



Czynniki wpływające na zmienność podatności transportowej węgla energetycznych

Factors influencing transportability of steam coals

Witold WAWRZYNKIEWICZ¹⁾

¹⁾ Dr; Główny Instytut Górnictwa, Zakład Oceny Jakości Paliw Stałych; Pl. Gwarków 1, 40-166 Katowice; tel.: (+ 48-32) 259-26-09, faks: (+ 48-32) 259-65-33, e-mail: swxww@gig.katowice.pl

RECENZENCI: *ass. prof. dr Ljudmilla BOKÁNYI Ph.D., C.Sc.; prof. dr hab. inż. Wiesław BLASCHKE*

Streszczenie

Jednym z ważnych parametrów charakteryzujących drobne sortymenty węgla energetycznych jest ich podatność transportowa. Cecha ta jest ważną właściwością węgla, szczególnie interesującą wytwórców energii, gdyż niedostateczna podatność transportowa partii węgla powoduje określone trudności w rozładunku, co prowadzi do przestojów i awarii ciągów transportowych.

Zachowanie się drobnoziarnistych węgla energetycznych podczas przewozów, załadunków i wyładunków, składowania oraz dozowania zależy od takich czynników jak wilgoć, uziarnienie, zawartość popiołu i jego skład mineralogiczny. Do tej pory wpływ tych parametrów na wskaźnik podatności transportowej w literaturze naukowo – technicznej nie był szerzej opisany.

Summary

Transportability is an important feature characterising fine fractions of steam coal. It is of particular interest for power generators, since inadequate transportability of a batch of coal results in unloading problems, leading to outages and failures of coal handling lines.

The behaviour of fine steam coal during transport, loading and unloading, storage and feeding depends on such factors as moisture content, size composition, ash content and mineralogical composition. Until now the effect of these parameters on transportability index has not been elaborated upon in technical literature.

1. Wstęp

Paliwa stałe są podstawowym surowcem do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła w Polsce. Wszelkie prognozy wskazują, że paliwa te, a przede wszystkim węgiel kamienny będą utrzymywać swą wiodącą pozycję również w przyszłości. Przemysłowa przydatność drobnoziarnistych produktów węglowych, kierowanych do zakładów energetycznych, zależy poza wartością opałową, zawartością popiołu czy też siarki przede wszystkim od uwarunkowań w zakresie ich transportu, dozowania i składowania. Możliwość transportowania węgla charakteryzowana jest właściwością określaną jako jego podatność transportowa wg PN-82/G-04544.

Często zdarza się że węgle energetyczne (sortymenty miałowe i mułowe) mają niską podatność transportową oklejają wagony, przenośniki i przesyepy, powodując przestoje i awarie urządzeń transportowych. Podatność transportowa jest ważną właściwością węgla, interesującą zwłaszcza wytwórców energii także dlatego, że na podstawie tego parametru charakteryzowane są sortymenty miałowe i mułowe węgla kamiennego jako odmiany klas według (PN-82/G-97003), a więc stanowią czynnik cenotwórczy węgla.

W pracy tej przedstawiono badania nad 9 typowymi, występującymi na rynku miałami energetycznymi. Dzięki tym badaniom uzyskano doświadczalne

1. Introduction

Solid fuels are basic raw material for power and heat generation in Poland. According to numerous prognoses, these fuels — and especially hard coal — are likely to maintain their leading position in future as well. Industrial usability of small coals supplied to power plants depends, apart from their calorific value, ash and sulphur content, mostly on handling and storage conditions. Possibility of transporting coal is defined as its transportability according to the standard PN-82/G-04544.

Quite frequently steam coals (smalls and fines) of low transportability stick to wagons, conveyors and transfer equipment, causing their outages and breakdowns. Transportability is an important feature of coal, of much interest especially to power generating companies, also because this parameter, characterising particular sizes of hard coal smalls and fines as classes (according to PN-82/G-97003), is a factor which determines the price of coal.

This paper presents studies of 9 common types of steam coal smalls. The results have confirmed, in experimental way, the impact of certain properties of coal on its transportability. Until now the relationship between the properties of small coals and coal blends has been noted in practice, yet

potwierdzenie wpływu pewnych właściwości węgla na podatność transportową. Do tej pory pewne zależności między właściwościami miałów i mieszanek węglowych były obserwowane w praktyce, jednak badania nad tym zjawiskiem nie były opisane w literaturze naukowo – technicznej.

2. Klasyfikacja węgla wg podatności transportowej

Węgiel kamienny przeznaczony dla celów energetycznych został podzielony na szereg klas, gatunków i odmian, co przedstawia Polska Norma [1]. Wzależności od wartości wskaźnika podatności transportowej sortymentów miałowych i mułowych węgla kamiennego rozróżnia się trzy odmiany węgla (tablica 1).

Tablica 1
Podział na odmiany wg wskaźnika podatności transportowej

Nazwa sortymentu Size grade of coal	Wskaźnik podatności transportowej Transportability index	Podatność transportowa Transportability	Symbol odmiany Symbol of coal variety
Miałowe Smalls	do up to 1 000	Normalna Normal	A
	>1000 do up to 2 000	Średnio obniżona Medium low	B
	>2000	Znacznie obniżona Low	C
Mułowe Fines	do up to 1 000	Normalna Normal	A
	do up to 3 000	Średnio obniżona Medium low	B
	>3000	Znacznie obniżona Low	C

3. Sposoby określania podatności transportowej

W literaturze technicznej opisanych jest kilka sposobów oznaczania podatności transportowej drobnoziarnistych sortymentów węglowych, nazywanej przez niektórych autorów zdolnością transportową.

W Zagłębiu Durham [2] prowadzono prace mające na celu zmniejszenie trudności transportowych drobnych produktów węglowych. Stosowano tam metodę dodawania do koncentratów węglowych niewielkiej ilości olejów napędowych. Zdolność transportową określano przez pomiar czasu opróżniania wagonów kolejowych. Wyniki pomiarów uzupełniano opisowo uwagami, jak np. „w kącie wagonu pozostały małe ilości materiałów”. Powyższą metodą nie da się porównywać różnorodnych produktów, zwłaszcza w różnych warunkach transportu.

W innej metodzie [3] próbowano mierzyć podstawowe fizyczne własności, które jak się spodziewano mają wpływ na zdolność transportową. Były

studies of this phenomenon have not been described in literature.

2. Classification of coal according to its transportability

Hard coal used in power generation plants is classified into a number of size grades, sorts and types, presented in the Polish Standard [1]. Depending on values of transportability index of small and fine coal, three varieties of coal are distinguished (table 1).

Table 1
Classification of coal according to transportability factor

3. Methods of determining transportability

Scientific literature contains a few descriptions of methods used to determine transportability of small coals.

At Durham Coal Basin [2] works were carried out to reduce handling problems caused by smalls. The method applied involved adding small amounts of fuel oil to clean coal. Transportability was determined by measuring the time of unloading railway wagons. Results of measurements were supplemented with remarks, e.g. “a small amount of material remained in corners of the wagon”. This method, however, cannot be used to compare various products, especially in different handling conditions.

Another method [3] attempted to measure basic physical properties which presumably affected the transportability. The parameters were: internal friction angle, cohesion of coal particles, adhesion

to: ką tarcia wewnętrznego, kohezja ziaren węglowych oraz adhezja i tarcie materiału o powierzchnie urządzeń. Powyższe badania wykazały zbyt małe różnice mierzonych wielkości dla poszczególnych materiałów, zachowujących się różnie podczas transportu. W dalszej części badań skonstruowano przyrząd złożony z niewielkiego stożkowego naczynia wprawianego w ruch posuwisto – zwrotny. Czas wypływu materiału z tego naczynia był miarą zdolności transportowej.

W literaturze technicznej można spotkać także metodę opartą na pomiarze ilości miazła przechodzącego przez wstrząsane sito w określonym czasie i w standardowych warunkach [4]. Opisane zostały wyniki badań porównawczych zdolności transportowej próbek miazła poddawanych działaniu różnych czynnych powierzchniowo odczynników. Dodatek oleju napędowego spowodował polepszenie zdolności transportowej większości badanych węgla.

Opisano także [5] wyniki pomiarów zdolności transportowej miazłów węgla brunatnego. Podjęto w tym przypadku próbę wprowadzenia wskaźnika charakteryzującego zachowanie się danego węgla podczas opróżniania zbiorników. Próby przeprowadzono za pomocą standardowego zbiornika pomiarowego z wymiennymi lejami i zmienną powierzchnią oraz zmienionym kształtem otworu wpustowego. Wskaźnik zdolności wypływu zdefiniowano jako tzw. przepustowość właściwą na jednostkę powierzchni otworu wpustowego w jednostkowym czasie.

W Polsce wskaźnik podatności transportowej sortymentów miazłowych określa się wg Polskiej Normy [6] pt. „Oznaczanie wskaźnika podatności transportowej metodą GIG”. Metoda ta polega na pomiarze wytrzymałości na rozciąganie specjalnie do tego celu uformowanych słupków węglowych o różnych wysokościach, naniesieniu wyników pomiarów na siatkę logarytmiczną i odczytaniu z wykresu wartości wskaźnika podatności transportowej dla teoretycznego słupka węglowego o wysokości 0 mm [7].

4. Badania wykonane na miazłach węglowych występujących na polskim rynku

Jak już wspomniano we wstępie produkty węglowe o najdrobniejszym uziarnieniu, często oblepiają urządzenia transportowe, nie dając się mechanicznie przeładowywać, zatykają wyloty zbiorników i dozowniki stając się przyczyną częstych zakłóceń i awarii w czasie transportu. Ponieważ wpływ wilgoci na zmienność wskaźnika podatności transportowej jest łatwo obserwowalny w praktyce, można spotkać się z poglądem, że zależność od wilgoci jest wystarczającym kryterium oceny podatności transportowej. Jednak zachowanie się drobnoziarnistych materiałów podczas przewozów, załadunków i wyładunków, składowania oraz dozowania zależy także od

and friction of material against the surface of equipment. The studies demonstrated that differences between the measured parameters of particular materials, showing different behaviour during transport, were too small. At a further stage of the research a device made up of a small conical vessel, set in to-and-fro motion was constructed. The time of the material outflow from the vessel was the measure of its transportability.

Another method described in scientific literature is based on measurements of the amount of material passing through a vibrating sieve in a unit of time, in standard conditions [4]. Comparative analysis of transportability of small coal samples, subject to different surfactants agents, was described. Addition of oil improved the transportability of most of the considered coals.

Results of transportability measurements of small brown coal were described as well [5]. In this case an attempt was made to arrive at an index characterising the behaviour of a given kind of coal while emptying bunkers. Tests were performed with use of a standard measurement bunker with replaceable hoppers and variable surface, as well as inlet hole of a modified shape. The outflow index was defined as so-called flow capacity per unit of area of the outlet hole in a time unit.

In Poland the transportability index of small coals is determined according to a Polish Standard [6] “Determining the transportability index by GIG method”. The method consists in measuring the tensile strength of specially formed coal cylinders of different height, plotting the results on logarithmic paper and reading the values of transportability index for a theoretical coal cylinder of 0 mm height from the graph [7].

4. Tests performed on small coals available on Polish market

As mentioned in the introduction, the smallest fractions of coal often stick to handling equipment, thus hindering mechanical handling, choke outlets of bunkers and feeding equipment causing numerous failures and breakdowns. Since the effect of moisture on transportability index is clearly visible in practice, an opinion is quite common that the moisture content is a sufficient criterion to assess transportability. However, the behaviour of fine-grained materials during transport, loading an unloading, storage and feeding also depends on other factors, such as size composition, ash content and mineralogical composition. Until now

innych czynników takich jak uziarnienie, zawartość popiołu i jego skład mineralogiczny. Do tej pory wpływ tych parametrów na wskaźnik podatności transportowej w literaturze naukowo – technicznej nie był opisany.

4.1. Materiały i metody badań

Oznaczenie podatności transportowej, składu mineralnego, zawartości popiołu i wilgoci dokonano na 9 próbkach miazg węglowych pochodzących z różnych kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Badane były najczęściej występujące na polskim rynku miazgi węglowe – M II (< 20 mm).

Próbka nr 1	KWK Śląsk
Próbka nr 2	KWK Bielszowice
Próbka nr 3	KWK Czczott
Próbka nr 4	KWK Brzeszcze
Próbka nr 5	KWK Ziemowit
Próbka nr 6	KWK Silesia
Próbka nr 7	KWK Chwałowice
Próbka nr 8	KWK Bogdanka
Próbka nr 9	KWK Piast

W celu prześledzenia jaki wpływ na podatność transportową ma zmienność pewnych czynników przeprowadzono dla wszystkich próbek badania zawartości składu ziarnowego, zawartości wilgoci (całkowitej, analitycznej, przemijającej), popiołu oraz jego skład mineralogiczny.

Oznaczeń podatności transportowej, zawartości popiołu i wilgoci dokonano zgodnie z normami PN w Laboratorium Oceny i Prognoz Jakości Węgla.

Oznaczanie wilgoci w próbce analitycznej i wilgoci całkowitej:

- PN-G-04560:1998, PN-80/G-04511.

Oznaczanie zawartości popiołu:

- PN-G-04560:1998, PN-80/G-04512.

Oznaczenie podatności transportowej:

- PN-82/G-04544.

Badania substancji mineralnej zawartej w próbkach dokonał Zakład Mineralogii Wydziału Nauk o Ziemi U.Śl. Substancję mineralogiczną poddano analizie rentgenowskiej przy użyciu dyfraktometru rentgenowskiego firmy Philips PW 3710. Identyfikacji dyfraktogramów dokonał Zakład Mineralogii WNoZ U.Śl.

4.2 Identyfikacja dyfraktogramów

Próbka 1

Minerały w tej próbce są reprezentowane przez krzemiany warstwowe (ok 50% obj całej substancji mineralnej) wśród których przeważa kaolinit typu 1Md, a więc słabo uporządkowany oraz illit w mieszaninie ze strukturami mieszanopakietowymi illit/smektyt. Zawartość kwarcu ok. 40% obj i kilkupro-

the influence of these parameters on transportability index has not been described in scientific literature.

4.1. Materials and testing methods

Transportability, mineralogical composition, ash and moisture content were determined for 9 samples of coal fines from various mines of the Upper Silesian Coal Basin. The tests were performed on coal fines most common on the Polish market – M II (< 20 mm).

Sample no. 1	KWK Śląsk
Sample no. 2	KWK Bielszowice
Sample no. 3	KWK Czczott
Sample no. 4	KWK Brzeszcze
Sample no. 5	KWK Ziemowit
Sample no. 6	KWK Silesia
Sample no. 7	KWK Chwałowice
Sample no. 8	KWK Bogdanka
Sample no. 9	KWK Piast

In order to determine the effect of certain factors' variability on transportability of coal, all samples were subject to tests involving assessment of their size composition, moisture content (total, analytical, free), ash content and mineralogical composition.

Transportability, ash and moisture content were determined according to Polish Standards at the Laboratory of Coal Quality Assessment and Prognoses.

Moisture content of analytical sample and total moisture:

- PN-G-04560:1998, PN-80/G-04511.

Ash content :

- PN-G-04560:1998, PN-80/G-04512.

Transportability:

- PN-82/G-04544.

Tests of mineral matter contained in the samples were performed by Zakład Mineralogii Wydziału Nauk o Ziemi U.Śl. [Mineralogy Division, Department of Earth Sciences, University of Silesia]. Mineral matter was subject to X-ray analysis with use of a Philips X-ray diffractometer PW 3710. Diffraction patterns were identified by the a/m Division of Mineralogy.

4.2 Identification of diffraction patterns

Sample 1

Minerals in this sample are represented by stratiform silicates (about 50% vol. of the entire mineral matter) with predominance of kaolinite type 1Md, that is slightly/poorly ordered, as well as illite mixed with illite/smectite mixed pack structures. The content of quartz is about 40% vol. with a slight

centowe domieszki (3–6% obj.) dolomitu, piryt ze śladami goethytu i ślady kwarcu.

Próbka 2

Ta próbka ma najbardziej urozmaicony skład mineralny ze wszystkich zbadanych. Charakteryzuje się również obecnością dużej ilości kwarcu (ok. 45% obj.) Minerale ilaste stanowią tylko około 30% objętościowych całej substancji mineralnej w próbce i są reprezentowane przez słabo uporządkowany kaolinit oraz illit również o niskiej krystaliczności. W ilości nieco powyżej 15% obj. występuje dolomit, trochę mniej jest pirytu (ok. 12% obj.) a bardzo niewielkie domieszki stanowią syderyt, skalenie i kalcyt.

Próbka 3

Próbka w substancji mineralnej zawiera głównie minerały ilaste (ok. 45% obj.) reprezentowane przez kaolinit 1Md i illit ze strukturami mieszanopakietowymi illit/smektyt. Pozostałe minerały to kwarc (ok. 30% obj.), dolomit (ok. 12% obj.), piryt (ok. 8% obj.).

Próbka 4

Próba ta zawiera około 45 % objętościowych minerałów ilastych reprezentowanych przez kaolinit i illit. Pozostałe minerały to kwarc (35% obj.), minerały węglanowe (10 % obj.) oraz domieszki pirytu ze śladami goethytu.

Próbka 5

Próbka charakteryzuje się dużą zawartością krzemianów warstwowych w substancji mineralnej tj. kaolinitu słabo uporządkowanego i illitu w mieszaninie z pakietami pęczniejącymi, smektytowymi (ok. 45% obj.). W próbce występują także kwarc (30% obj.) oraz pewne ilości kalcytu, dolomitu, sfalerytu i pirytu.

Próbka 6

W składzie fazowym substancji mineralnej próbki obecne są minerały ilaste (ok. 30% obj.) z kaolinitem słabo uporządkowanym w większej ilości i illitem ze strukturami mieszanopakietowymi I/S w małej ilości. Pozostałe składniki to kwarc (ok. 35% obj.) spora ilość dolomitu żelazistego (20% obj.) oraz domieszki pirytu.

Próbka 7

Próbka charakteryzuje się dużą zawartością krzemianów warstwowych w substancji mineralnej tj. kaolinitu słabo uporządkowanego i illitu w mieszaninie z pakietami pęczniejącymi, smektytowymi (ok. 45% obj.). Kwarc występuje w mniejszej ilości (ok. 28% obj.), mniej jest też dolomitu (10% obj.), piryt ze śladami goethytu i syderyt obecne są w ilościach od około 5–10% obj.

admixture (3–6% vol.) of dolomite, pyrite with traces of goethite and quartz.

Sample 2

The mineral composition of this sample is the most diversified of all. It is also characterised by a considerable amount of quartz (approx. 45% vol.); clay minerals make only about 30% vol. of the entire mineral matter in the sample and are represented by slightly ordered kaolinite and illite of low crystallinity as well. The amount of dolomite slightly exceeds 15% vol., that of pyrite is smaller (about 12% vol.), while the admixtures of siderite, feldspar and calcite are very small.

Sample 3

The mineral matter in this sample contains mostly clay minerals (about 45% vol.), represented by kaolinite 1Md and illite with illite/smectite mixed pack structures. The remaining minerals are quartz (about 30% vol.), dolomite (about 12% vol.), and pyrite (about 8% vol.).

Sample 4

The sample contains about 45% vol. of clay minerals represented by kaolinite and illite. The remaining minerals are quartz (35% vol.), carbonate minerals (10% vol.) and admixtures of pyrite with traces of goethite.

Sample 5

This sample is characterised by a high content of stratiform silicates in the mineral matter, i.e. slightly ordered kaolinite and illite in a mixture with swelling smectic packs (about 45% vol.). The sample also contains quartz (30% vol.) and small amounts of calcite, dolomite, sphalerite and pyrite.

Sample 6

The phase composition of mineral matter in this sample involves clay minerals (about 30% vol.) with a considerable amount of kaolinite slightly and mixed packs illite structures. The remaining components are quartz (about 35% vol.), a considerable amount of ferruginous dolomite (20% vol.) and an admixture of pyrite.

Sample 7

The sample demonstrates a high content of stratiform silicates in mineral matter, i.e. slightly ordered kaolinite and illite in a mixture with swelling smectic packs (about 45% vol.). Quartz occurs in a smaller amount (about 28% vol.), the amount of dolomite is less (10% vol.); the amounts of siderite and of pyrite with traces of goethite are about 5–10% vol.

Próbka 8

W próbce występuje niewielka ilość kwarcu (ok. 25% obj. substancji mineralnej). Minerale ilaste stanowią około 35% obj. substancji mineralnej próbki i są reprezentowane przez kaolinit słabo uporządkowany oraz małą ilość illitu z pakietami smektytowymi. W ilości dość znacznej (ok. 20% obj.) obecny jest dolomit żelazisty, w nieco mniejszej ilości występuje syderyt (12 % obj.), a piryt z domieszką goethytu uzupełniają skład próbki.

Próbka 9

W składzie mineralnym próbki występują następujące składniki: kwarc (ok. 30 % obj.) minerale ilaste (ok. 40% obj.) z kaolinem słabo uporządkowanym i illitem ze strukturami mieszanopakietowymi illit/smektyt, dolomit (ok. 15% obj.) i piryt.

W próbce obecne są w ilościach domieszkowych: węglany z szeregu $MgCO_3 - FeCO_3$, które można określić jako syderoplesyt oraz prawdopodobnie gips.

4.3 Podatność transportowa badanych próbek

Informacje o podatności transportowej a także o zawartości popiołu i wilgoci w badanych próbkach miałow przedstawiono w tablicy 2. Badania tych parametrów były wykonane na próbkach w takim stanie w jakim zostały one dostarczone do laboratorium. Próbki na badanie podatności transportowej są dostarczane do laboratorium szczelnie zapakowane w podwójne worki foliowe w celu zabezpieczenia przed utratą wilgoci.

Tablica 2

Wartości wskaźnika podatności transportowej oraz zawartość wilgoci i popiołu w badanych próbkach

Nr próbki Sample no.	W_i' [%]	W_{ex} [%]	W^a [%]	A^a [%]	Podatność transportowa Transportability
1	6,86	4,21	2,77	25,39	818
2	5,85	3,57	2,36	23,51	224
3	7,61	5,96	1,75	25,02	850
4	9,81	5,24	4,82	22,96	847
5	9,62	7,94	1,82	21,74	717
6	10,24	5,34	5,18	23,18	258
7	8,91	6,76	2,31	29,74	664
8	7,93	6,22	1,82	22,86	915
9	14,45	12,50	2,23	23,20	1 400

Dodatkowo dla wszystkich próbek wykonano analizę ziarnową w celu prześledzenia jaki ma ona wpływ na wskaźnik podatności transportowej. Wydzielono frakcje ziarnowe <0,5mm, 0,5–3,0 mm i >3,0 mm (tablica 3).

Sample 8

The sample contains a small amount of quartz (about 25% vol. of mineral matter). Clay minerals make about 35% vol. of mineral matter in the sample and are represented by slightly ordered kaolinite and a small amount of illite with smectic packs. The amount of ferruginous dolomite is considerable and reaches about 20% vol.; the amount of siderite is slightly less (12 % vol.), and pyrite with admixture of goethite complete the composition of this sample.

Sample 9

The mineral composition of this sample is as follows: quartz (about 30% vol.), clay minerals (about 40% vol.) with slightly ordered kaolinite and illite with illite/smectite mixed pack structures, dolomite (about 15% vol.) and pyrite.

The sample also contains slight admixtures of carbonate of $MgCO_3 - FeCO_3$ series, which can be defined as syderoplesite and probably gypsum.

4.3 Transportability of tested samples.

Data on transportability of the tested small coal samples, as well as their ash and moisture content, are given in table 2. Tests of the parameters were performed on samples in condition as supplied to the laboratory. Samples for determination of transportability are delivered tightly packed in double plastic bags in order to protect the contents from loss of moisture.

Table 2

Transportability index and the content of moisture and ash in tested samples

Additionally, a size analysis was performed for all samples in order to find out the effect of coal size on the transportability index. Size fractions <0.5 mm, 0.5–3.0 mm and >3.0 mm were separated (table 3).

Tablica 3
Klasy ziarnowe oraz zawartość minerałów ilastych
w badanych próbkach

Table 3
Size fractions and content of clay minerals
in tested samples

Nr próbki Sample no.	Analiza ziarnowa [% wag] Size analysis [weight %]			Podatność transportowa Transportability	Zawartość minerałów ilastych w substancji mineralnej, [% obj] Content of clay minerals in mineral matter, [vol. %]
	<0,5 mm	0,5–3,0 mm	>3,0 mm		
1	8,2	20,8	71,0	818	50
2	15,2	30,4	54,4	224	30
3	12,2	35,8	52,4	850	45
4	19,3	30,6	50,1	847	45
5	16,8	45,1	38,1	717	45
6	13,6	27,7	58,6	258	30
7	12,9	34,8	52,3	664	45
8	14,3	36,5	49,2	915	35
9	36,0	29,12	34,88	1 400	40

5. Zmienność wskaźnika podatności transportowej w sortymentach miałowych

Jak widać na podstawie tablicy 2 badane próbki charakteryzują się różnymi wartościami podatności transportowej od 224 dla próbki nr 2 do 1400 dla próbki nr 9.

Zawartość popiołu (substancji mineralnej) dla wszystkich próbek jest zbliżona i waha się w granicach od 21,74 (próbka 5) do 29,74 (próbka 7). Zawartość wilgoci całkowitej w badanych próbkach jest natomiast bardzo zróżnicowana i waha się w granicach od 5,85, dla próbki o najniższym wskaźniku podatności transportowej (próbka 2 – 224) do 14,45, dla próbki dla której wyznaczono najwyższy wskaźnik podatności transportowej — 1400. Jest to zgodne z obserwowaną w praktyce zależnością pomiędzy podatnością transportową i wilgotnością transportowanego mialu. Jednak nie obserwujemy tej zależności dla próbki numer 6. Mimo dość wysokiej zawartości wilgoci (10,24%) wskaźnik podatności transportowej tej próbki mialu jest niski i wynosi 258. Zgodnie z założeniem, że podatność transportowa zależy nie tylko od wilgoci ale także składu ziarnowego i składu mineralnego wykonano odpowiednie badania. W tablicy 3 obok podatności transportowej poszczególnych próbek przedstawiono również ich analizę sitową (dla ziaren <0,5 mm, 0,5–3 mm i >3,0 mm), oraz przedstawiono zawartość minerałów ilastych (% objętościowe) w substancji mineralnej wynikającą z interpretacji dyfraktogramów. Minerale ilaste są tymi minerałami, które w stanie wilgotnym stają się plastyczne i w znacznym stopniu zwiększają swoją lepkość.

Jak wynika z tablicy 3, próbka 8 zawiera stosunkowo niewielką ilość minerałów ilastych (30 %

5. Variability of transportability index in small coal fractions.

As demonstrated by table 2, the tested samples are characterised by various degrees of transportability, from 224 (sample no. 2) to 1400 (sample no. 9). The content of ash (mineral matter) in all samples is similar and ranges from 21.74 (sample no. 5) to 29.74 (sample no. 7). The total moisture content is much diversified and ranges from 5.85 for the sample of the lowest transportability index (sample no. 2 – 224) to 14.45 for the sample in which the highest transportability index of 1400 was determined. The above is consistent with the relationship observed in practice between the transportability and moisture content of the handled material. However, this relationship is absent in the case of sample no. 6. In spite of a considerably high moisture content (10.24%) the transportability index of this small coal sample is low and equals 258. Following the assumption that transportability depends not only on moisture content but also on size and mineral composition, adequate tests were performed. Apart from transportability of particular samples, Table 3 presents their sieve analysis (for particles <0.5 mm, 0.5–3 mm and >3.0 mm) and the content of clay minerals (% vol.) in mineral matter, based on diffraction patterns. Clay minerals become plastic in wet condition and their viscosity considerably increases.

According to table 3, sample no. 8 contains a relatively small amount of clay minerals (30% vol. of mineral matter) and the content of the finest fractions (<0.5 mm) is 13.6. Relatively low values of these parameters, in spite of

obj. substancji mineralnej) a najdrobniejszej badanej frakcji ziarnowej (<0,5mm) zawiera 13,6%. Stosunkowo niskie wartości tych parametrów, mimo dość wysokiej zawartości wilgoci dają w rezultacie niski wskaźnik podatności transportowej. Dla próbki nr 1 obserwujemy najwyższą zawartość minerałów ilastych w substancji mineralnej (50% obj), jednak przy dość niskiej zawartości wilgoci (6,86%) i niskiej zawartości ziaren frakcji <0,5 mm (8,2%) wartość wskaźnika podatności przemiałowej mieści się w wartościach średnich dla badanych próbek i wynosi 818. Próbka nr 9 zawiera mniej minerałów ilastych w substancji mineralnej (40% obj), jednak wysoka zawartość wilgoci a ponadto wysoka zawartość ziaren o wielkości <0,5 mm (36%) powoduje, że spośród badanych próbek wykazuje ona najwyższy wskaźnik podatności transportowej.

Dla pozostałych próbek zawartość minerałów ilastych w substancji mineralnej waha się w granicach 35–45% obj. co przy stosunkowo niskich zawartościach wilgoci i niskiej zawartości drobnej frakcji ziarnowej daje na tle badanych próbek średnie wartości wskaźników podatności transportowej.

Zmienność podatności transportowej jak pokazano powyżej zależy od wilgoci, składu mineralnego i składu ziarnowego. W ramach tej pracy prześledzono także przebieg zmienności podatności transportowej gdy zmieniamy tylko jeden z czynników. tj np. wilgoć lub uziarnienie.

W tym celu wybrano dwie próbki, jedną o wysokim (próbka 7) i jedną o niskim wskaźniku podatności transportowej (próbka 4). Probki rozdzielono na frakcje ziarnowe o wielkości ziarna <0,5 mm, 0,5–3,0 mm i >3,0 mm i następnie dla każdej frakcji badano podatność transportową przy zmiennej wilgotności próbki (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%).

Jak widać (rysunek 1 i 2) im większa zawartość wilgoci w próbce tym wyższy wskaźnik podatności transportowej. Zgodnie z oczekiwaniami, najgwałtowniejszy wzrost wskaźnika obserwuje się dla frakcji ziaren drobnych (<0,5 mm), podczas gdy dla ziaren >3 mm wskaźnik jest bliski 0 i wraz ze wzrostem wilgoci praktycznie nie zmienia się. Przy wilgotności 5% podatność transportowa wszystkich klas ziarnowych badanych próbek jest normalna (tablica 1) czyli można badane miały zaklasyfikować do odmiany A. Dla grubszych frakcji ziarnowych wzrost zawartości wilgoci nie powoduje znacznego obniżenia podatności transportowej i w związku z tym nie pociąga to za sobą konieczności zmiany symbolu odmiany. Jednak w najdrobniejszej frakcji (<0,5 mm) zmiany mają gwałtowniejszy przebieg i wzrost zawartości wilgoci powoduje, że podatność transportowa dla tej frakcji z próbki 6 przy wilgotności 15% jest średnio obniżona co powoduje zmianę klasyfikacji odmiany na B. Natomiast podatność transpor-

considerably high moisture content, result in a low transportability index. Sample no. 1 demonstrates the highest content of clay minerals in mineral matter (50% vol.), yet at a relatively low moisture content (6.86%) and low content of <0.5 mm size (8.2%) the value of grindability index falls within the average range for the tested samples and equals 818. Sample no. 9 contains less clay minerals in mineral matter (40% vol.), yet the high content of moisture and of <0.5 mm size (36%) results in the highest transportability index among the tested samples.

In the remaining samples the content of clay minerals in the mineral matter ranges from 35 to 45% by weight, which at a relatively low content of moisture and of fine fraction yields average values of transportability indices as compared with other samples in question.

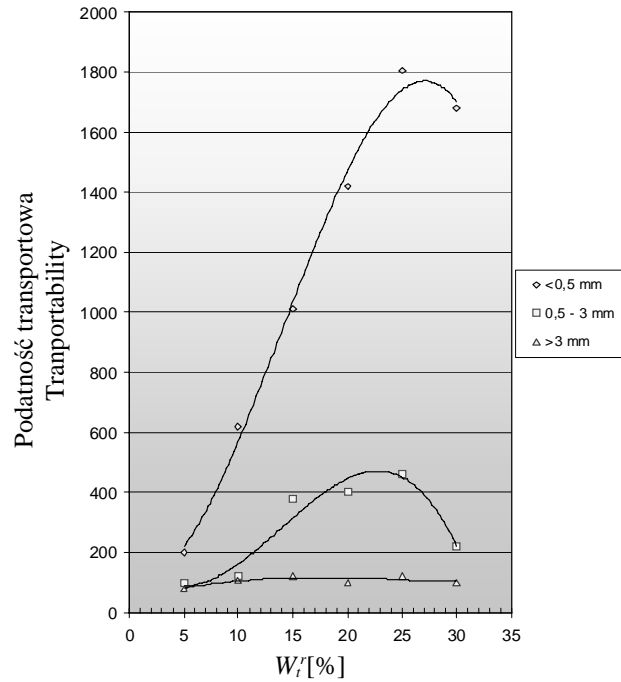
As demonstrated above, variability of the transportability depends on moisture content, mineral composition and size of particles. However, the present paper also investigates the course of variability when only one parameter changes, e.g. moisture content or size.

For this purpose two samples were selected, one of a high (sample no. 7) and one of low transportability index (sample no. 4). The samples were separated into size fractions <0.5 mm, 0.5–3.0 mm and >3.0 mm and their transportability was assessed at variable moisture contents of the sample (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%) in each size fraction.

As demonstrated by Fig. 1 and 2, the higher the moisture content of a sample, the higher its transportability index. As expected, the sharpest increase if the index is observed in fine particle fractions (<0.5 mm), whereas for particles >3 mm the index is close to 0 and practically does not change with the increase of moisture content. At a moisture content of 5% the transportability of all size ranges of the tested samples is normal (table 1); thus the tested samples may be classified as coal variety A. In case of coarser size fractions the increase of moisture content does not affect considerably the transportability and thus it does not necessitate changing the coal variety symbol. However, in the finest fraction (<0.5 mm) the course of the changes is more dramatic. As a result of the moisture content increase the transportability of this fraction from sample no. 6 is medium low at 15% moisture which further necessitates changing classification of this type into B. On the other hand, the transportability of size fraction <0.5 mm from sample no. 9 becomes medium low (coal variety B) at a moisture content below 10% already,

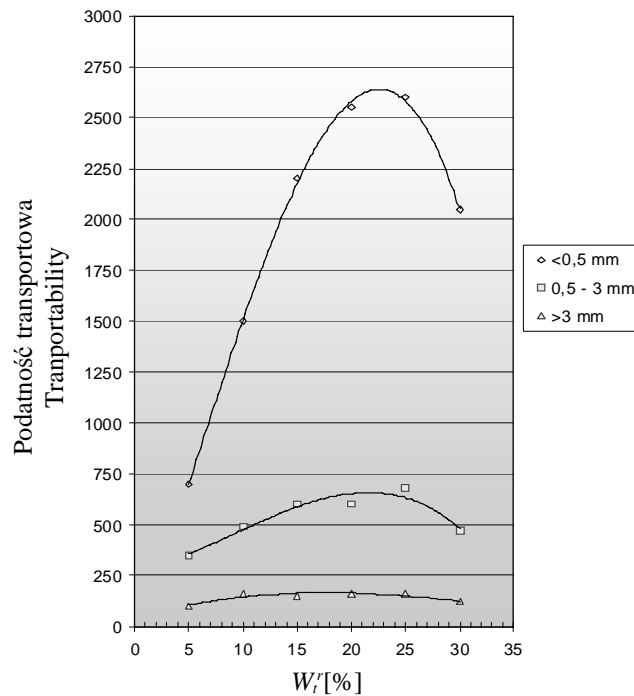
towa frakcji <0,5 mm dla próbki 9 zaczyna być średnio obniżona (odmiana B) już przy wilgotności poniżej 10%, a przy zawartości wilgoci około 15% jest znacznie obniżona (odmiana C).

while at about 15% it is considerably lowered (coal variety C).



Rys. 1
Zależność pomiędzy zawartością wilgoci i wskaźnikiem podatności transportowej dla różnych klas ziarnowych wydzielonych z próbki 6

Fig. 1
Relationship between the moisture content and transportability index for different size fractions separated from sample no. 6.



Rys. 2
Zależność pomiędzy zawartością wilgoci i wskaźnikiem podatności transportowej dla różnych klas ziarnowych wydzielonych z próbki 9

Fig. 2
Relationship between moisture content and transportability index for various size fractions separated from sample no. 9

Przeprowadzone badania pozwalają sądzić, zgodnie z obserwacjami praktycznymi, że im bardziej wilgotny materiał tym jego podatność transportowa mniejsza. Prawdopodobnie ta jest słuszna do momentu przekroczenia pewnej granicznej zawartości wilgoci, powyżej której wytrzymałość na rozciąganie spada. Jak można zaobserwować na rysunkach 1 i 2 spadek ten następuje przy zawartości wilgoci całkowitej przekraczającej wartość ok. 25%.

Krzywe ukazujące zmiany wskaźnika podatności transportowej w zależności od zawartości wilgoci w poszczególnych klasach ziarnowych mają podobny przebieg dla obu badanych próbek. Jednak wskaźnik podatności transportowej dla próbki nr 9 osiąga dla poszczególnych zawartości wilgoci wyższe wartości (szczególnie widoczne dla klasy ziarnowej <0,5 mm). Jest to spowodowane wyższymi zawartościami substancji ilastych w tej próbce (tablica 3).

Przedstawione wykresy wyraźnie ukazują, że zawartość wilgoci nie jest wystarczającym kryterium według którego można oceniać podatność transportową. Jest to możliwe tylko w takich przypadkach, gdy przeprowadza się porównanie zdolności transportowej mialów lub mułów zbliżonych pod względem składu mineralogicznego i składu ziarnowego.

Należy zwrócić również uwagę na fakt, że znaczna zmiana podatności transportowej może nastąpić już po sprzedaży węgla (opady atmosferyczne), powodując pogorszenie jego odmiany. Dlatego nabywcy mialów i mieszanek węglowych powinni być świadomi, że deklarowany przez sprzedawców mial lub mieszanka węglowa o normalnej podatności transportowej może w trakcie użytkowania (transport, dozowanie) stać się materiałem o podatności transportowej znacznie obniżonej. Laboratoryjne badanie na podatność transportową przy zmiennej zawartości wilgoci mogłoby informować czy dany mial lub mieszanka przy gwałtownym wzroście zawilgocenia nie spowoduje przestojów na skutek oklejania wagonów przenośników i przesyków.

6. Wnioski

1. Minerale ilaste są tym składnikiem substancji mineralnej, których ilość w największym stopniu decyduje o wielkości wskaźnika podatności transportowej. Jest to spowodowane tym, że w stanie wilgotnym minerale ilaste stają się plastyczne i w znacznym stopniu zwiększają swoją lepkość.
2. Wzrost zawartości wilgoci całkowitej do ok. 25% powoduje spadek podatności transportowej (zwłaszcza w klasach ziarnowych drobnych). Powyżej 25% zawartości wilgoci całkowitej podatność transportowa ponownie wzrasta (następuje upłynnienie próbki).
3. Najmniejszą podatność transportową wykazują drobne klasy ziarnowe (<0,5 mm). Wzrost za-

The test results enable to infer that, consistently with practical observations, the higher the moisture content of material, the lower its transportability. This pattern is correct up to a certain point – a limit value of moisture content above which the tensile strength drops. As demonstrated by Fig. 1 and 2, the drop takes place at the total moisture content exceeding about 25%.

The curves which present the changes in transportability index depending on moisture content in particular size fractions have a similar course for both examined samples. However, the transportability index for sample no. 9 reaches higher values for particular moisture contents (noticeable especially in size fraction <0.5 mm). This is due to a higher content of clay matter in this sample (table 3).

The above graphs clearly demonstrate that the content of moisture is not a sufficient criterion for assessment of transportability. It is only applicable for comparison of transportability of small or fine coals having a similar mineralogical and size composition.

It should also be noted that transportability of coal may change markedly after it is sold (due to rain or snowfall), causing lowering of its coal variety. Thus the buyers of steam coal smalls and blends should bear in mind that a product of normal transportability, declared by the sellers, may turn into one of much lower transportability during handling (transport, feeding). Laboratory tests of transportability at variable moisture content could provide information whether the given material or blend is likely to cause handling problems (sticking to wagons, conveyors and transfer equipment) at a sudden increase of moisture content.

6. Conclusions

1. Clay minerals are the component of mineral matter whose amount is decisive for the transportability index. It is due to the fact that in wet condition clay minerals become plastic and their viscosity considerably increases.
2. An increase of total moisture content up to approx. 25% causes a drop in transportability (especially in fine size fractions). The transportability rises again at a moisture content above 25% (the sample becomes liquid).
3. The lowest transportability is demonstrated by fine size fractions (<0.5 mm). An increase of

wartości wilgoci w tych klasach ziarnowych powoduje najgwałtowniejsze obniżenie podatności transportowej (wzrost wskaźnika podatności transportowej).

4. Wzrost wilgoci w miałach energetycznych mających w swym składzie ziarnowym przewagę drobnych ziaren, może spowodować ich przejście z odmiany A (normalna podatność transportowa) do odmiany C (znacznie obniżona podatność transportowa).
5. Zawartość wilgoci nie jest wystarczającym kryterium według którego można oceniać podatność transportową. Jest to możliwe tylko w takich przypadkach, gdy przeprowadza się porównanie zdolności transportowej miałów lub mułów zbliżonych pod względem składu mineralogicznego i składu ziarnowego.
6. Laboratoryjne badanie na podatność transportową przy zmiennej zawartości wilgoci mogłoby informować czy dany miał lub mieszanka przy gwałtownym wzroście zawilgocenia nie spowoduje przestojów na skutek oklejania wagonów przenośników i przesypów.

Podziękowanie

Prof. dr hab. inż. Jerzemu Sablikowi dziękuję za zachętę do napisania artykułu, akceptację jego treści oraz weryfikację tekstu angielskiego.

moisture content in these fractions causes the sharpest fall in transportability (rise of transportability index).

4. An increase of moisture content in steam coal smalls with prevalence of fine particles may result in a change from coal variety A (normal transportability) to coal variety C (considerably lowered transportability).
5. The moisture content is not a sufficient criterion to determine transportability. It is applicable only in cases when a comparison of transportability is performed of smalls or fines having similar mineralogical content and size.
6. Laboratory tests of transportability at variable moisture content might provide information whether a given material or blend is likely to cause outages due to the material sticking to railway wagons, conveyors and transfer equipment at a considerable increase of moisture content.

Acknowledgement

I would like to thank Professor Jerzy Sablik for encouraging me to write this paper, for approving its contents and verifying the English version.

7. Literatura — References

1. *Węgiel kamienny dla celów energetycznych, PN-82/G-97003.*
2. *Hall D. A., Macpherson M., 1957: The oiling of coal, Colliery Engineering, Vol.XXXIV nr. 41, VII.*
3. *Hall D. A., Cutress J. O., 1960: The Effect of Content Moisture and Added Oil on the Handling of Small Coal, Journal Inst. Of Fuel.*
4. *Cutress J. O., Walker D. M., 1964: The Effect of Additives on the Handling of Wet South Wales Coals. Journal Inst. Of Fuel, XII.*
5. *Herrman A., 1959: Uber das Ausflussen von Rohfeinkohlen aus Bunkern, Bergbautechnik 9.*
6. *Oznaczanie wskaźnika podatności transportowej – metodą GIG, PN-82/G-04544.*
7. *Wierzchowski K., Wawrzynkiewicz W., 2003: Metoda wyznaczania podatności transportowej drobnych sortymentów węgla, Przegląd Górniczy 5.*