



Emisja pyłów ze spalania węgla kamiennego z ciepłowni o mocy nominalnej mniejszej niż 50 MW w świetle obowiązujących standardów emisyjnych

Katarzyna Stala-Szlugaj
*Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi
i Energią PAN, Kraków*

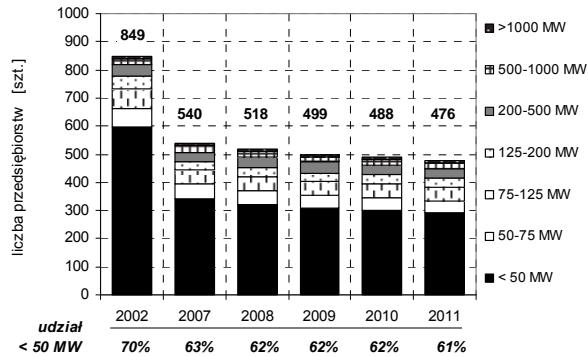
1. Wstęp

Sektor ciepłowniczy w Polsce cechuje się dużym rozdrobnieniem, przez co rynek ciepłowniczy ma charakter lokalny. Połowę zapotrzebowania na energię cieplną wytwarzają koncesjonowane przedsiębiorstwa ciepłownicze, nad którymi nadzór pełni Urząd Regulacji Energetyki – URE. Natomiast koncesję na działalność w zakresie: wytwarzania, przesyłania i dystrybucji oraz obrotu ciepłem wydaje Prezes URE [10, 11].

W roku 2011 łączna moc zainstalowana w przedsiębiorstwach ciepłowniczych w Polsce wyniosła 58 301 MW [11]. W porównaniu z rokiem 2002 – w którym URE rozpoczął prowadzenie sprawozdawczości w sektorze ciepłowniczym – zmniejszyła się o 12 652 MW (spadek o 18%). Łączna liczba koncesjonowanych przedsiębiorstw kształtowała się na poziomie 476 zakładów i względem roku 2002 zmniejszyła się o 44% (tj. o 373 szt.).

Wśród koncesjonowanych wytwórców ciepła najliczniej reprezentowaną grupą są małe ciepłownie o mocy do 50 MW. W latach 2002–2011 ich przeciętny udział w ogólnej liczbie koncesjonowanych przedsiębiorstw kształtował się na poziomie 63%. W bazowym roku 2002 łączna liczba przedsiębiorstw zaklasyfikowanych do tego przedziału wynosiła 595 zakładów, a w 2011 r. – zmniejszyła się o połowę i spadła do

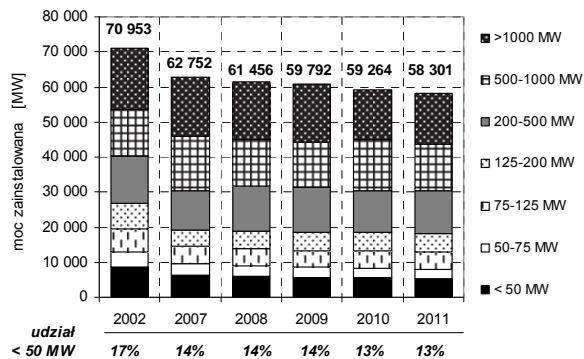
272 szt. (rys. 1). Przekłada się to również na zmniejszenie łącznej mocy zainstalowanej w tej grupie ciepłowni. Jeszcze w 2002 r. łącznie zainstalowanych było 8 680 MW, a w 2011 – ich moc zmniejszyła się o 37% (spadek o 3 237 MW). Pod względem zainstalowanej mocy przeciętny udział tej grupy ciepłowni w latach 2002–2011 wynosił 14% (rys. 2).



Rys. 1. Liczba przedsiębiorstw ciepłowniczych z wyszczególnieniem grupy ciepłowni o mocy < 50 MW, lata 2002–2011

Fig. 1. Number of heating plants with specification groups of heat generation capacity lower than 50 MW, years 2002–2011

Źródło: opracowanie własne na podst. [8–11]



Rys. 2. Moc zainstalowana w przedsiębiorstwach ciepłowniczych z wyszczególnieniem ciepłowni o mocy < 50 MW, lata 2002–2011

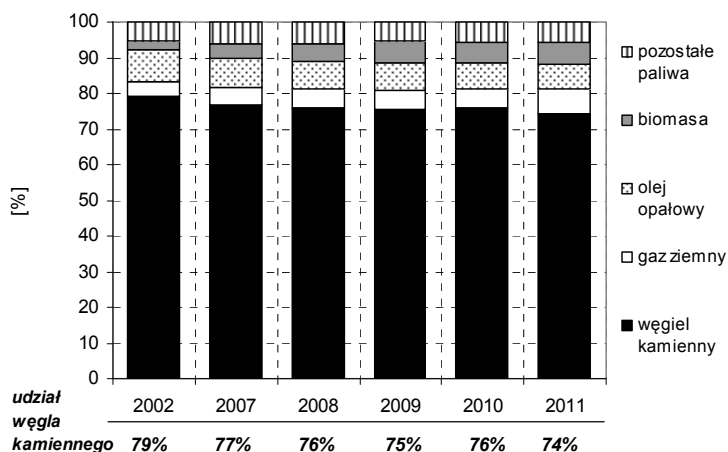
Fig. 2. The installed heating power in heating plants with specification groups of heat generation capacity lower than 50 MW, years 2002–2011

Źródło: opracowanie własne na podst. [8–11]

Dominującą pozycję wśród paliw stosowanych do produkcji ciepła oraz ciepłej wody użytkowej w Polsce zajmuje węgiel kamienny [3, 8–11]. Celem niniejszego artykułu jest oszacowanie, dla jakich zakresów parametrów węgla kamiennego wskaźnik emisji pyłu spełniłby standardy emisji wyznaczone na lata 2013–2016 [14] dla grupy ciepłowni o mocy nominalnej mniejszej niż 50 MW.

2. Pozycja węgla kamiennego w produkcji ciepła w Polsce

Produkcja ciepła oraz ciepłej wody użytkowej w przedsiębiorstwach ciepłowniczych w Polsce powstaje w oparciu o paliwa: stałe, ciekłe, gazowe, odpadowe oraz inne odnawialne źródła energii. Szczegółową strukturę produkcji ciepła w latach 2007–2011 według stosowanych paliw ilustruje rysunek 3. Od lat dominującą pozycję w produkcji ciepła (przeciętnie 76%) zajmuje węgiel kamienny. Na uwagę zasługują również dwa inne paliwa: gaz ziemny i biomasa. W bazowym roku 2002 udział tych dwóch paliw w produkcji ciepła kształtował się na poziomie (odpowiednio) 4% i 3%, a w 2011 – wzrósł do 7% i 6%.

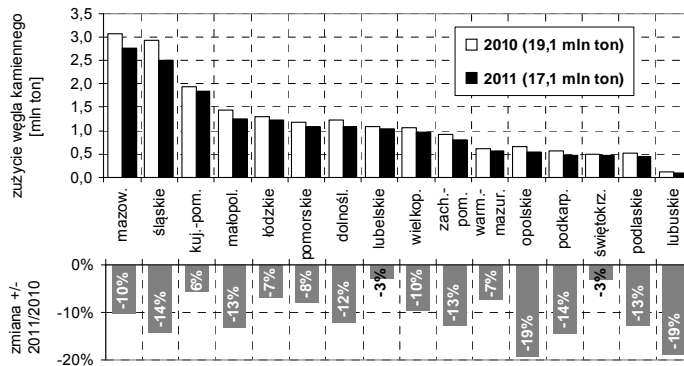


Rys. 3. Struktura produkcji ciepła w Polsce według stosowanych paliw, lata 2002–2011

Fig. 3. Structure of heat generation by the fuels in Poland, years 2002–2011

Źródło: opracowanie własne na podst. [8–11]

Według statystyk publikowanych przez Agencję Rynku Energii [15] w roku 2011 do produkcji ciepła w Polsce zużyto 17,1 mln ton węgla kamiennego (o 2,0 mln ton mniej niż w 2010 r. – spadek o 10%). W układzie wojewódzkim największe zużycie tego surowca wystąpiło w woj. mazowieckim i śląskim (po 3 mln ton) oraz kujawsko-pomorskim (2 mln ton). Natomiast największe zmniejszenie zużycia węgla względem roku 2010 wystąpiło w woj. opolskim i lubuskim (po 19%). Szczegółową dynamikę zużycia węgla kamiennego w poszczególnych województwach kraju w latach 2010–2011 zilustrowano na rysunku 4. Dane o jego zużyciu zostały uszeregowane malejąco względem wielkości zużycia z roku 2011.

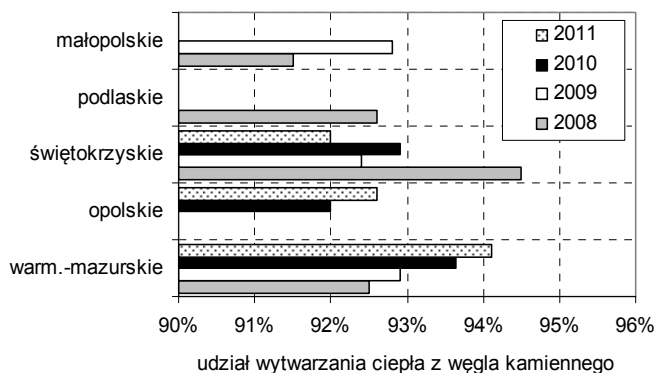


Rys. 4. Zużycie węgla kamiennego do produkcji ciepła w układzie wojewódzkim, lata 2010–2011

Fig. 4. Hard coal consumptions in heat generation by voivodeships, years 2010–2011

Źródło: opracowanie własne na podst. [15]

Biorąc pod uwagę udział wszystkich paliw w strukturze produkcji ciepła w poszczególnych województwach, to znaczący – ponad 90% – udział węgla kamiennego we wspomnianych latach 2010–2011 wystąpił w województwach: warmińsko-mazurskim, opolskim i świętokrzyskim (rys. 5). W roku 2008 dominujący udział węgla kamiennego odnotowano w województwach: świętokrzyskim, warmińsko-mazurskim, podlaskim i małopolskim.



Rys. 5. Województwa z ponad 90% udziałem węgla kamiennego w produkcji ciepła, lata 2008–2011

Fig. 5. Voivodeships with over 90% share in heat generation from hard coal, years 2008–2011

Źródło: opracowanie własne na podst. [8–11]

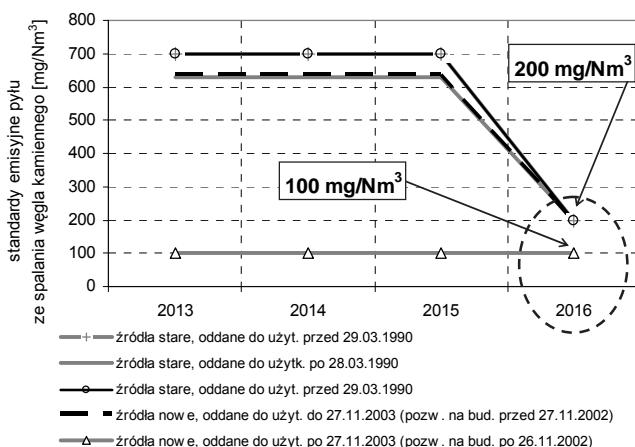
3. Standardy emisyjne pyłu ze spalania węgla kamiennego dla źródeł o nominalnej mocy cieplnej mniejszej niż 50 MW

Standardy emisyjne z instalacji dotyczące wprowadzania do powietrza gazów lub pyłów powstałych w wyniku spalania różnego rodzaju nośników energii – w tym węgla kamiennego – zamieszczone są w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 22 kwietnia 2011 r. [14]. We wspomnianym Rozporządzeniu określone są granice przedziałów mocy stacjonarnych urządzeń technicznych (zwanymi źródłami), dla których podano wielkość dopuszczalnej emisji pyłu wyrażoną w mg/Nm^3 , przy zawartości 6% tlenu w gazach odlotowych. Wielkość dopuszczalnej emisji pyłu uzależniona jest również od daty złożenia wniosku na budowę źródła lub daty oddania źródła do użytkowania.

Zgodnie z Rozporządzeniem [14] do źródeł „starych” zaklasyfikowano stacjonarne urządzenia techniczne, które oddano do użytkowania przed 29.03.1990 r. lub po 28.03.1990 r., lub działające do 31.12.2015 r. Natomiast do źródeł „nowych” zaszeregowano urządzenia oddane do użytkowania przed lub po 27.11.2003 r.

Chcąc przyjrzeć się dopuszczalnym normom emisji pyłu ze spalania węgla ze źródeł zarówno „starych”, jak i „nowych”, których nominalna moc cieplna nie przekracza 50 MW, należało wziąć pod uwagę dwa przedziały: pierwszy – poniżej 5 MW oraz drugi – w granicach ≥ 5 i < 50 MW. Dopuszczalne standardy emisji określone na lata 2013–2016 dla wspomnianych dwóch przedziałów przedstawiono odpowiednio na rysunkach 6 i 7.

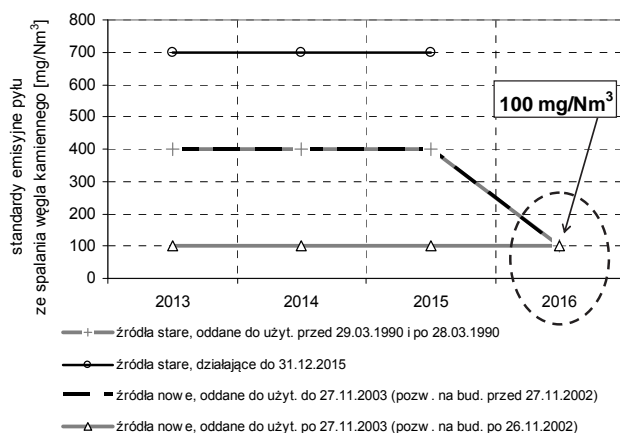
Kluczowym staje się rok 2016, w którym dla stacjonarnych urządzeń technicznych o nominalnej mocy cieplnej poniżej 5 MW dopuszczalne normy emisji pyłu ze spalania węgla kamiennego dla źródeł „nowych” oddanych do użytkowania po 27.11.2003 r. – wyniosą 100 mg/Nm^3 . W przypadku pozostałych wyróżnionych grup urządzeń stacjonarnych wyniesie ona 200 mg/Nm^3 . Natomiast emisja pyłów ze stacjonarnych urządzeń technicznych o nominalnej mocy cieplnej zawartej w granicach ≥ 5 i < 50 MW nie może przekroczyć 100 mg/Nm^3 bez względu na rodzaj źródła.



Rys. 6. Standardy emisyjne pyłu pochodzącego ze spalania węgla kamiennego dla źródeł o nominalnej mocy cieplnej < 5 MW, lata 2013–2016

Fig. 6. Dust emission standards from hard coal combustion for sources with thermal power lower than 5 MW, years 2013–2016

Źródło: opracowanie własne na podst. [14, 12]



Rys. 7. Standardy emisyjne pyłu pochodzącego ze spalania węgla kamiennego dla źródeł o nominalnej mocy cieplnej ≥ 5 i < 50 MW, lata 2013–2016

Fig. 7. Dust emission standards from hard coal combustion for sources with thermal power higher and equal than 5 MW and lower than 50 MW, years 2013–2016

Źródło: opracowanie własne na podst. [14, 12]

4. Oszacowanie wartości wskaźnika emisji pyłu dla wybranych zakresów wartości opałowych oraz zawartości popiołu w węglu kamiennym

Wielkość emisji pyłu może być oceniana różnymi metodami. Jedną z nich są modele matematyczne rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza [6] lub też – wzory empiryczne (np. [2, 1, 7]). Natomiast do analizy przestrzennej stężeń zanieczyszczeń powietrza pyłami PM2.5 i PM10 można zastosować techniki geoinformacyjne GIS [np. 5].

W niniejszym artykule wielkość wskaźnika emisji pyłu ($WE_{pył}$) obliczono za pomocą wzoru empirycznego (1) za [2, 1]:

$$WE_{pył} = \frac{A}{Q} \cdot u_p \cdot \left(1 - \frac{\eta_0}{100}\right) \cdot 10^7 \text{ [g/GJ]} \quad (1)$$

gdzie:

A – zawartość popiołu w paliwie [%],

Q – wartość opałowa węgla [kJ/kg],

u_p – unos pyłu [%],

η_0 – skuteczność urządzeń odpylających [%].

Na podstawie analizy list przedsiębiorstw ciepłowniczych zamieszczonych w literaturze [12, 13] stwierdzono, że dominującym typem kotłów zainstalowanych w ciepłowniach o mocy mniejszej niż 50 MW są kotły rusztowe. Skuteczność urządzeń odpylających przyjęto za [2] na poziomie 70%. Natomiast ze względu na rodzaj rusztu – dla kotłów z rusztem stałym za [2] unos pyłu przyjęto na poziomie 15%, a z rusztem mechanicznym – 30%.

Bezpośredni wpływ na wielkość emisji pyłu powstającego podczas spalania węgla kamiennego mają dwa parametry węgla: jego wartość opałowa (Q) oraz zawartość popiołu (A). Aby oszacować, dla jakich parametrów Q i A poziom emisji pyłu spełniane są normy wytyczone na lata 2013–2016 [14], wzięto pod uwagę szeroki zakres parametrów węgla kamiennego: dla wartości opałowej (Q) od 18 000 do 28 000 kJ/kg, a zawartości popiołu (A) – od 2 do 20 %. Uzyskane wartości oszacowanego wskaźnika emisji pyłu – wyrażone w [g/GJ] przeliczono na mg/Nm³ przelicznikiem: 100 mg/Nm³ ≈ 37 g/GJ. Wyniki obliczeń dla kotłów z rusztem stałym zaprezentowano w tabeli 1, a z rusztem mechanicznym – w tabeli 2.

Przedstawione tabele umożliwiają szybką ocenę spodziewanej wielkości emisji powstałej ze spalania węgla o określonych parametrach jakościowych Q i A.

Dodatkowo w tabeli 1 i 2 (poprzez różne rodzaje szarości pól) zamieszczono zakresy standardów emisji pyłu, dla których – przy zastosowaniu odpowiednich par: Q i A – zostaną dotrzymane lub przekroczone normy podane w Rozporządzeniu [14] określone dla źródeł („starych” i „nowych”) o mocy cieplnej mniejszej niż 50 MW.


Przeciętnie parametry węgla spalanego w sektorze ciepłowniczym oscylują wokół 20 000–23 000 kJ/kg i zawartości popiołu rzędu 15–20% A [13, 15]. Przytoczone tabele (tab. 1 i 2) pozwalają stwierdzić, że ze spalania węgla o wspomnianych parametrach Q i A nie jest możliwe spełnienie standardów emisji pyłu określonych na lata 2013–2016 w Rozporządzeniu [14] bez zastosowania wysokosprawnych instalacji odpylających.

Od roku 2016 zostaną zaostrzone normy emisyjne. Wówczas ciepłownie dysponujące źródłami, które nie posiadają odpowiednich instalacji oczyszczania spalin, będą musiały zostać wyłączone.

Tabela. 1. Szacunkowe wartości wskaźnika emisji pyłu dla wybranych zakresów Q i A w węglu kamiennym, mg/Nm³
Table 1. Estimated value of dust emissions index for selected range of hard coal calorific value and ash content, mg/Nm³
unos pyłu – ruszta stały 15% *skuteczność odpylania 70%* Źródło: obliczenia własne

A [%]	wartość opalowa Q [kJ/kg]										
	18 000	19 000	20 000	21 000	22 000	23 000	24 000	25 000	26 000	27 000	28 000
5	447	423	402	383	365	350	335	322	309	298	287
6	536	508	482	459	439	420	402	386	371	357	345
7	625	592	563	536	512	489	469	450	433	417	402
8	715	677	643	613	585	559	536	515	495	476	459
9	804	762	724	689	658	629	603	579	557	536	517
10	893	846	804	766	731	699	670	643	619	596	574
11	983	931	884	842	804	769	737	708	680	655	632
12	1 072	1 016	965	919	877	839	804	772	742	715	689
13	1 161	1 100	1 045	995	950	909	871	836	804	774	747
14	1 251	1 185	1 126	1 072	1 023	979	938	901	866	834	804
15	1 340	1 270	1 206	1 149	1 096	1 049	1 005	965	928	893	861
16	1 429	1 354	1 286	1 225	1 170	1 119	1 072	1 029	990	953	919
17	1 519	1 439	1 367	1 302	1 243	1 189	1 139	1 094	1 051	1 013	976
18	1 608	1 523	1 447	1 378	1 316	1 259	1 206	1 158	1 113	1 072	1 034
19	1 697	1 608	1 528	1 455	1 389	1 328	1 273	1 222	1 175	1 132	1 091
20	1 787	1 693	1 608	1 532	1 462	1 398	1 340	1 286	1 237	1 191	1 149
21	1 876	1 777	1 689	1 608	1 535	1 468	1 407	1 351	1 299	1 251	1 206
22	1 965	1 862	1 769	1 685	1 608	1 538	1 474	1 415	1 361	1 310	1 264
23	2 055	1 947	1 849	1 761	1 681	1 608	1 541	1 479	1 423	1 370	1 321

 dotrzymanie normy emisji pyłu < 400 mg/Nm³

 dotrzymanie normy emisji pyłu < 635 mg/Nm³


 przekroczenie normy emisji pyłu < 700 mg/Nm³

Tabela. 2. Szacunkowe wartości wskaźnika emisji pyłu dla wybranych zakresów Q i A w węglu kamiennym, mg/Nm³
Table 2. Estimated value of dust emissions index for selected range of hard coal calorific value and ash content, mg/Nm³
unos pyłu – ruszt mechaniczny 30% *skuteczność odpylania 70%* Źródło: obliczenia własne




A [%]	wartość opalowa Q [kJ/kg]												
	18 000	19 000	20 000	21 000	22 000	23 000	24 000	25 000	26 000	27 000	28 000		
5	368	349	331	315	301	288	276	265	255	245	236	 dotrzymanie normy emisji pyłu < 400 mg/Nm ³	
6	441	418	397	378	361	345	331	318	306	294	284		
7	515	488	464	441	421	403	386	371	357	343	331		
8	589	558	530	505	482	461	441	424	407	392	378		
9	662	627	596	568	542	518	497	477	458	441	426		
10	736	697	662	631	602	576	552	530	509	490	473		
11	809	767	728	694	662	633	607	583	560	540	520		
12	883	836	795	757	722	691	662	636	611	589	568		 dotrzymanie normy emisji pyłu < 635 mg/Nm ³
13	956	906	861	820	783	749	717	689	662	638	615		
14	1 030	976	927	883	843	806	773	742	713	687	662		
15	1 104	1 046	993	946	903	864	828	795	764	736	709		
16	1 177	1 115	1 059	1 009	963	921	883	848	815	785	757		
17	1 251	1 185	1 126	1 072	1 023	979	938	901	866	834	804		
18	1 324	1 255	1 192	1 135	1 084	1 036	993	954	917	883	851		
19	1 398	1 324	1 258	1 198	1 144	1 094	1 048	1 006	968	932	899	 przekroczenie normy emisji pyłu < 700 mg/Nm ³	
20	1 471	1 394	1 324	1 261	1 204	1 152	1 104	1 059	1 019	981	946		
21	1 545	1 464	1 391	1 324	1 264	1 209	1 159	1 112	1 070	1 030	993		
22	1 619	1 533	1 457	1 387	1 324	1 267	1 214	1 165	1 121	1 079	1 041		
23	1 692	1 603	1 523	1 450	1 385	1 324	1 269	1 218	1 172	1 128	1 088		

Tabela. 3. Kotły z rusztem stałym – wymagana skuteczność urządzeń odpylających dla WEpył < 100 mg/Nm³, %

Table 3. Stoker fired boilers – required effectiveness of dust removal plants for WEpył < 100 mg/Nm³, %

unos pyłu – ruszt stały 15%

Źródło: obliczenia własne

A [%]	wartość opalowa Q [kJ/kg]										
	18 000	19 000	20 000	21 000	22 000	23 000	24 000	25 000	26 000	27 000	28 000
5	84,3	83,5	82,6	81,7	80,8	80,0	79,1	78,2	77,4	76,5	75,6
6	86,9	86,2	85,5	84,8	84,0	83,3	82,6	81,9	81,1	80,4	79,7
7	88,8	88,2	87,6	86,9	86,3	85,7	85,1	84,5	83,8	83,2	82,6
8	90,2	89,7	89,1	88,6	88,0	87,5	86,9	86,4	85,9	85,3	84,8
9	91,3	90,8	90,3	89,8	89,4	88,9	88,4	87,9	87,4	86,9	86,5
10	92,2	91,7	91,3	90,9	90,4	90,0	89,6	89,1	88,7	88,2	87,8
11	92,9	92,5	92,1	91,7	91,3	90,9	90,5	90,1	89,7	89,3	88,9
12	93,5	93,1	92,7	92,4	92,0	91,7	91,3	90,9	90,6	90,2	89,8
13	94,0	93,6	93,3	93,0	92,6	92,3	92,0	91,6	91,3	91,0	90,6
14	94,4	94,1	93,8	93,5	93,2	92,8	92,5	92,2	91,9	91,6	91,3
15	94,8	94,5	94,2	93,9	93,6	93,3	93,0	92,7	92,5	92,2	91,9
16	95,1	94,8	94,6	94,3	94,0	93,7	93,5	93,2	92,9	92,7	92,4
17	95,4	95,1	94,9	94,6	94,4	94,1	93,9	93,6	93,3	93,1	92,8
18	95,6	95,4	95,2	94,9	94,7	94,4	94,2	94,0	93,7	93,5	93,2
19	95,9	95,6	95,4	95,2	95,0	94,7	94,5	94,3	94,0	93,8	93,6
20	96,1	95,9	95,6	95,4	95,2	95,0	94,8	94,6	94,3	94,1	93,9
21	96,3	96,1	95,9	95,6	95,4	95,2	95,0	94,8	94,6	94,4	94,2
22	96,4	96,2	96,0	95,8	95,6	95,4	95,3	95,1	94,9	94,7	94,5
23	96,6	96,4	96,2	96,0	95,8	95,6	95,5	95,3	95,1	94,9	94,7




przeciętne
parametry
węgla
z importu




przeciętne
parametry
węgla
krajowego

Tabela. 4. Kotły z rusztem mechanicznym – wymagana skuteczność urządzeń odpylających dla $WE_{pył} < 100 \text{ mg/Nm}^3$, %
Table 4. Mechanical stoker fired boilers – required effectiveness of dust removal plants for $WE_{pył} < 100 \text{ mg/Nm}^3$, %
 unos pyłu – ruszt mechaniczny 30% Źródło: obliczenia własne

A [%]	wartość opalowa Q [kJ/kg]										
	18 000	19 000	20 000	21 000	22 000	23 000	24 000	25 000	26 000	27 000	28 000
5	81,0	79,9	78,9	77,8	76,7	75,7	74,6	73,6	72,5	71,5	70,4
6	84,1	83,3	82,4	81,5	80,6	79,7	78,9	78,0	77,1	76,2	75,3
7	86,4	85,7	84,9	84,1	83,4	82,6	81,9	81,1	80,4	79,6	78,9
8	88,1	87,4	86,8	86,1	85,5	84,8	84,1	83,5	82,8	82,2	81,5
9	89,4	88,8	88,3	87,7	87,1	86,5	85,9	85,3	84,7	84,1	83,6
10	90,5	90,0	89,4	88,9	88,4	87,8	87,3	86,8	86,3	85,7	85,2
11	91,4	90,9	90,4	89,9	89,4	88,9	88,5	88,0	87,5	87,0	86,5
12	92,1	91,6	91,2	90,8	90,3	89,9	89,4	89,0	88,5	88,1	87,7
13	92,7	92,3	91,9	91,5	91,1	90,6	90,2	89,8	89,4	89,0	88,6
14	93,2	92,8	92,4	92,1	91,7	91,3	90,9	90,6	90,2	89,8	89,4
15	93,7	93,3	93,0	92,6	92,2	91,9	91,5	91,2	90,8	90,5	90,1
16	94,1	93,7	93,4	93,1	92,7	92,4	92,1	91,7	91,4	91,1	90,8
17	94,4	94,1	93,8	93,5	93,2	92,8	92,5	92,2	91,9	91,6	91,3
18	94,7	94,4	94,1	93,8	93,5	93,2	93,0	92,7	92,4	92,1	91,8
19	95,0	94,7	94,4	94,2	93,9	93,6	93,3	93,0	92,8	92,5	92,2
20	95,2	95,0	94,7	94,5	94,2	93,9	93,7	93,4	93,1	92,9	92,6
21	95,5	95,2	95,0	94,7	94,5	94,2	94,0	93,7	93,5	93,2	93,0
22	95,7	95,4	95,2	95,0	94,7	94,5	94,2	94,0	93,8	93,5	93,3
23	95,9	95,6	95,4	95,2	94,9	94,7	94,5	94,3	94,0	93,8	93,6

 przeciętne parametry węgla z importu

 przeciętne parametry węgla krajowego

Dlatego – dla przyjętych parametrów węgla Q i A – oszacowano również, jaką skutecznością odpylania muszą dysponować urządzenia odpylające, aby emisja pyłu nie przekroczyła 100 mg/Nm^3 . Przytoczony standard emisji pyłu jest wielkością wspólną wyznaczoną w Rozporządzeniu [14] zarówno dla źródeł o mocy nominalnej $< 5 \text{ MW}$ oraz mieszczących się w granicach ≥ 5 i $< 50 \text{ MW}$. Wyniki wymaganej skuteczności urządzeń odpylających dla kotłów z rusztem stałym zaprezentowano w tabeli 3, a dla kotłów z rusztem mechanicznym – w tabeli 4.

Biorąc pod uwagę przeciętny węgiel krajowy (o parametrach Q: $20\,000\text{--}23\,000 \text{ kJ/kg}$ i zawartości A: $15\text{--}20\%$) spalany w kotłach z rusztem stałym, to wymagana skuteczność urządzeń odpylających powinna wynosić około $93\text{--}96\%$ (zaznaczony obszar linią ciągłą w tab. 3), a dla kotłów z rusztem mechanicznym – około $92\text{--}95\%$ (zaznaczony obszar linią ciągłą w tab. 4).

Od kilku lat na krajowi odbiorcy mogą również spotkać się z ofertą węgla z importu – głównie pochodzącego z państw WNP. Przy spalaniu importowanego węgla o przeciętnych parametrach Q: $22\,000\text{--}25\,000 \text{ kJ/kg}$ i zawartości A: $11\text{--}12\%$ [4], w przypadku kotłów z rusztem stałym wymagana skuteczność urządzeń odpylających powinna wynosić $90\text{--}92\%$ (zaznaczony obszar linią przerywaną w tab. 3), a z rusztem mechanicznym: $88\text{--}90\%$ (zaznaczony obszar linią przerywaną w tab. 4).

5. Podsumowanie

Wśród koncesjonowanych przedsiębiorstw ciepłowniczych najliczniejszą grupę stanowią ciepłownie o nominalnej mocy cieplnej mniejszej niż 50 MW . Z punktu widzenia typu paleniska najpopularniejszymi w tej grupie przedsiębiorstw są kotły rusztowe (z rusztem stałym lub mechanicznym).

Ze względu na zaostrzające się normy emisji pyłu ze spalania węgla kamiennego, zagadnienie emisji pyłu oceniono pod względem parametrów jakościowych węgla. Mianowicie – przy jakich wartościach opałowych (Q) oraz zawartościach popiołu (A) zostaną dotrzymane normy emisji pyłu według Rozporządzenia [14] obowiązujące w latach $2013\text{--}2016$.

Według przeprowadzonych badań stwierdzono, że świetle obowiązujących standardów emisyjnych w latach $2013\text{--}2016$, spalanie na przykład węgla krajowego (o przeciętnych parametrach Q: $20\,000\text{--}23\,000 \text{ kJ/kg}$ oraz A: $15\text{--}20\%$) nie pozwala na dotrzymanie standardów

emisji pyłu przedstawionych w Rozporządzeniu [14] bez zastosowania wysokosprawnych instalacji odpylających.

Zaprezentowane w tabelach wyniki obliczeń (dla szerokiego zakresu parametrów węgla Q: od 18 000 do 28 000 kJ/kg, i zawartości popiołu w zakresie od 2 do 20% A) w szybki sposób pozwalają ocenić, jakiej wielkości emisji pyłu można się spodziewać spalając węgiel o określonej wartości opałowej (Q) i zawartości popiołu (A).

Szczególna sytuacja nastąpi od roku 2016 – wówczas by móc sprostać zaostrozonym normom emisji pyłu – już teraz ciepłownie dysponujące przestarzałą infrastrukturą muszą podjąć odpowiednie inwestycje w modernizację kotłów węglowych oraz w wyposażenie w instalacje odpylające. Dlatego – by móc sprostać wspomnianym standardom emisyjnym – obliczono również, jaką skutecznością odpylania powinny dysponować urządzenia odpylające, spalając węgiel o określonych parametrach jakościowych Q i A.

Dla typowych parametrów węgla krajowego spalanego w kotłach z rusztem stałym – aby dotrzymać standardów emisji pyłu poniżej 100 mg/Nm³ – urządzenia odpylające powinny posiadać skuteczność na poziomie 93–96%, a w kotłach z rusztem mechanicznym: 92–95%. Odnosnie węgla z importu, skuteczność urządzeń odpylających powinna wynosić: 90–92% – dla kotłów z rusztem stałym i 88–90% – z rusztem mechanicznym.

Lata 2016–2017 mogą okazać się kluczowymi dla polskiego systemu ciepłowniczego. Dla jednostek o krótkim czasie żywotności technicznej najprawdopodobniej inwestowanie w instalacje odpylające nie będzie opłacalne. Może to doprowadzić do sytuacji, w której w niektórych częściach Polski może nastąpić deficyt mocy wytwórczych.

Literatura

1. **Lorenz U.:** *Metoda oceny wartości węgla kamiennego energetycznego uwzględniająca skutki jego spalania dla środowiska przyrodniczego*. Studia, Rozprawy, Monografie nr 64. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, s. 84, 1999.
2. **Radović U.:** *Zanieczyszczenie atmosfery. Źródła oraz metodyka szacowania wielkości emisji zanieczyszczeń*. Wyd. Centrum Informatyki Energetyki, Warszawa, s. 162, 1997.
3. **Olkuski T.:** *Charakterystyka wytwarzania ciepła w elektrowniach i elektrociepłowniach zawodowych*. Polityka Energetyczna t. 9, z. specjalny, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, 621–631 (2006).

4. **Stala-Szugaj K.:** *Polish imports of steam coal from the East (CIS) in the years 1990–2011*. Studia, Rozprawy, Monografie nr 179. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, s. 92, 2012.
5. **Sówka I., Łągiewka A., Zwoździak A., Skrętowicz M., Nych A., Zwoździak J.:** *Zastosowanie GIS do analizy przestrzennej stężeń pyłu PM_{2.5} oraz PM₁₀ na terenie województwa dolnośląskiego*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 13, 1667–1678 (2011).
6. **Tumidajski T., Foszcz D., Niedoba T.:** *Modele stochastyczne zanieczyszczeń powietrza w aglomeracjach przemysłowych*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 11, 543–553 (2009).
7. Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa.,: „Wskaźniki emisji substancji zanieczyszczających wprowadzanych do powietrza z procesów energetycznego spalania paliw”. Materiały informacyjno-instruktażowe, seria 1/96, Warszawa, kwiecień 1996.
8. Energetyka ciepła w liczbach – 2008. Wyd. Urząd Regulacji Energetyki, Warszawa, sierpień 2009, s. 148.
9. Energetyka ciepła w liczbach – 2009. Wyd. Urząd Regulacji Energetyki, Warszawa 2010, s. 155.
10. Energetyka ciepła w liczbach – 2010. Wyd. Urząd Regulacji Energetyki, Warszawa, sierpień 2011, s. 106.
11. Energetyka ciepła w liczbach – 2011. Wyd. Urząd Regulacji Energetyki, Warszawa, wrzesień 2012, s. 111.
12. Emitor 2011. Emisja zanieczyszczeń środowiska w elektrowniach i elektrociepłowniach zawodowych. Wyd. Agencja Rynku Energii SA, Warszawa, wrzesień 2012, s. 69.
13. Katalog elektrowni i elektrociepłowni zawodowych – stan na 31.12.2009. Wyd. Agencja Rynku Energii SA, Warszawa, kwiecień 2010. s. 264.
14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 kwietnia 2011 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji. Dz.U. Nr 95, poz. 558, s. 5606–5659.
15. Statystyka ciepłownictwa polskiego 2011. Wyd. Agencja Rynku Energii SA, Warszawa, listopad 2012, s.78.

PM Emission from Hard Coal Combustion in Heating Plants of Thermal Power Under 50 MW According to Obligatory Standards Emission

Abstract

The thermal energy generation plant sector is quiet dispersed and heat generation market in Poland is regional. Half of demand for thermal power is generated in licensed heat-generating plants. The most numerous groups are sources with heat generation capacity lower than 50 MW. In the years of 2007–2011 their average share in general number of licensed heat generation plants amounted to 62%. In 2011 the total number of enterprises classified to this group amounted to 272. According to the installed thermal energy generation capacity, the average share of those companies amounted to about 14%. In 2011 the total thermal energy generation capacity installed in this group amounted to 5 443 MW.

Hard coal is one of main fuel used in heat and warm water production in Poland. In consideration of pointed rules of dust emission coming from hard coal combustion, author look at it trough the quality parameters of hard coal. What value of hard coal calorific value (Q) and ash content (A) can abide standards of dust emission oblige in 2013–2016.

Dust emission factor (WE_{pyl}) was calculated using an empirical formula. For the analysis the author has chosen hard coal with 18 000–28 000 kJ/kg of calorific value and 5–23% of ash content. There was an assumption, that combustion is held in stoker fired boilers (with or without mechanical stoker). The smoker fired boilers are mainly operated in local or industrial heat generating plants.

Results of calculations were presented in tables. These tables can be helpful when someone want to estimated dust emission factor from combustion hard coal with specified quality parameters: calorific value (Q) and ash content (A).

Since 2016 standards of dust emission will be more restrictive. The dust emission standards for the heat generation plant with thermal power lower than 50 MW will be lower than 100 mg/Nm³. Required effectiveness of dust removal in these plants for dust emission factor lower than 100 mg/Nm³ was calculated and results of calculations were presented in tables.