-271-00-41 | fax.: 32-271-08-09
e-mail: office@ichpw.pl | internet: www.ichpw.pl

SPRAWOZDANIE

z wykonania pracy pt.:

Wskaźniki emisji

zanieczyszczeń powietrza emitowanych

z indywidualnych źródeł ciepła.

RAPORT

Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla

Dyrektor
dr inż. **Aleksander Sobolewski**
D/DBR

Zabrze, 2017 r.

93/2017
nr ewidencyjny IChPW

Zleceniodawca: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Komórka organizacyjna: CBT

Kierownik komórki organizacyjnej: dr inż. Sławomir Stelmach

Tytuł pracy: *Wskaźniki emisji zanieczyszczeń powietrza emitowanych z indywidualnych źródeł ciepła – Raport*

Termin rozpoczęcia pracy: 01.01.2017r.

Termin zakończenia pracy: 20.02.2017r.

Autorzy pracy:

1. dr inż. Jacek Żeliński
(imię i nazwisko, podpis)
2. dr inż. Katarzyna Matuszek
(imię i nazwisko, podpis)
3. dr inż. Aleksander Sobolewski
(imię i nazwisko, podpis)
4. mgr inż. Piotr Hrycko
(imię i nazwisko, podpis)
5. mgr inż. Jolanta Telenga-Kopczyńska
(imię i nazwisko, podpis)

Praca wykonana w ramach projektu nr: 11.17.008

Nr umowy:-

Tytuł projektu: Monitorowanie uregulowań prawnych i wspólnotowych oraz działania wspierające samorządy oraz przemysł w zakresie ochrony środowiska

Termin rozpoczęcia projektu: 01.01.2017r.

Termin zakończenia projektu: 31.12.2017r.

Kierownik projektu: mgr inż. Jolanta Telenga-Kopczyńska
(imię i nazwisko, podpis)

Sprawdził:
dr inż. Sławomir Stelmach
(imię i nazwisko, podpis)

Rozdzielnik:

- DPF
- CBT a/a

Ilość stron: 28
Ilość tablic: 35
Ilość rysunków: 0
Ilość załączników: 0

Spis treści

1. PODSTAWA OPRACOWANIA	5
2. PRZEDMIOT I CEL PRACY	5
3. OBSZAR ZASTOSOWAŃ OPRACOWANIA	5
4. ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA	6
5. ŹRÓDŁA DANYCH ZAWARTYCH W OPRACOWANIU	7
6. SPOSÓB OPRACOWANIA WSKAŹNIKÓW EMISJI	8
7. SPOSÓB KORZYSTANIA Z DANYCH	8
8. TABLICE	10- 27

Spis tablic

Tabela 1. Zestawienie numerów tablic zawierających wskaźniki emisji dla kombinacji paliw i rodzajów źródeł emisji.....	10
Tabela 2. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla ogrzewacza pomieszczeń (kominek zamknięty, piec, piecokuchnia) opalanego węglem kamiennym typu kostka, orzech, g/GJ.....	11
Tabela 3. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla ogrzewacza pomieszczeń (kominek zamknięty, piec, piecokuchnia) opalanego drewnem kawałkowym, g/GJ	11
Tabela 4. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla pieca peletowego, g/GJ	12
Tabela 5. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla ogrzewacza pomieszczeń (kominek zamknięty, piec, piecokuchnia) opalanego paliwem niskoemisyjnym, g/GJ.....	12
Tabela 6. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla ogrzewacza pomieszczeń (piec akumulacyjny kaflowy) opalanego węglem typu kostka, orzech, g/GJ	13
Tabela 7. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla ogrzewacza pomieszczeń (piec akumulacyjny kaflowy) opalanego drewnem kawałkowym, g/GJ	13
Tabela 8. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla ogrzewacza pomieszczeń (piec akumulacyjny kaflowy) opalanego paliwem niskoemisyjnym, g/GJ.....	14
Tabela 9. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego węglem typu kostka, o ciągu naturalnym, g/GJ	14
Tabela 10. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego węglem typu orzech, przeciwprądowego, o ciągu naturalnym, g/GJ	15
Tabela 11. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego flotokoncentratem węglowym, przeciwprądowego, o ciągu naturalnym lub wymuszonym, g/GJ	15
Tabela 12. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego węglem brunatnym, przeciwprądowego, g/GJ	16
Tabela 13. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego drewnem kawałkowym, przeciwprądowego, o ciągu naturalnym, g/GJ	16
Tabela 14. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego paliwem niskoemisyjnym, przeciwprądowego, o ciągu naturalnym, g/GJ	17
Tabela 15. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego węglem typu kostka, orzech, przeciwprądowego, o ciągu wymuszonym, g/GJ	17

Tabela 16. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego miałem węglowym, współprądowego, o ciągu wymuszonym, g/GJ	18
Tabela 17. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego drewnem kawałkowym, współprądowego, o ciągu wymuszonym, g/GJ.....	18
Tabela 18. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego brykietami z trocin, przeciwprądowego, o ciągu wymuszonym, g/GJ	19
Tabela 19. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego paliwem niskoemisyjnym, przeciwprądowego, o ciągu wymuszonym, g/GJ.....	19
Tabela 20. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła 5 letniego lub starszego, automatycznie zasilanego węglem typu groszek, retortowego, g/GJ.....	20
Tabela 21. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła 5 letniego lub starszego, automatycznie zasilanego miałem węglowym, podsuwowego, g/GJ	20
Tabela 22. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła 5 letniego lub starszego, automatycznie zasilanego peletami drzewnymi, g/GJ	21
Tabela 23. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła gazowego, g/GJ	21
Tabela 24. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła olejowego, g/GJ.....	22
Tabela 25. Wskaźniki emisji dla kotła ręcznie zasilanego węglem, spełniającego wymogi kotłów 5 klasy, g/GJ (wartość opałow 26,5 MJ/kg, zawartość tlenu 10%).....	22
Tabela 26. Wskaźniki emisji dla kotła ręcznie zasilanego drewnem, spełniającego wymogi kotłów 5 klasy, g/GJ (wartość opałow 15,6 MJ/kg, zawartość tlenu 10%).....	23
Tabela 27. Wskaźniki emisji dla kotła automatycznie zasilanego węglem, spełniającego wymogi kotłów 5 klasy, g/GJ (wartość opałow 26,5 MJ/kg, zawartość tlenu 10%).....	23
Tabela 28. Wskaźniki emisji dla kotła automatycznie zasilanego peletami, spełniającego wymogi kotłów 5 klasy, g/GJ (wartość opałow 17,5 MJ/kg, zawartość tlenu 10%)	24
Tabela 29. Wskaźniki emisji dla zamkniętych ogrzewaczy pomieszczeń (kominek zamknięty, piec, piecokuchnia), opalanych węglem, spełniających wymogi dotyczące ekoprojektu, g/GJ (wartość opałow 26,5 MJ/kg, zawartość tlenu 13%).....	24
Tabela 30. Wskaźniki emisji dla zamkniętych ogrzewaczy pomieszczeń (kominek zamknięty, piec, piecokuchnia), opalanych drewnem, spełniających wymogi dotyczące ekoprojektu, g/GJ (wartość opałow 15,6 MJ/kg, zawartość tlenu 13%).....	25
Tabela 31. Sezonowe wskaźniki emisji dla pieca peletowego, spełniającego wymogi dotyczące ekoprojektu, g/GJ (wartość opałow 17,5 MJ/kg, zawartość tlenu 13%).....	25
Tabela 32. Sezonowe wskaźniki emisji dla kotłów ręcznie zasilanych węglem, spełniających wymogi dotyczące ekoprojektu, g/GJ (wartość opałow 26,5 MJ/kg, zawartość tlenu 10%)	26
Tabela 33. Sezonowe wskaźniki emisji dla kotłów ręcznie zasilanych drewnem, spełniających wymogi dotyczące ekoprojektu, g/GJ (wartość opałow 15,6 MJ/kg, zawartość tlenu 10%)	26
Tabela 34. Sezonowe wskaźniki emisji energetyczna dla kotłów automatycznie zasilanych węglem, spełniających wymogi dotyczące ekoprojektu, g/GJ (wartość opałow 26,5 MJ/kg, zawartość tlenu 10%).....	27
Tabela 35. Sezonowe wskaźniki emisji dla kotła automatycznie zasilanego peletami drzewnymi, spełniającego wymogi dotyczące ekoprojektu, g/GJ (wartość opałow 17,5 MJ/kg, zawartość tlenu 10%).....	27

1. PODSTAWA OPRACOWANIA

Podstawą realizacji Raportu pt.: *„Wskaźniki emisji zanieczyszczeń powietrza emitowanych z indywidualnych źródeł ciepła”* – jest projekt statutowy pt.: *„Monitorowanie uregulowań prawnych i wspólnotowych oraz działania wspierające samorządy oraz przemysł w zakresie ochrony środowiska”*.

2. PRZEDMIOT I CEL PRACY

Przedmiotem Raportu była analiza własnych danych pomiarowych dotyczących emisji zanieczyszczeń pochodzących z indywidualnych źródeł produkcji ciepła oraz związanych z tą problematyką danych literaturowych.

Celem analizy była ocena i usystematyzowanie posiadanych danych oraz opracowanie na ich podstawie wskaźników emisji podstawowych zanieczyszczeń powietrza, a także przedstawienie ich w formie ułatwiającej wykorzystanie w obliczeniach emisji.

3. OBSZAR ZASTOSOWAŃ OPRACOWANIA

Z punktu widzenia oddziaływania na środowisko, podstawowymi źródłami emisji zanieczyszczeń do atmosfery na terenach zurbanizowanych są indywidualne urządzenia grzewcze zasilane paliwami stałymi. Wprowadzają one pyły i gazy do powietrza na niewielkich wysokościach ponad ziemią, co w połączeniu z dużymi wartościami emisji stanowi o ich znacznej uciążliwości. Wyróżnia się dwie grupy źródeł tego typu - ogrzewacze pomieszczeń oddające bezpośrednio wytwarzane ciepło do ogrzewanych wnętrz (zamknięte kominki, piece, piecokuchnie i akumulacyjne piece kaflowe) oraz kotły małych mocy przekazujące produkowane ciepło do nieodległych systemów grzewczych w sposób pośredni, z wykorzystaniem czynnika roboczego - zazwyczaj wody. Jako przedstawicieli tej drugiej grupy można wskazać źródła należące do szeroko pojętego sektora komunalno-bytowego, takie jak kotły przydomowe, kotły produkujące ciepło dla potrzeb niewielkich zakładów, lokali usługowych, warsztatów itp. Urządzenia należące do dwóch wymienionych grup zostały uwzględnione w niniejszym opracowaniu. Założono się, że granicznymi mocami znamionowymi opisującymi wymienione dwie grupy źródeł są odpowiednio: 50 kW oraz 500 kW [1, 2, 6, 9, 10].

4. ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA

Niniejsze opracowanie zawiera bazę danych wskaźników emisji: pyłów, benzo(α)pirenu, dwutlenku azotu, dwutlenku siarki i innych zanieczyszczeń emitowanych z ogrzewaczy pomieszczeń (zamknięte kominki, piece, piecokuchnie, akumulacyjne piece kaflowe) oraz różnych rodzajów kotłów z naturalnym i wymuszonym przepływem gazów przez palenisko, pracujących w indywidualnych systemach ogrzewania. Uwzględnione zostały paliwa węglowe sortymentowe, węgiel brunatny, drewno, brykiety z trocin, pelety drzewne, gaz ziemny, olej opałowy oraz węglowe paliwo niskoemisyjne. Odpowiednie wskaźniki, zróżnicowane ze względu na rodzaj źródła ciepła oraz rodzaj zastosowanego paliwa, zostały zawarte w kolejnych tablicach. Wskaźniki te mają postać pojedynczych wartości, reprezentujących średnie wyliczone z uwzględnieniem częstości występowania poszczególnych poziomów emisji w badanej próbie. Taka forma prezentacji wskaźników, w przeciwieństwie do wartości reprezentujących ekstremalne granice przedziału uzyskanego z próby, umożliwia bezpośrednie wykorzystanie w obliczeniach emisji i cechuje się większą reprezentatywnością niż średnia obliczana z granic przedziału uzyskanych wartości.

Wszystkie przedstawione wskaźniki są określane w postaci masy substancji wprowadzanej do powietrza przypadającej na jednostkową ilość energii pierwotnej związanej z podawaniem do spalania paliwem i wyrażone w g/GJ. Oznacza to możliwość bezpośredniego wykorzystania wskaźników przy szacowaniu emisji na podstawie informacji o zużyciu paliwa. Przy obliczaniu emisji na podstawie energii końcowej, odpowiadającej zapotrzebowaniu na ciepło (energię użytkową), zastosowanie wskaźników pociąga za sobą konieczność uwzględnienia sprawności cieplnej źródeł, co umożliwia ilościową ocenę uwalnianej w poszczególnych źródłach energii pierwotnej [3, 11]. Odpowiednie sprawności cieplne powinny zostać pozyskane z materiałów pochodzących od producentów urządzeń grzewczych dla ich konkretnego typu. Jeżeli są one niedostępne, można skorzystać z wartości zamieszczonych w tabelach w pozycji „sprawność energetyczna”. Uwzględniają one sprawności przeciętne, uzyskiwane pomiarowo dla poszczególnych grup urządzeń.

Przedstawione w tablicach 20 i 21 dane dla kotłów automatycznych podsuwowych i retortowych odnoszą się do urządzeń o przeciętnym czasie użytkowania wynoszącym 5 lat, nominalnie należących do grupy kotłów 3 lub 4 klasy. Zaprezentowane w wymienionych tabelach wskaźniki emisji dla tego typu urządzeń, uzyskane pomiarowo, charakteryzują się - ze względu na zużycie techniczne, odmienny od zalecanego sposób użytkowania i stosowane powszechnie paliwa o obniżonej jakości - wartościami wyższymi niż przewidywane dla odpowiednich klas kotłów.

W opracowaniu zawarto także wskaźniki emisji odpowiadające normie PN-EN 303-5:2012 ustalającej emisje graniczne dla kotłów 5 klasy [6] oraz wymaganiom dyrektywy Parlamentu

Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu [9, 10]. Przedstawiono je w tablicach 25 do 35. Podobnie jak wszystkie inne wskaźniki prezentowane w niniejszym opracowaniu, zostały one wyrażone w g/GJ energii pierwotnej paliwa. Przy ich wyznaczaniu wykorzystano przeciętne dla warunków polskich wartości opałowe poszczególnych paliw [12]. Emisje BaP dla kotłów 5 klasy podano na podstawie prowadzonych przez IChPW stanowiskowych pomiarów emisji.

Korzystając z przedstawionych danych należy mieć na uwadze, iż w opisywanych przez nie źródłach nie stosuje się urządzeń wychwytyjących powstające zanieczyszczenia ze strumienia spalin. Dla oszacowania udziału frakcji PM₁₀ i PM_{2,5} w pyłe całkowitym, wykorzystano wyniki pomiarów stanowiskowych dla konkretnych urządzeń oraz dane literaturowe [1, 5, 14]. Przedstawione w tabelach wskaźniki NO_x dotyczą tlenków azotu przeliczonych na dwutlenek azotu, wskaźniki emisji SO₂ uwzględniają średnią zawartość palnych związków siarki w paliwie. Wskaźniki dotyczące węgla brunatnego zostały sporządzone dla węgla o pośredniej wartości opałowej (15 MJ/kg). Tym samym są one reprezentatywne zarówno dla węgla polskich o niskich wartościach opałowych (ok. 10 MJ/kg) jak też posiadających wyższą kaloryczność węgla czeskich (ok. 20 MJ/kg).

5. ŹRÓDŁA DANYCH ZAWARTYCH W OPRACOWANIU

Przedstawione wskaźniki emisji zanieczyszczeń zostały opracowane po przeprowadzeniu dogłębnej analizy dostępnych w literaturze danych pomiarowych, przy wykorzystaniu własnych wieloletnich pomiarów i prac badawczych. Podstawowym źródłem danych były badania o charakterze energetyczno – emisyjnym, wykonywane na indywidualnych źródłach ciepła przez IChPW [8]. Były one prowadzone na rzeczywistych źródłach ciepła położonych na terenie Polski południowej (województwo śląskie, małopolskie i dolnośląskie) - zarówno na obszarach silnie zurbanizowanych jak i pozamiejskich - pracujących w rzeczywistych warunkach roboczych, obsługiwanych przez swoich stałych użytkowników, spalających standardowo wykorzystywane paliwa. Oznacza to, iż uzyskane wyniki nie mają charakteru danych laboratoryjnych. Posiadają one, w przeciwieństwie do danych powszechnie dostępnych, walor daleko idącej reprezentatywności dla obszaru Polski. Dotyczy to zarówno stosowanych paliw jak i stanu technicznego oraz jakości obsługi badanych źródeł.

W celu ustalenia wskaźników emisji przy spalaniu paliwa bezdymnego, podlegające pomiarom emisji przy pracy na paliwach podstawowych źródła były alternatywnie zasilane paliwem bezdymnym, przy utrzymaniu innych parametrów pracy na dotychczasowym poziomie. W ten sposób uzyskano materiał porównawczy, w którym różnice w emisjach

między paliwem podstawowym a niskoemisyjnym wynikały wyłącznie z różnic we właściwościach stosowanego paliwa.

Innym źródłem danych o wskaźnikach emisji były opracowania [4, 14]. Zawarte w nich dane wykorzystano po ich weryfikacji i wprowadzeniu zmian dostosowujących wartości niektórych wskaźników do wyników badań własnych IChPW.

6. SPOSÓB OPRACOWANIA WSKAŹNIKÓW EMISJI

Na podstawie analizy wskaźników wstępnie oszacowanych dla poszczególnych źródeł podlegających wspomnianym badaniom, dokonano podziału źródeł na grupy, uwzględniając kombinację trzech parametrów: organizacja procesu spalania - stosowane paliwo - sposób wymuszenia przepływu powietrza przez palenisko. Dla każdej grupy obliczono stężenia średnie emitowanych zanieczyszczeń. Dla grup źródeł charakteryzujących się populacją danych pomiarowych o liczebności umożliwiającej zastosowanie metod statystycznych, przed obliczeniem średnich dokonywano odrzucenia ze zbioru danych wartości odstających (za wyjątkiem SO_2 , ze względu na dominujący wpływ wywierany na wahania stężeń przez zmienną zawartość siarki w paliwie). Posłużono się w tym celu testem Grubbsa, przy założeniu poziomu istotności $\alpha=0,05$. W przypadku zanieczyszczeń związanych z pyłem (16 WWA oraz BaP) odrzuceniu podlegały wyniki tych samych pomiarów, które odrzucono ze względu na odstające stężenia pyłu. Na podstawie stężeń średnich oraz wyznaczanych laboratoryjnie wartości opałowych spalanego paliwa, dla każdej grupy zostały obliczone wskaźniki emisji mierzonych zanieczyszczeń. Na tak uzyskanym materiale przeprowadzono kontrolną, krytyczną analizę porównawczą wyznaczonych wartości. Analiza polegała m.in. na porównywaniu wskaźników otrzymywanych dla różnych grup urządzeń pracujących na tym samym paliwie oraz porównywaniu wskaźników uzyskiwanych przy opalaniu różnymi paliwami źródeł należących do tej samej grupy. Końcowy etap analizy stanowiła konfrontacja uzyskanych wyników z danymi zawartymi w krajowych i zagranicznych źródłach literaturowych [1, 4, 5, 7, 13, 14]. W efekcie opisanych działań w kilku przypadkach wprowadzone zostały korekty wskaźników otrzymanych pierwotnie.

7. SPOSÓB KORZYSTANIA Z DANYCH

W celu usprawnienia wykorzystania danych zawartych w niniejszej pracy, opracowano stabilizowany przewodnik po danych o wskaźnikach emisji (tablica 1). Przedstawiono w nim kombinacje podstawowych parametrów wpływających na proces spalania w omawianych źródłach: rodzaj źródła spalania (uwzględniający sposób wymuszenia przepływu powietrza

przez palenisko) - stosowane paliwo. Każdej z kombinacji przyporządkowano numer tablicy (2÷35) zawierającej właściwe wartości wskaźnika oraz sprawność energetyczną pozyskiwania końcowej energii cieplnej. Numer ten można znaleźć w tablicy 1 na przecięciu kolumny odpowiadającej rodzajowi źródła oraz wiersza odzwierciedlającego stosowane paliwo. W przypadku, gdy poszukiwana kombinacja nie została uwzględniona w tablicy 1, należy dobrać źródło/paliwo najbardziej zbliżone do poszukiwanego. W przypadku spalania koksu, należy zastosować wskaźniki odpowiednie dla paliwa bezdymnego.

8. TABLICE

Tabela 1. Zestawienie numerów tablic zawierających wskaźniki emisji dla kombinacji paliw i rodzajów źródeł emisji

Paliwo		Stan obecny					Kotły 5 klasy		Urządzenia spełniające wymagania Ekoprojektu		
		Ogrzewacze pomieszczeń		Kotły ręczne		Kotły automatyczne			Ogrzewacze pomieszczeń	Kotły	
		piece, piecokuchnie, kominki zamknięte	piece kaflowe	ciąg naturalny	ciąg wymuszony		ręczne	automatyczne	piece, piece peletowe, piecokuchnie, kominki zamknięte	ręczne	Automatyczne
Węgiel kamienny	Kostka	2	6	9	15		25		29	32	
	Orzech			10							
	Groszek					20		27			34
	Miał				16	21					
Floto-koncentrat węglowy				11							
Węgiel brunatny				12							
Drewno		3	7	13	17		26		30	33	
Pelety/ brykiety z trocin		4			18	22		28	31		35
Gaz ziemny						23					
Olej opałowy						24					
Paliwo nisko-emisyjne		5	8	14	19						

Tabela 2. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla ogrzewacza pomieszczeń (kominek zamknięty, piec, piecokuchnia) opalanego węglem kamiennym typu kostka, orzech, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	749
PM10	667
PM2,5	517
CO	3182
OGC	-
TOC	905
NOx	192
SO ₂	338
BaP	0,371
16 WWA	2,390
Sprawność energetyczna, %	60

Tabela 3. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla ogrzewacza pomieszczeń (kominek zamknięty, piec, piecokuchnia) opalanego drewnem kawałkowym, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	840
PM10	798
PM2,5	756
CO	5250
OGC	630
TOC	-
NOx	60
SO ₂	0
BaP	0,13
16 WWA	-
Sprawność energetyczna, %	61

Tabela 4. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla pieca peletowego, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	150
PM10	126
PM2,5	87
CO	530
OGC	80
TOC	-
NOx	95
SO ₂	0
BaP	0,055
16 WWA	-
Sprawność energetyczna, %	65

Tabela 5. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla ogrzewacza pomieszczeń (kominek zamknięty, piec, piekuchnia) opalanego paliwem niskoemisyjnym, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	110
PM10	98
PM2,5	76
CO	4936
OGC	-
TOC	161
NOx	168
SO ₂	101
BaP	0,034
16 WWA	0,790
Sprawność energetyczna, %	68

Tabela 6. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla ogrzewacza pomieszczeń (piec akumulacyjny kaflowy) opalanego węglem typu kostka, orzech, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	430
PM10	383
PM2,5	297
CO	2797
OGC	-
TOC	433
NOx	254
SO ₂	365
BaP	0,301
16 WWA	4,230
Sprawność energetyczna, %	60

Tabela 7. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla ogrzewacza pomieszczeń (piec akumulacyjny kaflowy) opalanego drewnem kawałkowym, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	260
PM10	247
PM2,5	234
CO	4200
OGC	470
TOC	-
NOx	80
SO ₂	0
BaP	0,105
16 WWA	-
Sprawność energetyczna, %	63

Tabela 8. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla ogrzewacza pomieszczeń (piec akumulacyjny kaflowy) opalanego paliwem niskoemisyjnym, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	117
PM10	104
PM2,5	81
CO	2644
OGC	-
TOC	219
NOx	85
SO ₂	77
BaP	0,012
16 WWA	0,550
Sprawność energetyczna, %	65

Tabela 9. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego węglem typu kostka, o ciągu naturalnym, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	480
PM10	427
PM2,5	331
CO	5040
OGC	190
TOC	-
NOx	170
SO ₂	560
BaP	0,280
16 WWA	-
Sprawność energetyczna, %	62

Tabela 10. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego węglem typu orzech, przeciwprądowego, o ciągu naturalnym, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	416
PM10	370
PM2,5	287
CO	4550
OGC	-
TOC	400
NOx	167
SO ₂	585
BaP	0,341
16 WWA	4,040
Sprawność energetyczna, %	65

Tabela 11. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego flotokonzentratem węglowym, przeciwprądowego, o ciągu naturalnym lub wymuszonym, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ	
	Ciąg naturalny	Ciąg wymuszony
Pył całkowity	540	760
PM10	390	676
PM2,5	304	524
CO	5365	7122
OGC	-	-
TOC	521	912
NOx	91	100
SO ₂	331	404
BaP	0,384	0,484
16 WWA	4,38	6,38
Sprawność energetyczna, %	51	56

Tabela 12. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego węglem brunatnym, przeciwpodowiewowego, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	614
PM10	545
PM2,5	423
CO	6095
OGC	-
NM VOC	360
NOx	196
SO ₂	660
BaP	0,55
16 WWA	-
Sprawność energetyczna, %	53

Tabela 13. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego drewnem kawałkowym, przeciwpodowiewowego, o ciągu naturalnym, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	428
PM10	407
PM2,5	385
CO	4166
OGC	-
TOC	154
NOx	60
SO ₂	0
BaP	0,127
16 WWA	0,75
Sprawność energetyczna, %	70

Tabela 14. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego paliwem niskoemisyjnym, przeciwprądowego, o ciągu naturalnym, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	59
PM10	52
PM2,5	41
CO	4160
OGC	-
TOC	72
NOx	100
SO ₂	122
BaP	0,024
16 WWA	0,530
Sprawność energetyczna, %	65

Tabela 15. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego węglem typu kostka, orzech, przeciwprądowego, o ciągu wymuszonym, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	595
PM10	530
PM2,5	411
CO	5040
OGC	-
TOC	309
NOx	143
SO ₂	343
BaP	0,627
16 WWA	8,760
Sprawność energetyczna, %	62

Tabela 16. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego miałem węglowym, współprądowego, o ciągu wymuszonym, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	281
PM10	250
PM2,5	194
CO	5059
OGC	-
TOC	303
NOx	118
SO ₂	523
BaP	0,036
16 WWA	0,48
Sprawność energetyczna, %	80

Tabela 17. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego drewnem kawałkowym, współprądowego, o ciągu wymuszonym, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	254
PM10	241
PM2,5	229
CO	5621
OGC	-
TOC	227
NOx	86
SO ₂	0
BaP	0,19
16 WWA	1,19
Sprawność energetyczna, %	77

Tabela 18. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego brykietami z trocin, przeciwprądowego, o ciągu wymuszonym, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	78
PM10	74
PM2,5	70
CO	1667
OGC	-
TOC	98
NOx	131
SO ₂	6
BaP	0,026
16 WWA	0,560
Sprawność energetyczna, %	65

Tabela 19. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła ręcznie zasilanego paliwem niskoemisyjnym, przeciwprądowego, o ciągu wymuszonym, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	53
PM10	47
PM2,5	37
CO	4840
OGC	-
TOC	76
NOx	95
SO ₂	141
BaP	0,024
16 WWA	0,53
Sprawność energetyczna, %	68

Tabela 20. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła 5 letniego lub starszego, automatycznie zasilanego węglem typu groszek, retortowego, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	87
PM10	77
PM2,5	60
CO	502
OGC	-
TOC	123
NOx	274
SO ₂	439
BaP	0,004
16 WWA	0,160
Sprawność energetyczna, %	73

Tabela 21. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła 5 letniego lub starszego, automatycznie zasilanego miałem węglowym, podsuwowego, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	102
PM10	91
PM2,5	70
CO	545
OGC	-
TOC	138
NOx	167
SO ₂	343
BaP	0,004
16 WWA	0,180
Sprawność energetyczna, %	75

Tabela 22. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła 5 letniego lub starszego, automatycznie zasilanego peletami drzewnymi, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	48
PM10	42
PM2,5	28
CO	537
OGC	22
TOC	-
NOx	113
SO ₂	7
BaP	0,0253
16 WWA	-
Sprawność energetyczna, %	80

Tabela 23. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła gazowego, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	0,3
PM10	0,3
PM2,5	0,3
CO	42
OGC	2,5
TOC	-
NOx	60
SO ₂	0,4
BaP, µg/GJ	0,8
16 WWA	-
Sprawność energetyczna, %	96

Tabela 24. Wskaźniki emisji i sprawność energetyczna dla kotła olejowego, g/GJ

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	2,0
PM10	2,0
PM2,5	2,0
CO	51
OGC	0,51
TOC	-
NOx	97
SO ₂	111
BaP, mg/GJ	0,12
16 WWA	-
Sprawność energetyczna, %	86

Tabela 25. Wskaźniki emisji dla kotła ręcznie zasilanego węglem, spełniającego wymogi kotłów 5 klasy, g/GJ (wartość opałowa 26,5 MJ/kg, zawartość tlenu 10%)

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	30
PM10	27
PM2,5	21
CO	350
OGC	15
TOC	-
NOx	-
SO ₂	-
BaP	0,040
16 WWA	-

Tabela 26. Wskaźniki emisji dla kotła ręcznie zasilanego drewnem, spełniającego wymogi kotłów 5 klasy, g/GJ (wartość opałowa 15,6 MJ/kg, zawartość tlenu 10%)

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	28
PM10	26
PM2,5	25
CO	323
OGC	14
TOC	-
NOx	-
SO ₂	-
BaP	0,035
16 WWA	-

Tabela 27. Wskaźniki emisji dla kotła automatycznie zasilanego węglem, spełniającego wymogi kotłów 5 klasy, g/GJ (wartość opałowa 26,5 MJ/kg, zawartość tlenu 10%)

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	20
PM10	18
PM2,5	14
CO	250
OGC	10
TOC	-
NOx	-
SO ₂	-
BaP	0,027
16 WWA	-

Tabela 28. Wskaźniki emisji dla kotła automatycznie zasilanego peletami, spełniającego wymogi kotłów 5 klasy, g/GJ (wartość opałowa 17,5 MJ/kg, zawartość tlenu 10%)

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	19
PM10	16
PM2,5	11
CO	232
OGC	9
TOC	-
NOx	-
SO ₂	-
BaP	0,02
16 WWA	-

Tabela 29. Wskaźniki emisji dla zamkniętych ogrzewaczy pomieszczeń (kominek zamknięty, piec, piecokuchnia), opalanych węglem, spełniających wymogi dotyczące ekoprojektu, g/GJ (wartość opałowa 26,5 MJ/kg, zawartość tlenu 13%)

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	27
PM10	24
PM2,5	19
CO	1008
OGC	81
TOC	-
NOx	202
SO ₂	-
BaP	-
16 WWA	-

Tabela 30. Wskaźniki emisji dla zamkniętych ogrzewaczy pomieszczeń (kominek zamknięty, piec, piecokuchnia), opalanych drewnem, spełniających wymogi dotyczące ekoprojektu, g/GJ (wartość opałowa 15,6 MJ/kg, zawartość tlenu 13%)

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	24
PM10	23
PM2,5	22
CO	916
OGC	73
TOC	-
NOx	122
SO ₂	-
BaP	-
16 WWA	-

Tabela 31. Sezonowe wskaźniki emisji dla pieca peletowego, spełniającego wymogi dotyczące ekoprojektu, g/GJ (wartość opałowa 17,5 MJ/kg, zawartość tlenu 13%)

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	12
PM10	10
PM2,5	7
CO	185
OGC	37
TOC	-
NOx	124
SO ₂	-
BaP	-
16 WWA	-

Tabela 32. Sezonowe wskaźniki emisji dla kotłów ręcznie zasilanych węglem, spełniających wymogi dotyczące ekoprojektu, g/GJ (wartość opałowa 26,5 MJ/kg, zawartość tlenu 10%)

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	30
PM10	27
PM2,5	21
CO	350
OGC	15
TOC	-
NOx	175
SO ₂	-
BaP	-
16 WWA	-

Tabela 33. Sezonowe wskaźniki emisji dla kotłów ręcznie zasilanych drewnem, spełniających wymogi dotyczące ekoprojektu, g/GJ (wartość opałowa 15,6 MJ/kg, zawartość tlenu 10%)

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	28
PM10	26
PM2,5	25
CO	323
OGC	14
TOC	-
NOx	92
SO ₂	-
BaP	-
16 WWA	-

Tabela 34. Sezonowe wskaźniki emisji energetyczna dla kotłów automatycznie zasilanych węglem, spełniających wymogi dotyczące ekoprojektu, g/GJ (wartość opałowa 26,5 MJ/kg, zawartość tlenu 10%)

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	20
PM10	18
PM2,5	14
CO	250
OGC	10
TOC	-
NOx	175
SO ₂	-
BaP	-
16 WWA	-

Tabela 35. Sezonowe wskaźniki emisji dla kotła automatycznie zasilanego peletami drzewnymi, spełniającego wymogi dotyczące ekoprojektu, g/GJ (wartość opałowa 17,5 MJ/kg, zawartość tlenu 10%)

Zanieczyszczenie	Wskaźniki emisji, g/GJ
Pył całkowity	19
PM10	16
PM2,5	11
CO	232
OGC	9
TOC	-
NOx	93
SO ₂	-
BaP	-
16 WWA	-

Literatura

1. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 – NFR sectors 1.A.4.a.i, 1.A.4.b.i, 1.A.4.c.i, 1.A.5.a (small boilers),
2. PN-EN 12809: 2002: Kotły grzewcze na paliwa stałe – Nominalna moc cieplna do 50 kW – Wymagania i badania,
3. Hławiczka S., Kliś Cz., Cernowski M., Strzelecka-Jastrząb E., Długosz J., Bronder J.: Nowe podejście do oceny niskiej emisji z ogrzewania mieszkań w kształtowaniu stężeń pyłu na obszarze gminy, cz. I : Inwentaryzacja źródeł emisji i modelowanie emisji, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 47, 2011,
4. Kubica K., Kubica R.: Opracowanie bazy danych wskaźników emisji dla kalkulatora emisji zanieczyszczeń z urządzeń grzewczych na paliwa stałe, Instytut Ekonomii Środowiska, Zabrze, 2015,
5. Modlik M., Vlcek O.: Methodology for estimating residential emissions in the Czech Republic, Český Hydrometeorologický Ustav, 2016 (materiały ze spotkania: LIFE – Małopolska in a healthy atmosphere, Action C.6, task 1, Kraków, 2016),
6. PN-EN 303-5:2012: Kotły grzewcze. Część 5: Kotły grzewcze na paliwa stałe z ręcznym i automatycznym zasypem paliwa o mocy nominalnej do 500 kW. Terminologia, wymagania, badania i oznakowanie,
7. Poland's informative inventory report 2016, Submission under the UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, IOŚ-PIB KOBIZE, Warszawa, 2016,
8. Raport z szacowania na podstawie pomiarów wskaźników emisji podstawowych zanieczyszczeń powietrza emitowanych z indywidualnych źródeł ciepła – IChPW, Zabrze, 2016,
9. Rozporządzenie Komisji (UE) 2015/1185 z dnia 24.04.2015 r. ws. wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń na paliwo stałe,
10. Rozporządzenie Komisji (UE) 2015/1189 z dnia 28.04.2015 r. ws. wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla kotłów na paliwo stałe,
11. Rozporządzenie ministra infrastruktury i rozwoju z dnia 27.02.2015 r. ws. metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej, Dz. U. z 18.03.2015 poz.376,
12. Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2012 do raportowania w ramach Wspólnotowego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2015, IOŚ-PIB KOBIZE, Warszawa, 2014,
13. Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw – kotły o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW, IOŚ-PIB KOBIZE, Warszawa, 2015,
14. Zemko M.: Emission inventory in residential sector, Slovensky Hydrometeorologický Ustav, 2016 (materiały ze spotkania: LIFE – Małopolska in a healthy atmosphere, Action C.6, task 1, Kraków, 2016).