



Możliwości spalania wysoko zsiarczonego węgla z dodatkiem biomasy

Possibilities of high sulphur content coal combustion with biomass contribution

Pavel SEDLÁČEK¹⁾, Marcela ŠAFÁROVÁ²⁾ Josef VALEŠ³⁾

¹⁾Brown Coal Research Institute, Budovatelů 2830, 434 37 Most, Czech Republic; tel.: +420 476208624, faks: +420 476208702, e-mail: sedlacek@vuhu.cz

²⁾Brown Coal Research Institute, Budovatelů 2830, 434 37 Most, Czech Republic; tel.: +420 476208624, faks: +420 476208702, e-mail: safarova@vuhu.cz

³⁾Brown Coal Research Institute, Budovatelů 2830, 434 37 Most, Czech Republic; tel.: +420 476208624, faks: +420 476208702, e-mail: vales@vuhu.cz

RECENZENCI: Ass. Prof. Dr. Ljudmilla BOKÁNYI; Prof. dr hab. inż. Eugeniusz MOKRZYCKI

Streszczenie

Spalanie paliw stałych regulowane jest przez aktualnie obowiązujące przepisy, które określają limity emisji dla jednostek spalania o różnej wielkości. Węgiel brunatny Zagłębia Północnej Bohemii charakteryzuje się wysoką zawartością siarki. Podczas spalania tego węgla tworzą się wysokie stężenia emisji SO₂. Można zastosować biomasę do produkcji nowego produktu zawierającego wysoko zsiarczony węgiel brunatny i biomasę, która podczas spalania zmniejszy stężenie emisji. Dodatkowy czynnik, którym jest innym składnik pelet węglowych zapewnia zmniejszenie emisji do wartości określonych dla spalania paliw stałych. Przygotowano pelety węgla brunatnego i spalano je w kotłach a wartości emisji porównywano z wartościami, jakie osiągną podczas spalania samego węgla brunatnego.

Słowa kluczowe: spalanie, biomasa, węgiel brunatny

1. Wprowadzenie

Światowe zapotrzebowanie na energię ciągle rośnie a jej produkcja w 84% jest oparta na spalaniu paliw kopalnych (węgiel, gaz, ropa). W Republice Czeskiej najwięcej energii produkuje się ze spalania węgla, przede wszystkim węgla brunatnego. Spalanie paliw kopalnych regulowane jest instrumentami prawnymi, szczególnie Ustawą No. 86/2002 o ochronie powietrza poprzez rozporządzenia i przepisy rządowe określające nie tylko normy emisji dla spalania poszczególnych paliw kopalnych ale również limity dla zakładów spalania o różnej wielkości.

Spalaniu węgla, szczególnie węgla brunatnego, towarzyszy wytwarzanie CO₂, SO₂ i innych substancji emitowanych do atmosfery. Obniżenie emisji dwutlenku siarki można zmniejszyć przy spalaniu węgla poprzez dodanie paliw, które są najbardziej poszukiwane przez odbiorców indywidualnych i wykorzystywane w kotłach o małej wydajności cieplnej.

Odpowiednim paliwem dla kotłów węglowych o niskiej wydajności cieplnej, które często powodują

Summary

Combustion of solid fuels is controlled with a valid legislation that determines emission limits for combustion in different outputs facilities. Brown coal from the North Bohemian Basin is characteristic for its high sulphur content. During combustion of that coal, high emission concentrations are formed. The biomass can be used for the production of a new product which contains high sulphur content brown coal and a biomass which, during combustion, decreases the emission concentrations. An additive agent, which is another compound of coal pellets, ensures a decrease in emissions to the value determined for solid fuel combustion. Brown coal pellets were prepared and burnt in a boiler and the emission values were compared with the values which are reached during pure brown coal combustion.

Keywords: combustion, biomass, brown coal

1. Introduction

The world consumption of energy is constantly increasing and in the power generation fossil fuels (coal, gas, oil) create up to 84% of the total amount. In the Czech Republic the most electric power is generated by coal combustion, mostly brown coal. Fossil fuels combustion is controlled with legislative instruments, in particular the Act No. 86/2002 Coll. to regulate air protection, with the government decree and regulations in which apart from others emission limits for fossil fuels combustion in the facilities of various capacities are defined.

Coal combustion, especially brown coal, is accompanied with the generation of CO₂, SO₂ and other substances emitting into the atmosphere. Sulphur dioxide generation can be decreased in the coal combustion by adding fuels which are not very efficient for the retailers' most requested types of coal used for the boilers with a small heat output.

A suitable combination of brown coal with biomass and some combustible waste materials adjusted

największe lokalne zanieczyszczenia powietrza [1, 2], mogą być paliwa przygotowane z węgla brunatnego, z dodatkiem biomasy lub odpadów, niektórych materiałów palnych, uzupełnione dodatkami tak, aby przy spalaniu następowało wyraźne obniżenie emisji zanieczyszczeń zwłaszcza SO₂ w porównaniu ze spalaniem samego węgla brunatnego. W tym celu opracowano wyrób pelet z mieszaniny węgla brunatnego i odpowiednio dobranych dodatków. Wprowadzając do mieszaniny składnik o niskiej zawartości siarki i tworząc pelety o wygodnych w użyciu wymiarach uzyskuje się nowy rodzaj paliwa, które można spalać, w optymalnych warunkach, w kotłach i znacząco obniżyć ilość emitowanych szkodliwych zanieczyszczeń (zwłaszcza SO₂).

2. Złoże węgla brunatnego w Republice Czeskiej

Sedymentacja złoże węgla brunatnego w Republice Czeskiej zaczęła się w epoce Trzeciorzędu. Niewątpliwie Zagłębie Węgla Brunatnego Północnej Bohemii jest największym i najważniejszym zagłębiem. Sedymentacja złóż Zagłębia Węgla Brunatnego Północnej Bohemii i Zagłębia Sokolo rozpoczęła się na obszarze pod górami Krusne hory około 45 milionów lat temu. Te dwa zagłębia dostarczają praktycznie cały węgiel brunatny eksploatowany w Republice Czeskiej.

Zagłębie Węgla Brunatnego Północnej Bohemii zlokalizowane jest w Północno-Zachodniej Bohemii pomiędzy wioskami Prunerov niedaleko Kadan a Uzin i Usti nad Łabą. Wypełnienie osadowe zagłębia obszar około 1400 km² ograniczone jest na południowym zachodzie częściowo na północnym wschodzie i południowym wschodzie) skałami wulkanicznymi i innymi produktami erupcji wulkanicznych. gór Doupovske hory i Ceske stredohori. Na północnym zachodzie zagłębie węglowe ograniczają skały metamorficzne i skały wulkaniczne gór Krusne hory. Tylko południowe i południowo-wschodnie części zagłębia pomiędzy miastami Podborany i Most są morfologicznie płaskie. Wypełnienie osadowe zagłębia graniczny ze starszymi skałami z okresów Górnej – Kredy i Karbonu. Sytuacja Zagłębia Węgla Brunatnego Północnej Bohemii (SHP) jest pokazana na rys. 1.

Eksploatacja prowadzona jest w głównym pokładzie o grubości 20-40 m jedynie, w Zagłębiu Węgla Brunatnego Północnej Bohemii. W dużej mierze składa się ona z brunatnego węgla humusowego, który powstał w wyniku karbonizacji roślinności Trzeciorzędu. W zasadzie pokład ten podzielony jest przekładkami na trzy warstwy węglowe o różnej jakości. Eksploatowane węgle są błyszczące, pół-błyszczące i bitumiczne. Jakość węgla znacznie się różni w zależności od tego, z której części złoże pochodzi.

W Zagłębiu Węgla Brunatnego Północnej Bohemii działają dwie spółki węglowe:

- Mostecká uhelná společnost, Most (MUS)
- Severočeské doly, Chomutov (SD)

with additives accompanied with an outstanding decrease of emissions, mainly SO₂ as compared with the clean brown coal combustion, should become a suitable fuels for coal boilers with a small heat output which are often the biggest local producers of undesirable emissions [1,2]. A production of mixed pellets has been tested for such fuel production. By inducing suitable desulphurization additive into the coal mixture and recasting it into the form of pellets with suitable dimensions, a new type of additive brown coal fuel is produced which can be burnt under optimum conditions in certain combustion facilities producing less amount of emissions (SO₂ mainly).

2. Brown Coal Deposits in the Czech Republic

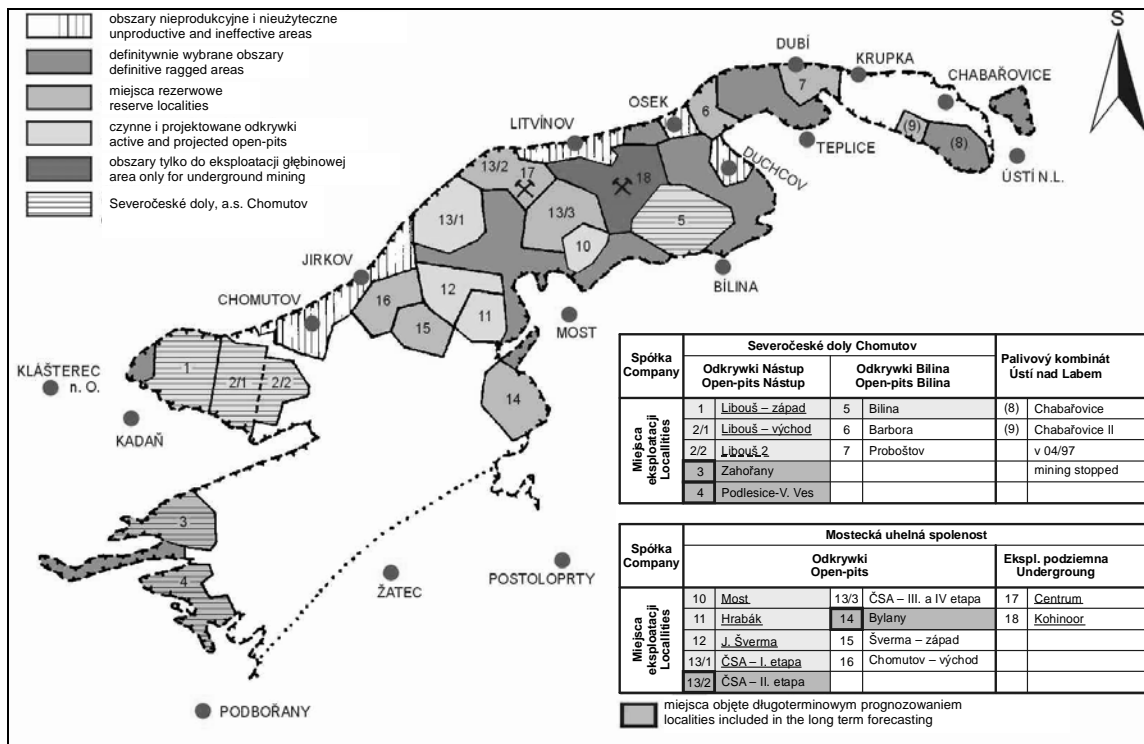
The sedimentation of brown coal basins in the Czech Republic began in Tertiary Period. The North Bohemian Brown Coal Basin is indisputably the greatest and the most important of them. The sedimentation of the North Bohemian Brown Coal Basin and the Sokolov Basin began in the area under the Krusne hory Mts about 45 millions years ago. These two basins provide practically all brown coal mined in the Czech Republic.

The North Bohemian Brown Coal Basin is situated in the North Western Bohemia between villages Prunerov near Kadan and Uzin near Usti. The sedimentary filling of the basin (its area about 1400 km²) is limited in south – west (and partly in north – east and south – east) by volcanites and other products of volcanics eruptions of the Doupovske hory Mts and Ceske stredohori Mts. The coal basin is limited in north-west by metamorphites and volcanites of the Krusne hory Mts. Only southern and south – eastern parts of the basin between the towns Podborany and Most are morphologically flat. The sedimentary filling of the basin adjoins older rocks from Upper – Cretaceous and Carboniferous Periods here. The situation of the North Bohemian Brown Coal Basin (SHP) is shown on the Figure 1.

The main seam with the thickness 20 – 40 m is the excavated seam in the North Bohemian Brown Coal Basin only. It largely consists of brown coal humites which evolved by carbonatization of tertiary vegetation. In principle it is divided into three benches of a various quality by coal sheds. Excavated coals are lusterly, half-lusterly and bitumenous. The quality of brown coal is quite different in different parts of this basin.

Two mining companies operate in the North Bohemian Brown Coal Basin deposit:

- Mostecká uhelná společnost, Most (MUS)
- Severočeské doly, Chomutov (SD)



Rys. 1
Schemat SHP

Fig. 1
The scheme of SHP

Do eksperymentu opisanego w tym artykule wykorzystano węgiel wysokozasiarczony. Jest on charakterystyczny dla kopalni odkrywkowej CSA (Mostecká uhelná společnost).

Kopalnia CSA prowadzi eksploatację w centralnej części zagłębia, która jest w bezpośrednim sąsiedztwie z podnóżem gór Krusne hory. Ten fakt oraz potrzeba eliminowania do minimum negatywnych skutków ekologicznych eksploatacji sprawiają, że kopalnia ta należy do jednych z najbardziej złożonych kopalń w obrębie SHP. Eksploatowany węgiel ma wysoką kaloryczność od ca 16 do 20 MJ/kg i nadaje się do sortownia. Negatywną cechą tego węgla jest duża zawartość siarki (do 3,5%).

W tabeli 1 przedstawiono roczną produkcję spółek węglowych Republiki Czeskiej i ich udział na rynku węgla brunatnego.

The coal with high content of sulphur was used for our experiments described in this article. This type of coal is characteristic for open pit mine CSA (Mostecká uhelná společnost).

The mine CSA excavates in the central part of the basin in direct contact with the Krusne hory bottom. This fact and the following need to eliminate ecological impacts of mining to minimum makes this site one of the most complex ones. The excavated coal has high caloric value from ca 16 to 20 MJ/kg and is suitable for grading. The highest content of sulphur in coal (up to 3.5%) is a negative feature, too.

In the Table 1 the annual production of the mining companies in the Czech Republic and their share in the brown coal market is shown.

Tablica 1
Całkowita roczna produkcja węgla brunatnego w Republice Czeskiej w latach 2000 – 2002

Table 1
Total Annual Production of Brown coal in CR in 2000 – 2002

Spółka węglowa Mining company	2 000		2 001		2 002	
	Tys. ton th.tonnes	%	Tys. ton th.tonnes	%	Tys. ton th.tonnes	%
MUS	17 394	35	17 094	34	16 603	34
SD	22 115	44	22 563	45	21 387	44
SU*	10 312	21	10 751	21	10 372	22
Ogółem	49 821	100	50 408	100	48 362	100

* SU - Sokolovska uhelná společnost jest spółka węglową działającą w Zagłębiu Sokolov

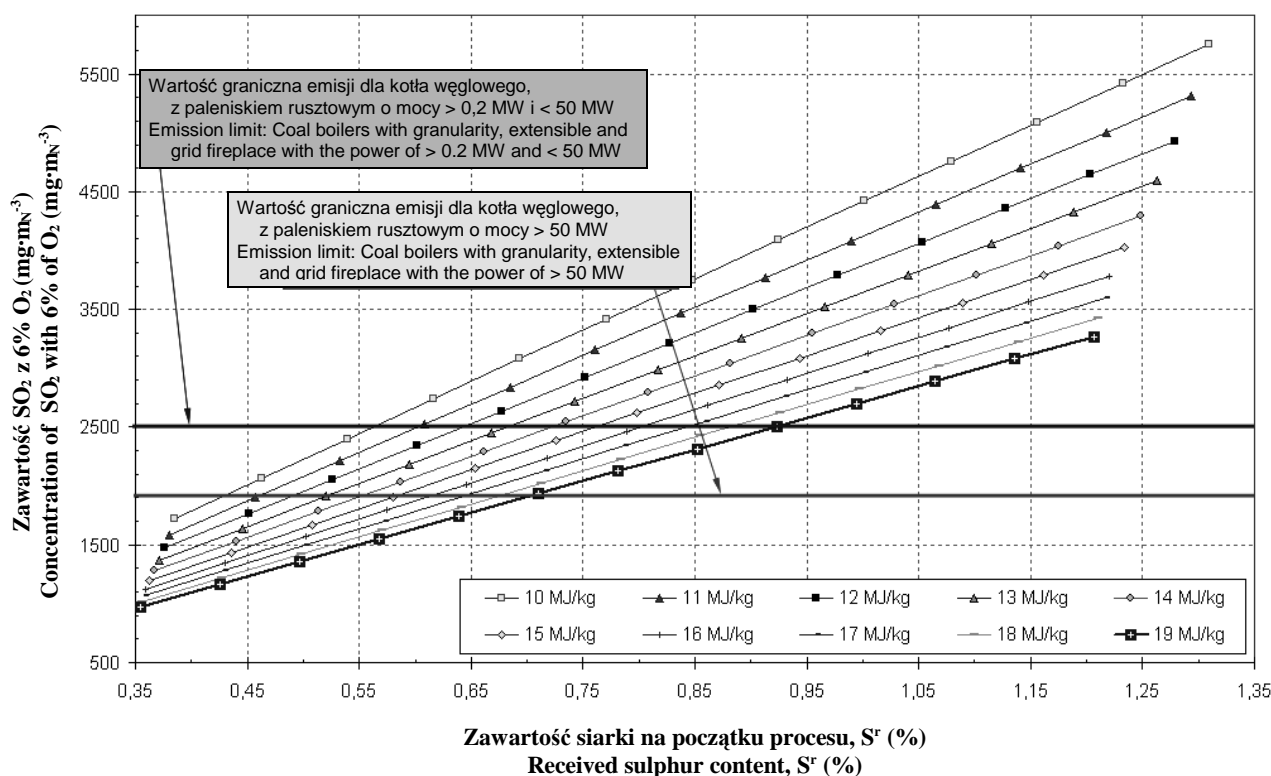
* SU - Sokolovska uhelná společnost is the mining company in Sokolov basin

3. Doświadczenia

3. 1. Nowy rodzaj paliwa

Do produkcji pelet z węgla brunatnego i biomasy użyto trzech podstawowych komponentów: węgla brunatnego (najważniejszy składnik mieszaniny), biomasy i suchego wodorotlenku wapnia.

W badaniach wykorzystano węgiel brunatny, którego spalanie w stanie surowym jest problematyczne ze względu na wysoką zawartość siarki co powoduje przekroczenie norm emisji SO_2 . Na rys. 2. pokazano wyliczone wartości emisji SO_2 w zależności od zawartości siarki i wartości opałowej oraz normy dopuszczalnej emisji SO_2 , w Republice Czeskiej. Z przedstawionych zależności można odczytać, że np. kiedy wartość opałowa węgla wynosi 17 MJ/kg to dopuszczalną emisję 2 500 mg/m^3 można uzyskać wówczas gdy zawartość siarki będzie poniżej 0,85%.



Rys 2
Teoretyczne wyliczanie emisji związanych z wartością opałową i zawartością siarki

Fig. 2
Theoretical Calculation of Emissions Related to Caloric Value and Sulphur Content

Drugim składnikiem nowego paliwa jest biomasa. We wcześniejszych eksperymentach wykorzystywano przede wszystkim biomasę pochodzenia bylinowego a także różne rodzaje słomy i trociny. Można używać również odpady, zwłaszcza komunalne i z rolnictwa a także odpady organiczne przemysłu wytwórczego. W prezentowanych doś-

3. Experiments

3. 1. New Type of Fuel

Three basic components are used for the pellets produced from brown coal with the addition of biomass.

Brown coal, the first and the most important component, which is, for its high sulphur content, less saleable and when burnt the emission limits are exceeded. On the Figure 2 dependency of sulphur content on caloric value and the boundaries of the emission limits accepted in the Czech Republic are shown. From this picture it is clear when the caloric value is for example 17 MJ/kg the emission limit 2 500 mg/m^3 can be met if the sulphur content is lower than 0.85 %.

Biomass is the second component. Herb-type biomass was mainly used for our experiments. Various types of straws, sawdust and sorrel were tested in the past. It is possible to use waste biomass as another option of biomass, too. It mainly concerns the agriculture and municipal wastes, the organic wastes from manufacturing and so on.

wiadzeniach stosowano energetyczną malwę (Śláz, Malvaceae).

Trzecim składnikiem mieszaniny jest dodatek środka wiążącego, który powoduje również odsiarczanie podczas spalania. W doświadczeniach używano suchy wodorotlenek wapnia. W przeszłości testowano również wapien ale okazał się mało skuteczny w zakresie odsiarczania podczas spalania.

Z technologicznego punktu widzenia nasze pelety nie powstają w procesie grudkowania. Proces grudkowania polega na tym, że drobnoziarnisty materiał (uziarnienie poniżej 0,15 – 0,2 mm) doprowadza się do grudkownika bębnowego lub talerzowego, gdzie, na skutek obrotów, powstają prawie regularne kulki o różnej twardości zwane grudkami. W naszym przypadku jest to proces brykietowania [3, 4], w którym drobnoziarnisty materiał jest pod ciśnieniem przetwarzany na pelety (brykiety).

3.2. Podsumowanie dotychczasowych doświadczeń

W przeszłości były już w Republice Czeskiej przebadane i opublikowane możliwości wyrobu pelet z mieszanek na bazie węgla brunatnego o zawartości siarki < 20% (udział ~ 90%, 100 części) i biomasy (udział ~ 9%, 10 części) z dodatkiem suchego wodorotlenku wapnia jako czynnika uplastyczniającego i odsiarczającego. Wyniki przedstawiono w tab. 2. Z przedstawionych w tabeli danych wynika, że tylko w jednym przypadku, podczas spalania, zostały przekroczone dopuszczalne normy emisji SO₂ a skuteczność odsiarczania wynosiła około 30%.

Tablica 2
Skład pelet

	Typ węgla Type of coal	Udział węgla Coal shares	Udział wodorotlenku wapiennego Calcareous hydrate shares	Udział słomy owsianej Cereal straw shares	Udział pedów malwy Feeding sorrel shares	SO ₂ [mg/m ³]
Peleta 1 Pellets 1	Gruby proszek Rough powder	100	6	0	0	2867
Peleta 2 Pellets 2	Gruby proszek Rough powder	100	6	10	0	2387
Peleta 3 Pellets 3	Gruby proszek Rough powder	100	6	0	10	2446
Peleta 4 Pellets 4	Orzech 2 Nut 2	100	6	0	0	1544
Peleta 5 Pellets 5	Orzech 2 Nut 2	100	6	10	0	1736
Peleta 6 Pellets 6	Orzech 2 Nut 2	100	6	0	10	1482

Na podstawie osiągniętych, we wcześniejszych eksperymentach, wyników postanowiono podjąć dalsze prace w zakresie przygotowania pelet z mieszanin także na bazie wysokozasiarczonego węgla brunatnego.

An additive agent is the last component added to the pelletizing mixture for desulphurization in combustion process. Calcium hydroxide was used as an additive agent. Limestone was tested in the past but it has had the low level of efficiency under experimental conditions.

From the technology view it does not concern a pellet production process as in this process fine grain material (grain size lower than 0.15 – 0.2 mm) is fed to the revolving pellets producing facility where globular balls of various hardness are created. In our case it is bricket-producing process [3, 4] in which fine grain materials is reformed into pellets or brickets under the pressure. For biomass products this process is usually called pelletizing process and that is why, we call prepared fuel as pellets.

3.2. Summary of Current Results

In the past the options of these mixed pellets production were tested in the Czech Republic [5, 6, 7]. It concerned the composition when brown coal (90 % mass) was the main component, biomass (corn straw 10 % mass) and dry hydrate as an additive agent and a plasticizing agent. The results are stated in the Table 2. It is clear from the table that apart from one sample the emission limits were met at combustion tests and about 30% of desulphurization took place.

Table 2
Pellets Composition

Based on these results the intention was to test the preparation of mixed pellets from coal with high sulphur content.

3.3. Przygotowanie pelet do testów spalania

Do przygotowania pelet mieszanych zastosowano wysokozasiarczony węgiel brunatny z S.H.P. o parametrach jakościowych podanych w tablicy 3. Próbkę węgla pobrano w Zakładzie Przeróbki Węgla Kormorany przed klasyfikacją na sortymenty (tj. Orzech, Kostka) i z ciągu technologicznego po wydzieleniu sortymentu Orzech II. Takie pobieranie próbek miało na celu określenie różnic parametrów jakościowych węgla surowego i sortowanego, przede wszystkim w zakresie zawartości siarki. W tabeli 3, w pierwszej linii podano parametry węgla surowego, a w drugiej węgla sortowanego, po wydzieleniu sortymentu Orzech II.

Tablica 3
Podstawowa analiza węgla

Próbka Sample	W ^a	W _t ^r	A ^r	A ^d	Q _s ^d	Q _s ^{daf}	Q _i ^r	Q _i ^d	Q _i ^{daf}	S ^d	S ^r	H ^{daf}
Jednostka Identification	%	%	%	%	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg	%	%	%
Węgiel surowy Original coal	5,58	19,14	4,58	5,66	29,77	31,56	22,57	28,51	30,22	1,86	1,50	6,13
Węgiel sortowany Assorted coal	10,13	18,80	3,98	4,90	30,50	32,07	23,11	29,04	30,54	1,87	1,52	7,03

Przed przygotowywaniem pelet węgiel był doprowadzany do uziarnienia 0 – 3 mm. Drugim składnikiem mieszaniny była malwa, również skruszona do uziarnienia poniżej 3 mm w kruszarce obrotowej DRJ 25, którą dysponuje (do tego celu) Naukowy Instytut Węgla Brunatnego w Moste. Element kruszący urządzenia przedstawiono na fot. 3.



Rys. 3
Element kruszący biomase

3.3. Pellets Production for Combustion Tests

High sulphur brown coal from SHP was used as a feed for production of mixed pellets. The basic analysis of the feed coal is stated in the Table 3. Coal was taken before the production of the assorted types (nut, cube) at the preparation plant Komorany. The first line shows the analysis of not assorted coal, the second line shows the analysis of coal attained by sorting the coal type “nut 2”. The double test was performed to find the variance of values in the assortment, mainly in the sulphur content.

Table 3
Basic Analysis of Assorted Coal

The coal was assorted before preparation of pellets and grain size 0 – 3 mm was used for pellets production. The other component was the sorrel ground for the output grain size ca 3 mm at the DRJ 25 rotor crusher which is available at the Brown Coal Research Institute in Most. A detail picture of this crusher is shown on the Figure 3.

Fig. 3
Detail of Biomass Crusher

Udział biomasy w mieszaninie wynosił około 50%. Jako dodatek stosowano suchy wodorotlenek wapnia. Pelety przygotowano w urządzeniu laboratoryjnym Kahl 14 – A5. Wyniki analiz określające jakość technologiczną przygotowanych pelet przedstawiono w tab. 4.

Tablica 4
Podstawowa analiza pelet

Próbka Sample	W ^a	W _t ^r	A ^r	A ^d	Q _s ^d	Q _s ^{daf}	Q _i ^r	Q _i ^d	Q _i ^{daf}	S ^d	H ^{daf}
Jednostka Identification	%	%	%	%	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg	%	%
Peleta 7 Pellets 7	6,10	8,52	8,96	9,79	22,79	25,26	19,30	21,33	23,64	0,86	7,40

Table 4
Basic Analysis of Produced Pellets

4. Weryfikacja wyników testami spalania

Testy spalania pelet przeprowadzono w kotle typu Ling, w Centrum Badawczym Energetyki Wyższej Szkoły Górniczej – Techniczny Uniwersytet Ostrawa. Najbardziej widoczną częścią automatycznego kotła z ciepłą wodą jest kadłub bojlera zbudowany z zespanowanych płyt metalowych. Kocioł umożliwia spalanie węgla kamiennego, brunatnego a także biomasy w formie pelet. Producent zapewnia nominalną moc 25 kW, jeżeli pali się węglem lub 22 KW, jeżeli spalane są pelety drewniane. Pod bojlerem (wymiennikiem ciepła) jest umieszczone palenisko, które tworzą: ruszt stalowy, ceramiczny stabilizator, retorta, tzw. kolanko żeliwne do przyjmowania paliwa i mieszalnika powietrza. Stabilizator ceramiczny usprawnia palenie, obniża ilość lotnych zanieczyszczeń, odbija ciepło z powrotem do paleniska i w ten sposób pomaga doskonaleniu spalania. Obok kotła jest umieszczony zbiornik, z którego paliwo przechodzi do podajnika ślimakowego. Dmuchawa dostarczająca powietrze do paleniska jest umieszczona przed zbiornikiem i jest połączona z mieszalnikiem. Regulacja ilości dostarczanego powietrza jest realizowana za pomocą zaworu dławiącego. Pelety w zbiorniku kotła pokazano na rys. 4.

W tabeli 5 przedstawiono wartości emisji SO₂, CO, CO₂, NO_x dla tych typów paliwa zanotowane podczas testów spalania. Oczywiście jest co wynika z tabeli, że w przypadku spalania węgla emisja SO₂ wahała się w zakresie 3500 mg/m³, co odpowiada odpowiedniej wartości jak na rysunku 2. W przypadku pelet wartość emisji wahała się około 1328 mg/m³, co odpowiada poziomowi odsiarczenia 62,4%. Wartość ta, w przypadku spalania w małych urządzeniach, jest bardzo korzystna i okazuje, że pelety te mogłyby stać się nowym typem paliwa ekologicznego. Mierzone wartości emisji dla samego węgla i pelet pokazano na rysunku 5 i 6.

Share of sorrel was increased to about 50%. As stated above dry hydrate was used as an admixture. The pellets were prepared at the laboratory device Kahl 14-175. The results of the basic analysis of the produced pellets are stated in the Table 4.

4. Results Verification by Combustion Tests

The operation combustion tests have been performed at the Research Energy Centre of VŠB-TU Ostrava. A boiler body welded from steel boiler metal plates is the main part of the warm-water automatic boiler based on the principle of bottom fuel feeding. The boiler enables black coal, brown coal and biomass burning in the form of pellets. The manufacturer gives the nominal output 25 kW in the operation on coal and the nominal output 22 kW in the operation on wooden pellets. A combustion facility is located underneath the exchanger created from a cast iron bed, a ceramic stabilizer, retort, it means a cast iron elbow for fuel feed and an air mixer. The ceramic stabilizer regulates burning, decreases spray dust nuisance, reflects heat back to the burner and helps superior combustion. Next to the boiler there is a hopper which leads to a spiral feeder. The blower for primary burning air delivery is located before the hopper and is connected to the mixer. The air choke valve can regulate the amount of burning air. On the Figure 4 the pellets are shown in the hopper.

In the Table 5 the values of emission SO₂, CO, CO₂, NO_x for the types of fuel are shown recorded during the combustion tests. It is obvious from the table that in the coal combustion the SO₂ emissions ranged around 3500 mg/m³, which corresponds to the extrapolated value according to the Figure 2. In case of pellets the emission value ranged around 1328 mg/m³, which corresponds to the level of desulphurization 62,4%. This value is, in case of combustion in small facilities, very favourable and shows that these pellets could become a new type of ecologic fuel. The measured emission values for clean coal and pellets are shown on the Figure 5 and 6.



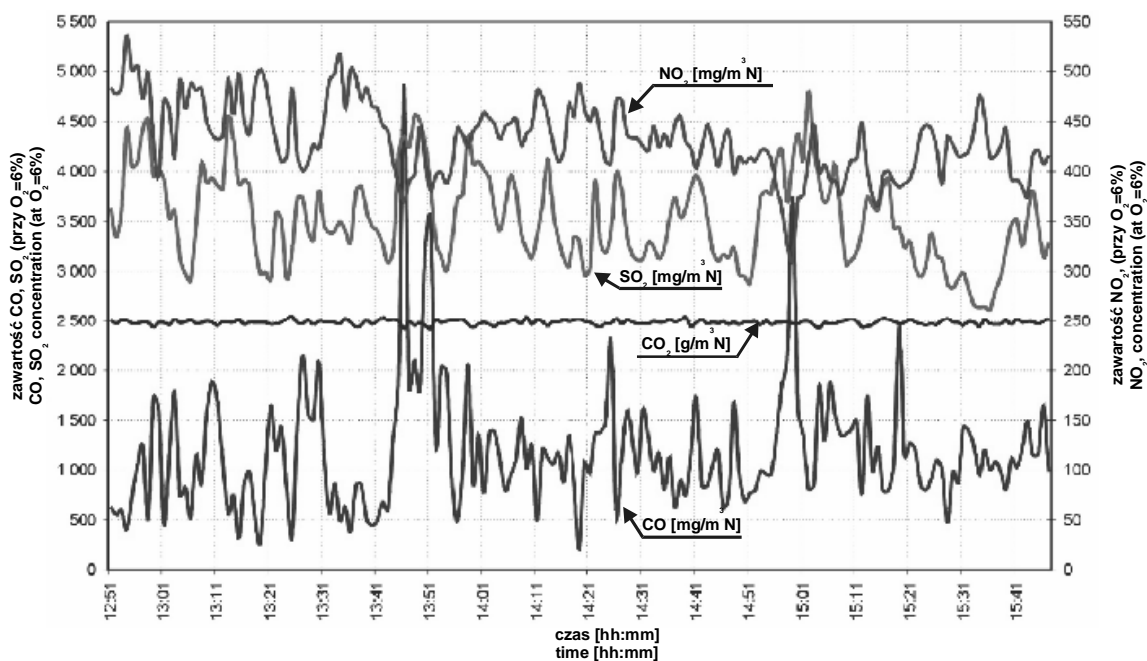
Rys. 4
Pelety w zbiorniku kotła

Fig. 4
Pellets in Ling Boiler Hopper

Tablica 5
Wyniki mierzonej emisji

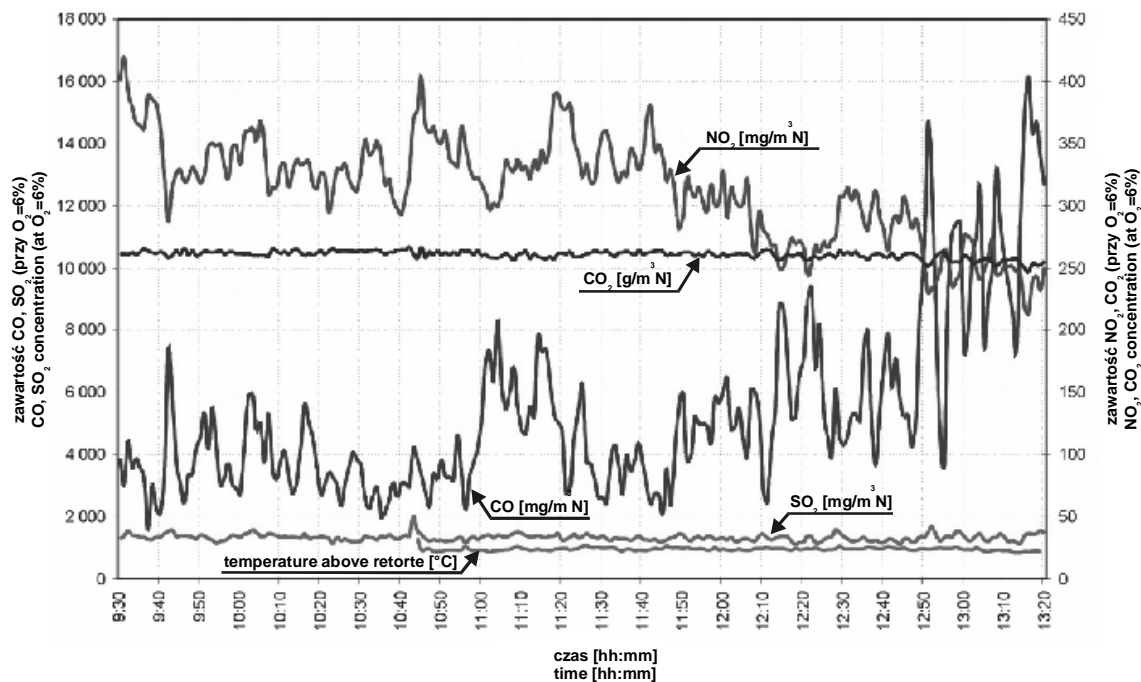
Table 5
Results of Measured Emissions

Paliwo Fuel	CO mg/m ³ _n	CO ₂ g/m ³ _n	SO ² mg/m ³ _n	NO _x mg/m ³ _n	Skuteczność odsiarczania % Desulphurization Efficiency %
Pelety 7 Pellets 7	5 318	263	1 328	313	62,4
Węgiel brunatny Brown coal	1 186	251	3 531	432	—



Rys. 5
Wartości mierzonej emisji przy spalaniu samego węgla

Fig. 5
Values of Measured Emissions for Clean Coal



Rys. 6
Wartości mierzonej emisji przy spalaniu
węgla brunatnego z dodatkiem biomasy

Fig. 6
Values of Measured Emissions for Brown coal
Pellets with Biomass Addition

4.1. Przygotowywanie pelet w laboratorium z węgla o bardzo wysokiej zawartości siarki

Po uzyskaniu pozytywnych wyników z peletami z dodatkiem malwy, kiedy emisja SO₂ spadła poniżej wartości zgodnej z normami emisji, do przygotowania pelet zastosowano węgiel brunatny o bardzo wysokiej zawartości siarki z udziałem biomasy około 50%. Do tego celu zastosowano węgiel o parametrach jak w tabeli 6. W tabeli tej pokazano również wyniki analizy podstawowej przygotowanych pelet.

4.1. Laboratory Preparation of Pellets from Extra High Sulphur Content Coal

With regard to positive results acquired in pellets with sorrel, when the SO₂ emission values were decreased to the value under the emission limit, the coal with extra high content of sulphur was used for preparation of pellets with the biomass share about 50%. Coal with the parameters shown in the Table 6 was used for it. In this table the results of the basic analysis of prepared pellets are shown too.

Tablica 6
Podstawowa analiza pelet

Table 6
Basic Analysis of Used Coal

Próbka Sample	W ^a	A ^d	Q _s ^d	Q _s ^{daf}	Q _i ^d	Q _i ^{daf}	S ^d	H ^{daf}
Jednostka Identification	%	%	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg	%	%
Nadawa węglowa Feed coal	3,37	9,63	28,54	31,58	27,23	30,13	3,15	6,62
Peleta 8 Pellets 8	5,16	15,76	21,53	25,55	20,28	24,07	1,51	6,77

Dane zamieszczone w tabeli 6 wskazują wyraźnie, że zawartość siarki w peletach jest obniżona o ponad 50% w stosunku do węgla. Przy spalaniu węgla z taką zawartością siarki, według wyliczeń zamieszczonych na rys. 2, można przewidzieć emisje SO₂ na poziomie 6 500 mg/m³, a przy spalaniu pelet na poziomie 3 500 mg/m³ nie uwzględniając odsiar-

It is clear from the table that the sulphur content was decreased in more than 50%. This amount of sulphur would, according to a theoretical calculation stated on the Figure 2, correspond the emission values of sulphur dioxide ca 6 500 mg/m³ (extrapolated value). In case of the produced pellets the value of emissions is about 3 500 mg/m³ of sulphur

czania podczas spalania. Ze względu na to, że w skład pelet wchodzi dodatki powodujące odsiarczanie podczas spalania ze skutecznością ok. 30% można przewidywać wielkość emisji na poziomie 2 400 mg/m³ co już umożliwi spełnienie limitu emisji. W tym przypadku do przygotowania pelet użyto węgla, o wyjątkowo wysokiej zawartości siarki, który występuje bardzo rzadko.

Test spalania nie został jeszcze przeprowadzony.

5. Wnioski

Przy spalaniu węgla, szczególnie węgla brunatnego pojawiają się duże ilości emisji zanieczyszczeń. Problem ten można by rozwiązać poprzez dodanie biomasy lub innych odnawialnych paliw do produkcji pelet opartych na węglu. Takie odnawialne paliwo dodane do wysoko zasiarzonego węgla zmniejsza emisję zanieczyszczeń. Artykuł ten opisuje weryfikację takiej produkcji przeprowadzonej w Most z wysoko zasiarczonym węglem i biomasą jako dodatkiem. W testach spalania w małych urządzeniach uzyskano wyjątkowo wysoki poziom odsiarczania rzędu 62,4%.

Podziękowania

Praca została przygotowana przy współpracy z Ministerstwem Edukacji, Młodzieży i Kultury Fizycznej Republiki Czeskiej w ramach projektu badawczego No. MSM 4456918101.

dioxide. This value does not meet the scheduled emission limit. Taking into account 30% desulphurization the emission value will reach the limit ca 2 400 mg/m³ which enables to meet the limit.

The combustion test with these pellets was not performed yet.

5. Conclusions

In the coal combustion, mainly brown coal, a big amount of emissions appears. This issue could be solved by adding biomass or other renewable sources to the production of pellets based on coal. Such added renewable source to high sulphur coal decreases the emission of pollutants. This article describes the verification of this production with Most high sulphur coal and biomass addition. In the combustion tests an outstanding level of desulphurization 62.4% was reached in a small facility.

Acknowledge

This work was prepared with the support of the Ministry of Education, Youth and Physical Education of the Czech Republic in the framework of the research project No. MSM 4456918101.

Literatura — References

1. Sedlacek P., Vales J., Zavada J., Riedlova S. *Production of a new type of fuel from coal mass and waste products from wreck car disposal, 8th Conference on Environment and Mineral Processing, Part II, VSB-TU Ostrava, 2004, ISBN 80-248-0559-6*
2. Sedlacek P., Vales J., Fecko P., Cablik V. *Verification of Suitability of Ground Rough Dust for Pellets Production, Waste Recycling VI, Kosice, 10.-11.10.2002, p.185-196, ISBN 80-248-0165-5*
3. Chudek M., Hycnar J., Janiczek S., Plewa F. *Wegiel brunatny – untylizacja surowców towarzyszących i odpadów elektrownianych, Wydawnictwo politechniki Śląskiej, Gliwice 1999*
4. Licznerski E. *Brykietowanie węgla, Wydawnictwo „Ślask“, Katowice 1970*
5. Fecko P., Sedlacek P., Vales J., Cablik V. *Verification of ground rough dross suitability for production of pellets: 6th Conference on Environment and Mineral Processing, part II, p.797-802, ISBN 80-248-0072-1*
6. Fecko P., Sedlacek P., Vales J. *Impact of Grain Size in Production of Brown coal Pellets, WASTES 2002, p.222-226, ISBN 80-968214-2-3*
7. Fecko P., Sedlacek P., Vales J., Cablik V. *Ecologic Pellets from Brown coal with Biomass Additive, WASTES RECYCLING VII 2003, ISBN 80-248-0245-7*

Nazewnictwo

- W^a — zawartość wilgoci analitycznej testowanej próbki
- W_t^r — całkowita zawartość wilgoci w stanie roboczym
- A^d — zapopielenie w stanie suchym
- A^r — zapopielenie w stanie roboczym
- S^d — całkowita zawartość siarki całkowitej w stanie suchym
- S^r — zawartość siarki całkowitej w stanie roboczym
- H^d — zawartość wodoru w stanie suchym
- H^{daf} — całkowita zawartość wodoru w stanie suchym i bezpopiołowym
- Q_s^d — wartość opałowa w stanie suchym
- Q_s^{daf} — wartość opałowa w stanie suchym i bezpopiołowym
- Q_s^r — wartość opałowa w stanie roboczym
- Q_i^d — ciepło spalania w stanie suchym
- Q_i^{daf} — ciepło spalania w stanie suchym i bezpopiołowym
- Q_i^r — ciepło spalania w stanie roboczym

List of definitions

- W^a — moisture content (water content) in the general analysis test sample
- W_t^r — total moisture content (water content) on as-received basis
- A^d — ash content on dry basis
- A^r — ash content on as-received basis
- S^d — total sulphur content on dry basis
- S^r — total sulphur content on as-received basis
- H^d — total hydrogen content on dry basis
- H^{daf} — total hydrogen content on volatile basis
- Q_s^d — gross calorific value on dry basis
- Q_s^{daf} — gross calorific value on volatile basis
- Q_s^r — gross calorific value on as-received basis
- Q_i^d — net calorific value on dry basis
- Q_i^{daf} — net calorific value on volatile basis
- Q_i^r — net calorific value on as-received basis