

*Józef Knechtel**

PROGNOZOWANIE PRZYROSTU STOPNIA ZAWILŻENIA POWIETRZA W CHODNIKACH PODŚCIANOWYCH Z ODSZTAWĄ UROBKU

Streszczenie

Korzystając z posiadanej bazy danych pomiarowych, dotyczących parametrów mikroklimatu powietrza kopalnianego w 236 chodnikach podścianowych z odstawą urobku, obliczono jednostkowy przyrost stopnia zawilżenia powietrza w tych chodnikach. Po przeprowadzonej analizie błędów do dalszych rozważań zakwalifikowano te chodniki, dla których błąd pomiarowy wyznaczenia jednostkowego przyrostu stopnia zawilżenia powietrza nie przekraczał 50%. Dla zweryfikowanej bazy pomiarowej opracowano empiryczny wzór, pozwalający na prognozowanie przyrostu stopnia zawilżenia powietrza w takich chodnikach. Weryfikacja tego wzoru wykazała, że średni błąd kwadratowy, jaki jest popełniany przy prognozowaniu jednostkowego stopnia zawilżenia powietrza w chodnikach podścianowych z odstawą urobku wynosi około 40%, przy czym w błędzie tym tkwi błąd pomiarowy wynoszący około 24%.

Prognosing of increase of air humidity degree in bottom roads with conveying

Abstract

Basing on the data roster containing results of mine microclimate parameters at 236 longwall gates with haulage the unitary increases of air humidity were calculated. Further analysis was performed only on the results whose measurement error margin was s than 50%. For this verified subset of measurement data an empirical formula was derived enabling to forecast the value of air humidity increase along such gates. The verification of this formula showed that the mean quadratic error of forecast of the unitary humidity increase along a longwall gate with haulage is about 40%, including about 24% measurement error.

WPROWADZENIE

Ze wzrostem głębokości eksploatacji i koncentracją wydobycia wzrasta wpływ źródeł wilgoci na warunki klimatyczne w wyrobisku górniczym. Praktyka górnicza wykazała, że wilgoć pochodząca od górotworu jest dwa rzędy wielkości mniejsza od wilgoci pochodzącej z procesów technologicznych. W takich przypadkach wzory na przyrost zawilżenia powietrza, których podstawę stanowią metody deterministyczne są nieprzydatne, można natomiast korzystać z metod statystycznych (Malewanyj, Piratin 1972; Ziętak, Zuber 1987). Posługując się tymi metodami opracowano między innymi wzór na przyrost stopnia zawilżenia powietrza w ścianach eksploatacyjnych (Knechtel 2002). Podjęto również próbę opracowania podobnego wzoru dla chodników podścianowych z odstawą urobku (Knechtel, Słowik 2003). Baza pomiarowa była jednak bardzo skromna (23 chodniki), mały był także zakres zmienności wielkości, które były mierzone.

* Główny Instytut Górnictwa.

W 2006 roku kontynuowano badania nad opracowaniem wzoru pozwalającego na określanie przyrostu stopnia zawiłżenia powietrza w chodnikach podścianowych z odstawą urobku. Efektem tych prac był wzór empiryczny wyprowadzony na podstawie wyników pomiarów uzyskanych w 66 chodnikach (Knechtel 2007). Okazało się jednak, że błąd średni kwadratowy jednostkowego przyrostu stopnia zawiłżenia powietrza, obliczony za pomocą tego wzoru, jest dosyć duży i wynosi około 40%.

W związku z powyższym postanowiono ustalić przyczyny występowania tak dużego błędu i zweryfikować opracowany wzór z wykorzystaniem szerszej bazy pomiarowej.

1. OCENA BŁĘDU POPEŁNIANEGO PODCZAS WYZNACZANIA STOPNIA ZAWILŻENIA POWIETRZA

Błędy pomiarowe zależą od dokładności przyrządów pomiarowych, wartości bezwzględnych mierzonych wielkości, warunków prowadzenia pomiarów i czynników subiektywnych. Zgodnie z literaturą (Malewanyj, Piratin 1972), jeśli dana wielkość y jest funkcją wielu zmiennych: $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, to błąd wyznaczenia tej wielkości σ_y jest pierwiastkiem z sumy kwadratów iloczynów pochodnych cząstkowych i błędów średnich kwadratowych odpowiadających argumentów, tzn.

$$\sigma_y = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \sigma_{x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \sigma_{x_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \sigma_{x_n}\right)^2} \quad (1)$$

Stopień zawiłżenia powietrza X jest funkcją wielu zmiennych: ciśnienia powietrza – p , ciśnienia cząstkowego pary wodnej zawartej w powietrzu – p_p , temperatury powietrza mierzonej termometrami suchym – t i wilgotnym – t_ϕ . Określany jest zatem na podstawie pomiarów pośrednich temperatury termometrem suchym – t i termometrem wilgotnym – t_ϕ oraz ciśnienia barometrycznego powietrza – p , przy czym (Ochęduszek 1974)

$$X = 0,622 \frac{p_p}{p - p_p} \quad (2)$$

gdzie p_p oznacza ciśnienie cząstkowe zawarte w powietrzu kopalnianym, które można wyznaczyć wzorem (Bystroń 1997)

$$p_p = 610,5 \exp\left(\frac{17,27 t_\phi}{237,3 + t_\phi}\right) - 0,000644 p(t - t_\phi) \quad (3)$$

Znając stopień zawiłżenia powietrza w przekroju jego dopływu do bocznicy (chodnika) – X_d oraz w przekroju wypływu – X_w , można określić jednostkowy przyrost stopnia zawiłżenia powietrza w badanym chodniku

$$\frac{\Delta X}{L} = \Delta X_L = \frac{X_w - X_d}{L} \quad (4)$$

gdzie L jest długością chodnika.

Aby ocenić błąd, z jakim określa się wartość ΔX_L , korzysta się ze zmodyfikowanego wzoru (3)

$$\sigma_{\Delta X_L} = \sqrt{\left[\frac{\partial(\Delta X_L)}{\partial X_w} \sigma_{X_w} \right]^2 + \left[\frac{\partial(\Delta X_L)}{\partial X_d} \sigma_{X_d} \right]^2 + \left[\frac{\partial(\Delta X_L)}{\partial L} \sigma_L \right]^2} \quad (5)$$

Błąd, z jakim wyznacza się stopień zawilżenia powietrza, opisany wzorem (2), określa relacja

$$\sigma_X = \sqrt{\left(\frac{\partial X}{\partial p} \sigma_p \right)^2 + \left(\frac{\partial X}{\partial p_p} \sigma_{p_p} \right)^2} \quad (6)$$

natomiast błąd, z jakim wyznacza się ciśnienie cząstkowe pary wodnej zawartej w powietrzu kopalnianym, oblicza się wzorem

$$\sigma_{p_p} = \sqrt{\left(\frac{\partial p_p}{\partial t} \sigma_t \right)^2 + \left(\frac{\partial p_p}{\partial t_\varphi} \sigma_{t_\varphi} \right)^2 + \left(\frac{\partial p_p}{\partial p} \sigma_p \right)^2} \quad (7)$$

Wartości błędów: $\bar{\sigma}_t$, $\bar{\sigma}_{t_\varphi}$ i $\bar{\sigma}_p$ przyjęto, biorąc za podstawę dokładność zastosowanych przyrządów pomiarowych:

$$\bar{\sigma}_t = 0,2^\circ\text{C}; \quad \bar{\sigma}_{t_\varphi} = 0,2^\circ\text{C}; \quad \bar{\sigma}_p = 10 \text{ Pa.}$$

Wartości błędów: $\bar{\sigma}_{\Delta X_L}$, $\bar{\sigma}_X$, $\bar{\sigma}_{p_p}$ natomiast wyznaczono, korzystając ze wzorów: (5), (6) i (7). W wymienionych wzorach występują pochodne cząstkowe, które oblicza się według wzorów (Leja 1964):

$$\frac{\partial(\Delta X_L)}{\partial X_w} = \frac{1}{L} \quad (8)$$

$$\frac{\partial(\Delta X_L)}{\partial X_d} = -\frac{1}{L} \quad (9)$$

$$\frac{\partial(\Delta X_L)}{\partial L} = \frac{X_d - X_w}{L^2} \quad (10)$$

$$\frac{\partial X_d}{\partial p_d} = -\frac{0,622 p_{pd}}{(p_p - p_{pd})^2} \quad (11)$$

$$\frac{\partial X_w}{\partial p_w} = -\frac{0,622 p_{pw}}{(p_w - p_{pw})^2} \quad (12)$$

$$\frac{\partial X_d}{\partial p_{pd}} = \frac{0,622}{p_d - p_{pd}} \left(1 - \frac{p_{pd}}{p_d - p_{pd}} \right) \quad (13)$$

$$\frac{\partial X_w}{\partial p_{pw}} = \frac{0,622}{p_w - p_{pw}} \left(1 - \frac{p_{pw}}{p_w - p_{pw}} \right) \quad (14)$$

$$\frac{\partial p_{pd}}{\partial t_d} = -0,000644 p_d \quad (15)$$

$$\frac{\partial p_{pw}}{\partial t_w} = -0,000644 p_w \quad (16)$$

$$\frac{\partial p_{pd}}{\partial p_d} = -0,000644(t_d - t_{\varphi d}) \quad (17)$$

$$\frac{\partial p_{pw}}{\partial p_w} = -0,000644(t_w - t_{\varphi w}) \quad (18)$$

$$\frac{\partial p_{pd}}{\partial t_{\varphi d}} = 0,000644 p_d + 610,5 \frac{17,27}{237,3 + t_{\varphi d}} \frac{1 - t_{\varphi d}}{237,3 + t_{\varphi d}} \exp\left(\frac{17,27 t_{\varphi d}}{237,3 + t_{\varphi d}}\right) \quad (19)$$

$$\frac{\partial p_{pw}}{\partial t_{\varphi w}} = 0,000644 p_d + 610,5 \frac{17,27}{237,3 + t_{\varphi w}} \frac{1 - t_{\varphi w}}{237,3 + t_{\varphi w}} \exp\left(\frac{17,27 t_{\varphi w}}{237,3 + t_{\varphi w}}\right) \quad (20)$$

Wymienione wzory zostaną wykorzystane do określenia, na drodze pomiarowej, błędu $\delta_{\Delta XL}$ wyznaczenia jednostkowego przyrostu stopnia zawilżenia powietrza.

2. WYNIKI POMIARÓW

Wyniki pomiarów parametrów powietrza, wykonanych w 236 chodnikach podścianowych z odstawą urobku, zestawiono w tabelicy 1. W tabelicy tej w poszczególnych kolumnach podano:

- liczbę porządkową;

- temperaturę powietrza mierzoną termometrem suchym w przekroju dopływu powietrza do chodnika t_d , °C;
- temperaturę powietrza mierzoną termometrem wilgotnym w przekroju dopływu powietrza do chodnika $t_{\phi d}$, °C;
- ciśnienie całkowite w przekroju dopływu powietrza do chodnika p_d , Pa;
- temperaturę powietrza mierzoną termometrem suchym w przekroju wypływu powietrza z chodnika t_w , °C;
- temperaturę powietrza mierzoną termometrem wilgotnym w przekroju wypływu powietrza z chodnika $t_{\phi w}$, °C;
- ciśnienie całkowite w przekroju wypływu powietrza z chodnika p_w , Pa;
- długość chodnika L , m;
- strumień objętości powietrza płynącego chodnikiem V , m³/s;
- temperaturę pierwotną górotworu t_{pg} , °C;
- masę transportowanego urobku m_w , t/d;
- wilgotność względną powietrza w przekroju jego wlotu do chodnika ϕ_d ;
- stopień zawilżenia powietrza na początku chodnika X_d , kg pary/kg powietrza suchego;
- stopień zawilżenia powietrza na końcu chodnika X_w , kg pary/kg powietrza suchego;
- przyrost stopnia zawilżenia powietrza ΔX , kg pary/kg powietrza suchego;
- strumień masy powietrza płynącego chodnikiem m_{pow} , kg/s;
- jednostkowy przyrost stopnia zawilżenia powietrza $\Delta X/L$, m⁻¹;
- błąd średni kwadratowy wyznaczenia jednostkowego przyrostu stopnia zawilżenia powietrza σ_{zm} , m⁻¹;
- względny błąd średni kwadratowy wyznaczenia jednostkowego przyrostu stopnia zawilżenia powietrza $\sigma_{zm}/\Delta X_L$.

Wartości podane w kolumnach od 2 do 8 zostały pomierzone, wartości w kolumnach 9, 10 i 11 zostały podane przez kopalniane służby wentylacyjne, natomiast wartości podane w kolumnach od 12 do 19 zostały obliczone na podstawie wartości podanych w kolumnach od 2 do 9.

Z analizy wartości zestawionych w kolumnie 19 wynika, że procentowy błąd określenia jednostkowego przyrostu zawilżenia powietrza w chodnikach podścianowych z odstawą urobku, wynosi od około 6 do ponad 800%. Postanowiono jednak, żeby pomiary, których wyniki dały błąd większy od 50%, uznać za nieudane. Odrzucono również wyniki pomiarów uzyskanych w tych chodnikach, w których temperatura pierwotna skał była niższa od temperatury powietrza wpływającego do chodnika. W ten sposób do dalszej analizy zakwalifikowano wyniki pomiarów wykonanych w 99 chodnikach. Dla tego zbioru danych pomiarowych błąd względny wynosił około 24%. W dalszych rozważaniach przyjęto, że na podstawie wyników pomiarów wykonanych na dole kopalni, jednostkowy przyrost stopnia zawilżenia powietrza w chodnikach podścianowych jest określany z błędem około 24%.

Tablica. 1. Pomiary zawilżenia powietrza w chodnikach podścianowych z odstawą urobku

Lp.	t_d , °C	t_{pd} , °C	p_d , Pa	t_w , °C	t_{pw} , °C	p_w , Pa	L , m	V , m ³ /s	t_{pg} , °C	m_w , t/d	Φ_d	$X_d \cdot 10^2$	$X_w \cdot 10^2$	$\Delta X \cdot 10^3$	m_{pow} , kg/s	$\Delta X/L \cdot 10^6$, m ⁻¹	$\sigma_{zm} \cdot 10^6$, m ⁻¹	$\sigma_{zm}/\Delta X$, $\cdot 10^2$
1	20,0	16,6	106060	27,2	23,0	106240	1040	8,38	33,0	800	0,70394	0,98658	1,51165	5,25073	10,4996	5,0488	0,37433	7,41
2	21,6	17,0	105060	26,0	22,4	105120	975	9,67	33,0	740	0,62452	0,97752	1,49298	5,15462	11,9372	5,2868	0,39859	7,54
3	25,0	20,2	106330	28,8	24,4	106390	940	10,17	33,0	1400	0,63656	1,21519	1,65249	4,37298	12,5436	4,6521	0,44902	9,65
4	23,4	17,0	107180	26,8	22,0	107280	850	9,05	33,0	850	0,51290	0,87988	1,36940	4,89518	11,3346	5,7590	0,44630	7,75
5	26,6	24,2	106280	30,2	27,8	106540	915	11,57	33,0	1500	0,81501	1,71649	2,15626	4,39768	14,1460	4,8062	0,53276	11,08
6	24,2	21,6	105820	28,8	26,2	106140	870	11,23	33,0	1600	0,79093	1,44448	1,94726	5,02779	13,8031	5,7791	0,51917	8,98
7	21,0	16,0	106240	25,6	21,2	106400	795	13,25	33,0	1050	0,58777	0,87590	1,32238	4,46480	16,5839	5,6161	0,46554	8,29
8	22,4	20,2	105860	27,6	25,0	106040	855	10,20	33,0	850	0,81460	1,33004	1,80391	4,73869	12,6267	5,5423	0,50321	9,08
9	25,8	22,8	108060	26,8	24,6	107970	430	12,83	37,0	950	0,76715	1,51263	1,74024	2,27617	16,0109	5,2934	1,02024	19,27
10	25,4	23,6	108920	26,0	25,6	108840	660	7,33	28,0	1080	0,85532	1,63234	1,91638	2,84038	9,2260	4,3036	0,68573	15,93
11	25,2	24,6	108680	27,0	26,6	108600	1320	13,33	30,0	1100	0,95037	1,79572	2,04253	2,46808	16,7363	1,8698	0,35733	19,11
12	24,4	22,0	107080	25,0	23,6	107000	250	13,23	29,0	1000	0,80642	1,47298	1,68067	2,07696	16,4411	8,3079	1,70786	20,56
13	25,6	24,2	107280	28,0	26,2	107300	750	8,17	29,0	1000	0,88739	1,74141	1,95844	2,17024	10,1153	2,8936	0,62398	21,56
14	24,0	21,6	104980	24,6	22,4	104870	138	6,33	26,5	690	0,80581	1,46558	1,55585	0,90277	7,7228	6,5418	3,04013	46,47
15	23,4	20,6	107440	25,8	23,0	107120	530	13,50	37,0	905	0,77100	1,31935	1,55635	2,36999	16,9051	4,4717	0,77492	17,33
16	23,6	20,8	107310	24,2	21,6	107420	390	15,33	35,0	460	0,77206	1,33930	1,42085	0,81553	19,1582	2,0911	1,02723	49,12
17	24,2	22,0	106340	27,2	24,6	106280	420	3,67	34,0	430	0,82140	1,49257	1,75324	2,60672	4,5318	6,2065	1,04234	16,79
18	27,2	24,8	108020	28,4	27,0	108240	294	10,00	37,0	1000	0,81639	1,75351	2,05762	3,04115	12,3991	10,3440	1,62668	15,73
19	26,0	24,0	107740	28,2	27,0	107820	450	7,50	34,0	1100	0,84222	1,68621	2,07469	3,88480	9,3161	8,6329	1,05116	12,18
20	26,4	23,2	108620	27,8	24,2	108160	110	11,67	37,0	1300	0,75524	1,53641	1,63342	0,97009	14,6074	8,8190	3,97019	45,02
21	21,4	19,0	108810	26,2	22,0	107580	890	17,82	41,0	1000	0,79225	1,18138	1,39005	2,08668	22,7711	2,3446	0,43789	18,68
22	24,4	22,0	106820	24,8	22,6	107200	290	13,33	30,0	760	0,80654	1,47689	1,53935	0,62458	16,5248	2,1537	1,44284	66,99
23	24,6	22,6	106580	26,0	24,2	106300	450	11,00	35,0	650	0,83820	1,55748	1,74153	1,84050	13,5902	4,0900	0,97465	23,83
24	19,4	18,6	103185	19,8	19,2	102255	620	7,60	20,7	665	0,92621	1,28523	1,35771	0,72478	9,2668	1,1690	0,61371	52,50
25	20,4	19,8	102715	21,0	20,2	102495	151	6,60	19,5	1800	0,94580	1,40484	1,43634	0,31500	7,9780	2,0861	2,62408	125,79
26	26,4	25,6	103570	26,4	25,8	103475	45	10,80	21,7	1500	0,93631	2,00085	2,03637	0,35530	12,8552	7,8955	10,89250	137,96
27	20,6	19,4	106845	22,8	21,2	106450	540	8,40	29,0	1825	0,89217	1,28895	1,43885	1,49909	10,8620	2,7761	0,72325	26,05
28	25,0	22,6	103340	26,0	23,6	103300	160	6,09	26,0	1855	0,81047	1,59336	1,70237	1,09012	7,2840	6,8133	2,76461	40,58
29	22,4	20,0	106785	22,6	20,6	106780	280	6,93	25,4	2573	0,79807	1,29146	1,36185	0,70389	8,6556	2,5139	1,39042	54,77
30	26,0	24,0	104625	26,8	24,8	104590	180	7,26	26,0	966	0,84332	1,74034	1,83300	0,92668	8,7545	5,1483	2,56244	49,77
31	24,2	22,0	104840	24,8	22,6	104720	520	5,86	26,0	1622	0,82205	1,51577	1,57892	0,63153	7,1330	1,2145	0,81679	67,25
32	22,5	19,8	104410	23,4	21,2	104900	640	8,16	26,4	2268	0,77613	1,29334	1,43644	1,43095	9,9617	2,2359	0,62122	27,78
33	25,0	22,6	103500	26,0	23,6	103905	370	5,68	25,4	3350	0,81040	1,59068	1,69160	1,00922	6,8042	2,7276	1,19223	43,71
34	23,6	22,6	103160	25,0	24,4	103580	1560	10,00	24,0	3892	0,91637	1,65544	1,86466	2,09221	11,9917	1,3412	0,28874	21,53
35	24,6	22,8	103020	25,0	23,2	102870	370	7,50	23,0	5633	0,85500	1,64531	1,69119	0,45887	8,9520	1,2402	1,19454	96,32
36	23,0	18,8	105260	23,2	19,6	103780	950	4,00	27,2	1123	0,66506	1,13379	1,24673	1,12937	4,9193	1,1888	0,39872	33,54
37	27,0	24,0	105905	27,8	24,8	105970	780	11,40	29,8	1422	0,77357	1,67543	1,76494	0,89519	13,8737	1,1477	0,58505	50,98
38	24,8	23,6	105310	25,4	24,6	105090	655	13,00	20,2	3600	0,90196	1,71779	1,85128	1,33484	15,8443	2,0379	0,69452	34,08
39	25,0	23,8	105020	25,6	24,8	104940	1145	9,00	18,5	2400	0,90242	1,74486	1,87710	1,32540	10,9299	1,1576	0,40081	34,63
40	24,7	23,2	102730	26,0	25,0	102920	600	9,20	18,0	3500	0,87872	1,70635	1,93164	2,25291	10,9426	3,7548	0,77114	20,54
41	23,4	22,2	105360	24,8	23,2	105340	190	9,40	20,2	3300	0,89910	1,56979	1,65715	0,87358	11,5261	4,5978	2,26389	49,24
42	24,2	23,0	105720	24,6	23,8	105950	580	11,20	21,0	3000	0,90067	1,64650	1,74560	0,99099	13,7370	1,7086	0,75948	44,45
43	24,6	23,4	105920	25,2	24,2	105490	507	8,10	20,2	4000	0,90143	1,68572	1,78977	1,04042	9,9379	2,0521	0,88307	43,03
44	22,4	19,6	104075	22,6	21,2	103820	1300	20,33	24,2	3160	0,76801	1,27606	1,48627	2,10210	24,7502	1,6170	0,30639	18,95
45	21,0	19,4	104800	22,2	21,0	105230	400	17,33	23,0	2810	0,85953	1,29890	1,45448	1,55576	21,3431	3,8894	0,98244	25,26
46	22,4	20,0	103100	22,8	21,0	102960	600	20,00	23,5	3405	0,80005	1,34220	1,46324	1,21034	24,1109	2,0172	0,66982	33,21
47	22,8	21,4	104620	23,4	22,2	104995	530	23,33	25,5	2685	0,88149	1,49352	1,57556	0,82037	28,4762	1,5479	0,78726	50,86
48	26,2	24,6	106785	26,6	25,2	106870	200	11,70	28,0	1920	0,87346	1,78656	1,86295	0,76392	14,3862	3,8196	2,31659	60,65
49	26,0	24,6	104395	26,4	25,2	104620	300	13,00	27,0	3750	0,88896	1,83871	1,91404	0,75326	15,6327	2,5109	1,57032	62,54
50	25,0	23,8	105060	25,6	24,8	104620	480	8,30	28,0	1150	0,90241	1,74416	1,88342	1,39262	10,0837	2,9013	0,95710	32,99
51	24,4	21,4	108290	25,2	22,4	108250	725	20,00	32,7	1645	0,76027	1,37272	1,47801	1,05286	25,1500	1,4522	0,76027	38,82
52	23,4	20,4	105815	25,2	22,2	105770	512	14,20	31,2	4160	0,75666	1,31526	1,48767	1,72411	17,5131	3,3674	0,79387	23,58
53	24,4	21,4	108215	25,8	22,8	108175	1070	20,80	33,9	4340	0,76032	1,37378	1,51085	1,37063	26,1377	1,2810	0,38510	30,06
54	26,4	24,0	107400	28,2	25,0	107195	463	11,67	38,0	3425	0,81384	1,67506	1,75731	0,82247	14,4317	1,7764	0,98064	55,20
55	24,2	21,6	108860	28,2	24,0	108695	227	13,50	38,0	2575	0,78935	1,40019	1,57747	1,77275	17,0743	7,8095	1,85837	23,80
56	26,2	24,0	107575	28,2	25,8	107605	278	11,67	35,0	3875	0,82791	1,68054	1,87816	1,97619	14,4644	7,1086	1,65821	23,33
57	21,6	20,0	108355	28,2	23,2	108410	101	11,33	38,0	2925	0,86010	1,30430	1,46410	1,59792	14,3972	15,8210	4,01139	25,35
58	22,8	21,2	106810	28,4	23,8	107200	472	13,00	36,0	1175	0,86435	1,43367	1,56392	1,30255	16,2054	2,7596	0,89445	32,41
59	28,0	24,6	108525	31,2	27,0	108815	971	14,67	36,0	2650	0,74879	1,67988	1,92664	2,46756	18,2338	2,5413	0,48765	19,19
60	26,4	24,2	108290	29,6	27,8	108425	292	10,67	38,0	1815	0,82830	1,69034	2,14142	4,51078	13,3032	15,4479	1,64755	10,67
61	17,6																	

Górnictwo i Środowisko

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
64	26,6	25,0	106690	27,8	26,8	106250	340	6,66	30,0	2430	0,87444	1,83436	2,08968	2,55324	8,1686	7,5095	1,42361	18,96
65	27,4	26,4	106210	28,8	28,0	105850	180	18,33	30,0	1485	0,92174	2,03923	2,26782	2,28529	22,2949	12,6961	2,84261	22,39
66	27,2	26,0	105905	28,0	27,2	105785	200	10,66	30,0	1350	0,90622	1,98669	2,16053	1,73840	12,9412	8,6920	2,49866	28,75
67	26,6	24,2	104510	28,4	26,4	105915	1220	25,00	30,8	1935	0,81572	1,74810	2,00257	2,54466	30,0515	2,0858	0,39048	18,72
68	24,6	23,0	106385	26,6	25,8	105300	1080	29,20	30,2	6925	0,86953	1,61875	1,99097	3,72216	35,9969	3,4464	0,42547	12,35
69	25,4	23,2	105980	28,8	28,2	105140	1120	10,00	30,2	1370	0,82583	1,62116	2,32068	6,99520	12,2477	6,2457	0,43621	6,98
70	29,8	28,2	107680	30,8	28,8	107145	430	19,20	37,6	2130	0,88112	2,22034	2,29937	0,79033	23,4643	1,8380	1,23898	67,41
71	26,8	25,2	108930	27,2	25,4	108750	100	20,00	33,6	575	0,87432	1,81708	1,83501	0,17938	25,0312	1,7938	4,63941	258,64
72	24,0	22,2	109065	27,6	25,4	109680	1410	14,70	34,0	5880	0,85105	1,48824	1,80138	3,13140	18,6300	2,2209	0,31060	13,99
73	25,0	22,4	105155	25,5	23,0	104950	290	11,67	27,0	3945	0,79465	1,53445	1,60444	0,69985	14,2080	2,4133	1,48359	61,48
74	22,6	20,2	108930	24,2	21,0	108900	270	16,67	30,0	1600	0,79782	1,28084	1,31900	0,38161	21,2262	1,4134	1,43764	101,72
75	26,0	24,2	108580	26,8	25,2	108495	150	11,20	31,6	1500	0,85713	1,70236	1,82485	1,22486	14,0191	8,1657	3,02922	37,10
76	25,2	22,2	107880	26,8	23,6	108045	350	23,17	34,8	5100	0,76443	1,45543	1,58749	1,32056	28,9340	3,7730	1,21474	32,20
77	24,8	23,8	105540	26,2	25,0	106715	750	20,33	32,5	2000	0,91791	1,74424	1,85088	1,06644	24,8284	1,4219	0,60927	42,85
78	26,0	24,0	105390	27,2	25,0	105500	200	18,67	33,0	2900	0,83405	1,72674	1,83095	1,04213	22,6796	5,2107	2,30159	44,17
79	25,2	23,2	105525	27,2	24,6	105925	650	16,50	31,5	3190	0,84053	1,63717	1,75965	1,22488	20,1336	1,8844	6,90552	366,46
80	27,0	22,4	111210	27,8	24,8	111270	190	23,00	39,5	930	0,66012	1,35926	1,67257	3,13313	29,4474	16,4901	2,25124	13,65
81	26,8	22,6	111310	30,0	25,8	110640	1060	9,00	38,0	2670	0,68584	1,39389	1,74604	3,52148	11,5386	3,3222	0,41421	12,47
82	27,0	25,6	109980	28,0	26,6	109950	245	27,50	33,0	1920	0,88973	1,85322	1,97376	1,20540	34,7192	4,9200	1,94053	39,44
83	24,6	21,4	109540	25,8	24,4	109335	735	22,83	33,0	1660	0,74561	1,34692	1,72852	3,81597	29,0249	5,1918	0,57544	11,08
84	28,8	26,0	110150	30,4	26,8	110460	340	7,34	30,5	1665	0,79280	1,83781	1,89506	0,57251	9,2267	1,6839	1,40794	83,61
85	26,8	22,6	109010	26,8	23,4	108715	500	11,00	30,4	1970	0,68748	1,42769	1,54724	1,19552	13,8086	2,3910	0,84736	35,44
86	26,2	23,0	108025	26,2	23,4	108090	60	11,20	31,0	1765	0,75461	1,52518	1,58250	0,57319	13,9526	9,5532	7,15799	74,93
87	27,0	25,2	110060	29,4	28,0	110100	350	19,20	27,0	10800	0,85940	1,78871	2,15015	3,61448	24,2671	10,3271	1,38832	13,44
88	27,2	25,2	109500	28,8	27,0	109830	1900	18,90	28,4	9160	0,84521	1,79003	2,00892	2,18891	23,7503	1,1521	2,50881	217,77
89	24,4	21,4	104540	24,2	23,0	104950	1256	7,59	23,8	2800	0,76249	1,42760	1,65928	2,31676	9,2109	1,8446	3,37315	182,87
90	23,8	20,8	105400	25,0	21,8	104650	970	16,75	24,2	2770	0,75898	1,35786	1,45679	0,98935	20,5442	1,0200	4,20723	412,49
91	22,4	18,2	104680	22,8	20,8	104690	950	7,13	25,6	4730	0,66109	1,09190	1,40999	3,18083	8,7401	3,3482	0,40402	12,07
92	21,4	20,4	102440	22,6	21,4	102620	90	2,85	19,8	2200	0,91249	1,44745	1,53290	0,85450	3,4233	9,4944	4,55310	47,96
93	22,7	21,3	103400	23,9	22,6	102730	850	8,64	20,4	1400	0,88161	1,50245	1,65006	1,47612	10,4259	1,7366	0,49980	28,78
94	20,8	19,8	103400	21,2	20,4	103570	220	13,46	20,8	2250	0,91106	1,37841	1,43923	0,60813	16,3590	2,7642	1,79699	64,99
95	30,0	26,8	108075	31,8	29,8	107040	1015	14,50	30,0	3190	0,77100	1,95861	2,44892	4,90312	17,8005	4,8307	0,52200	10,81
96	21,0	19,4	107665	21,4	20,0	107550	500	22,00	30,0	1680	0,85840	1,26186	1,32313	0,61266	27,8413	1,2253	0,75888	61,93
97	24,8	23,2	107660	28,8	27,4	107490	530	16,60	30,0	1330	0,86967	1,61905	2,12512	5,06064	20,6953	9,5484	0,89048	9,33
98	18,6	17,8	102490	19,6	19,2	102735	180	8,50	18,0	2000	0,92491	1,22807	1,35948	1,31407	10,3261	7,3004	2,08656	28,58
99	22,8	21,8	103165	24,2	23,0	102550	330	10,00	19,0	1600	0,91496	1,57270	1,70036	1,27661	13,0305	3,8685	1,31173	33,91
100	26,8	26,0	104350	27,4	26,8	104180	200	12,00	23,0	2000	0,93668	2,03510	2,15062	1,15517	14,3691	5,7759	2,50770	43,42
101	24,6	23,0	106760	25,2	23,8	106780	510	28,60	32,0	4390	0,86941	1,61268	1,70601	0,93331	35,3828	1,8300	0,85773	46,87
102	22,0	20,4	105500	22,5	21,1	105510	160	6,20	22,7	1000	0,86241	1,37819	1,45146	0,73272	7,6571	4,5795	2,49596	54,50
103	22,8	21,6	106430	23,0	22,4	105940	920	22,20	24,4	3360	0,89752	1,49414	1,60619	1,12048	27,5657	1,2179	0,45310	37,20
104	26,4	25,2	104530	26,8	25,8	103940	392	11,00	26,2	3165	0,90510	1,91578	2,00977	0,93993	13,2212	2,3978	1,23360	51,45
105	25,2	23,0	107030	27,0	25,6	107730	720	15,62	34,0	3980	0,82471	1,58306	1,89435	3,11294	19,3377	4,3235	0,62666	14,52
106	25,6	24,0	105720	26,6	25,4	105760	350	9,90	26,9	2200	0,87229	1,73786	1,91616	1,78299	12,0792	5,0943	1,32463	26,00
107	28,8	28,4	105260	30,0	29,4	104765	320	9,90	25,5	1500	0,96910	2,35494	2,50553	1,50587	11,8569	4,7058	1,72736	36,71
108	26,0	23,8	104380	26,3	24,0	104450	50	17,60	23,5	2500	0,82847	1,71385	1,73078	0,16927	21,1765	3,3854	9,05326	267,42
109	24,2	21,2	108160	25,8	23,0	107505	1250	15,80	32,7	2585	0,75934	1,35592	1,55022	1,94295	19,8599	1,5544	0,33071	21,28
110	25,6	22,8	107790	26,6	23,6	106700	650	20,00	32,4	5230	0,78104	1,52523	1,61815	0,92919	24,9110	1,4295	0,66464	46,49
111	24,4	21,4	105290	25,8	22,8	104490	340	15,30	29,6	3585	0,76205	1,41631	1,56992	1,53617	18,7019	4,5182	1,23868	27,42
112	25,8	21,6	108610	28,6	24,8	108710	511	15,30	37,0	2715	0,68153	1,33679	1,68221	3,45419	19,2102	6,7597	0,83969	12,42
113	23,6	20,8	106810	29,0	26,8	107465	1007	13,40	35,0	1875	0,77235	1,34625	2,01351	6,67263	16,6676	6,6262	0,44608	6,73
114	27,4	24,8	108405	30,0	27,2	108680	612	15,45	36,0	3930	0,80250	1,73830	2,01462	2,76345	19,2134	4,5154	0,78170	17,31
115	27,0	22,6	108355	28,4	23,8	109070	1227	10,84	38,0	2980	0,67568	1,42920	1,53313	1,03931	13,5168	0,8470	0,34798	41,08
116	24,8	20,0	108290	30,0	24,2	108925	900	9,67	36,0	1750	0,63322	1,17181	1,52794	3,56135	12,1580	3,9571	0,45805	11,58
117	25,2	22,4	108840	26,0	23,2	109010	560	27,50	38,2	1115	0,77872	1,46917	1,54712	0,77952	34,6440	1,3920	0,75153	53,99
118	22,8	20,0	107250	24,6	22,0	107520	660	27,00	33,0	4600	0,76809	1,26863	1,45800	1,89374	33,8288	2,8693	0,60330	21,03
119	22,8	19,2	109440	25,8	22,2	109660	390	11,83	34,0	1455	0,70484	1,14025	1,40408	2,63829	15,1361	6,7649	0,99730	14,74
120	22,2	18,4	108680	25,2	22,6	109760	590	16,80	36,4	2680	0,68604	1,07682	1,48362	4,06802	21,3972	6,8949	0,64817	9,55
121	25,4	19,2	108620	26,0	23,8	108550	524	11,40	33,8	2830	0,54460	1,04230	1,64270	6,00404	14,3589	11,4581	0,77256	6,74
122	23,2	18,6	107640	24,2	20,0	106965	210	5,60	30,8	1560	0,63531	1,07171	1,21404	1,42336	7,0405	6,7778	1,77925	26,25
123	23,2	19,0	106800	25,6	22,0	107760	1400	16,60	31,0	3890	0,66513	1,13109	1,41251	2,81421	20,7000	2,0101	0,27950	13,90
124	25,4	23,2	105465	25,6	24,6	105130	390	13,60	26,0	2660	0,82604	1,62973	1,84204	2,12313	16,5751	5,4439	1,15569	21,23

Mining and Environment

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
131	27.6	26.6	106415	29.2	28.4	106630	540	15.10	31.6	375	0.92199	2.06057	2.30610	2.45530	18.3872	4.5468	0.95579	21.02
132	26.8	25.0	109060	27.8	25.8	109190	340	10.20	41.0	495	0.85912	1.78339	1.86560	0.82211	12.7837	2.4180	1.36717	56.54
133	17.6	16.4	102890	18.0	17.4	102890	950	8.00	19.0	6000	0.88526	1.09803	1.19951	1.01477	9.7977	1.0682	0.37286	34.91
134	18.0	17.4	103125	18.6	18.2	103125	340	5.60	19.0	5500	0.94249	1.19667	1.26939	0.72719	6.8606	2.1388	1.07381	50.21
135	18.2	17.0	104690	18.8	18.4	104690	1200	13.15	19.0	3200	0.88636	1.12254	1.26609	1.43506	16.3506	1.1963	0.30038	25.11
136	20.0	19.0	107110	20.6	20.6	107110	1940	12.00	23.0	8000	0.90841	1.26040	1.44107	1.80664	15.1596	0.9313	0.19732	21.19
137	25.0	23.6	104590	27.0	26.0	105225	460	25.00	27.7	2440	0.88675	1.72183	2.00881	2.86976	30.2405	6.2386	1.01961	16.34
138	24.8	23.8	105980	26.2	25.2	105530	480	15.83	28.4	2195	0.91783	1.73666	1.90510	1.68477	19.4141	3.5099	0.95886	27.32
139	28.4	25.8	107300	28.8	26.0	107145	115	19.16	34.3	2350	0.80650	1.87545	1.89426	0.18805	23.4878	1.6352	4.17175	255.12
140	26.6	23.6	110845	31.6	28.0	110190	815	15.00	39.6	2310	0.76933	1.55141	2.05411	5.02701	19.1458	6.1681	0.57791	9.37
141	24.2	20.8	106210	24.4	21.8	105900	225	10.35	28.4	450	0.73079	1.32960	1.46278	1.33182	12.7769	5.9192	1.80182	30.44
142	31.0	30.6	107415	32.0	31.4	107200	315	14.40	29.9	1300	0.97007	2.63245	2.75846	1.26006	17.4446	4.0002	1.88173	47.04
143	27.0	25.2	105950	28.6	26.2	106025	50	14.30	28.0	4400	0.86061	1.86313	1.95808	0.94947	17.3915	18.9894	9.61491	50.63
144	27.0	24.6	103755	27.2	25.8	105630	1190	3.30	27.2	2400	0.81738	1.80831	1.95886	1.50553	3.9315	1.2652	0.39984	31.60
145	27.0	24.6	103755	27.2	25.8	105710	1265	3.30	27.2	2400	0.81738	1.80831	1.95729	1.48978	3.9315	1.1777	0.37602	31.93
146	23.6	23.2	104760	26.0	25.2	105270	575	9.80	27.6	1400	0.96599	1.71766	1.91856	2.00902	11.9298	3.4939	0.79615	22.79
147	19.8	18.2	104830	20.2	19.4	105130	480	11.36	19.0	2730	0.85548	1.19808	1.32794	1.29865	14.0603	2.7055	0.77855	28.78
148	19.4	18.0	106185	20.0	18.6	106425	190	11.20	21.0	3425	0.87127	1.17410	1.21931	0.45210	14.0626	2.3795	1.91588	80.52
149	20.0	18.4	103260	20.4	19.0	103310	200	10.36	19.0	2490	0.85683	1.23418	1.29257	0.58391	12.6193	2.9196	1.88001	64.39
150	21.2	20.0	103185	21.2	20.4	103245	510	8.96	19.0	1825	0.89474	1.39119	1.44397	0.52773	10.8516	1.0348	0.77923	75.30
151	20.4	19.2	105105	22.0	21.2	105645	140	11.70	21.0	3455	0.89220	1.29438	1.48416	1.89780	14.4812	13.5557	2.80357	20.68
152	19.4	17.8	105645	20.6	19.2	104925	1020	23.00	21.0	6160	0.85370	1.15643	1.28839	1.31953	28.7348	1.2937	0.36184	27.97
153	21.4	19.8	105345	22.2	21.4	104745	1570	10.40	21.0	4820	0.86060	1.32656	1.51684	1.90283	12.8554	1.2120	0.25409	20.96
154	21.8	20.6	104650	22.8	21.2	104610	390	10.95	18.0	2880	0.89573	1.42541	1.46594	0.40531	13.4199	1.0393	1.03557	99.64
155	18.4	16.8	104710	18.6	17.6	104690	495	3.67	18.0	3420	0.85043	1.09069	1.17700	0.86307	4.5618	1.7436	0.71483	41.00
156	25.0	24.2	103220	25.2	24.4	103580	255	14.96	22.0	2460	0.93465	1.83971	1.85616	0.16453	17.8467	0.6452	1.81966	282.02
157	20.0	19.2	105635	24.6	23.8	104615	670	8.40	26.2	1234	0.92675	1.30420	1.76895	4.64748	10.4629	6.9365	0.62084	8.95
158	24.2	22.6	110535	27.0	25.6	110865	140	27.00	36.0	2213	0.86482	1.51295	1.83752	3.24567	34.6477	23.1834	3.13773	13.53
159	28.4	26.2	109370	29.4	26.8	109850	522	27.33	39.1	3089	0.83418	1.90175	1.94933	0.47577	34.1443	0.9114	0.92598	101.60
160	25.2	20.2	108090	26.0	21.8	109310	115	17.33	36.4	359	0.62282	1.18345	1.34575	1.62301	21.7180	14.1131	3.42292	24.25
161	26.4	22.0	105870	29.0	26.6	106460	487	18.83	32.8	1291	0.67377	1.40748	1.99985	5.92374	22.9903	12.1637	0.93985	7.73
162	28.4	26.4	108660	29.8	27.7	108635	454	13.50	38.0	357	0.84882	1.94824	2.11084	1.62596	16.7520	3.5814	1.09689	30.63
163	25.6	24.2	106810	29.8	28.2	107060	1260	13.60	28.0	3818	0.88750	1.74955	2.26846	5.18909	16.7635	4.1183	0.38976	9.46
164	22.0	19.0	104170	23.0	20.8	104025	520	11.06	24.4	5466	0.75017	1.21451	1.41136	1.96849	13.5001	3.7856	0.75105	19.84
165	25.0	23.0	108635	26.6	24.2	108300	330	25.50	37.0	2990	0.83873	1.56613	1.68172	1.15588	32.0673	3.5027	1.32001	37.69
166	25.4	23.0	109110	26.0	24.0	109895	60	15.50	39.0	436	0.80941	1.54195	1.65061	1.08664	19.8537	18.1107	7.18112	39.65
167	23.2	21.0	106590	24.0	21.4	106365	620	17.50	29.5	2785	0.81746	1.39295	1.47176	0.24204	21.7459	0.3904	0.64995	166.49
168	24.4	21.4	108330	27.4	25.2	108315	500	16.67	32.7	2000	0.76025	1.37216	1.80263	4.30466	20.9703	8.6093	0.86661	10.07
169	24.0	21.0	108180	27.2	24.2	108185	300	19.33	34.6	3400	0.75831	1.33722	1.65832	3.21103	24.3205	10.7034	1.40451	13.12
170	25.6	22.6	108385	27.9	25.2	109110	640	18.33	33.6	1800	0.76604	1.48748	1.76724	2.79762	22.9620	4.3713	0.68798	15.74
171	27.4	24.6	106075	27.6	24.8	106215	1650	18.50	32.6	6000	0.78926	1.74847	1.76894	0.20467	22.5110	0.1240	0.27942	225.27
172	28.4	26.0	109255	29.4	27.0	109040	430	19.80	37.8	2588	0.81992	1.87128	1.99889	1.27610	24.7152	2.9677	1.12817	38.02
173	26.8	24.2	107290	28.4	26.0	107710	1480	17.50	31.1	3767	0.80075	1.69049	1.90041	2.09921	21.5884	1.4184	0.31400	22.14
174	28.4	25.8	109125	29.4	26.4	108825	770	16.80	32.7	4244	0.80579	1.84131	1.90249	0.61181	20.9492	0.7946	0.62035	78.07
175	22.4	20.2	100700	22.6	20.4	100730	60	6.90	25.4	2573	0.81714	1.40445	1.42299	0.18539	8.1217	3.0898	6.74844	218.41
176	20.8	18.6	104925	27.6	25.6	104720	220	5.86	26.0	1622	0.80821	1.20461	1.92667	7.22059	7.2345	32.8208	1.95678	5.96
177	22.5	19.8	105960	23.4	21.2	106630	640	6.80	26.4	2268	0.77520	1.27239	1.41111	1.38720	8.4257	2.1675	0.61475	28.36
178	25.0	22.6	104745	26.0	23.6	104710	750	5.68	25.4	3349	0.80983	1.57009	1.67746	1.07372	6.8869	1.4316	0.58405	40.80
179	25.0	22.6	102670	26.0	23.6	103235	780	6.60	25.4	3349	0.81077	1.60469	1.70324	0.98851	7.8423	1.2673	0.56851	44.86
180	27.6	24.0	108710	30.8	26.0	109050	841	18.90	39.5	1469	0.73305	1.60250	1.77324	1.70739	23.5733	2.0302	0.54417	26.80
181	28.4	22.8	108240	28.0	24.2	107780	412	15.40	38.5	1371	0.60784	1.40076	1.63143	2.30666	19.0966	5.5987	1.05336	18.81
182	28.8	23.6	107805	28.2	24.8	107735	91	16.30	36.0	2959	0.63585	1.50726	1.71622	2.08959	20.0922	22.9625	4.90751	21.37
183	26.8	23.2	108525	30.8	28.2	108580	35	10.30	35.0	2159	0.72908	1.52109	2.15780	6.36712	12.8653	181.9177	13.62085	7.49
184	22.0	18.8	107875	28.2	24.8	107140	677	14.40	38.0	3465	0.73183	1.14311	1.72681	5.83702	18.2098	8.6219	0.61346	7.12
185	27.0	22.0	108740	29.8	26.0	108780	300	19.60	38.0	1485	0.63563	1.33956	1.82068	4.81117	24.5398	16.0372	1.47671	9.21
186	24.4	21.4	107540	27.8	25.0	107380	604	10.50	38.0	2025	0.76072	1.38339	1.77090	3.87517	13.1115	6.4158	0.71804	11.19
187	24.2	21.8	108570	30.2	27.4	108420	182	17.30	38.0	2006	0.80490	1.43169	2.04587	6.14184	21.8181	33.7464	2.51859	7.46
188	25.0	24.6	104430	25.4	25.0	103775	320	9.00	27.5	2031	0.96695	1.88054	1.94043	0.95887	10.8599	1.8715	1.47239	78.68
189	26.4	25.0	106350	26.8	25.2	105635	590	10.00	29.6	1324	0.88933	1.84911	1.87759	0.28481	12.2332	0.4827	0.79603	164.90
190	26.8	25.8	106550	27.2	26.2	105785	660	9.50	29.8	2454	0.92083	1.95795	2.02263	0.64678	11.6206	0.9800	0.73705	75.21
191	27.6	27.4	105970	28.8	27.8	105935	120	9.50	29.8	2075	0.98414	2.20902	2.22971	0.20690	11.5099	1.7242	4.332	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
198	26,8	24,4	110420	27,4	25,0	110420	20	27,00	36,5	3365	0,81404	1,66822	1,73446	0,66238	34,2840	33,1190	22,40719	67,66
199	27,0	24,4	109265	27,4	24,8	109185	280	18,83	31,5	900	0,80065	1,67896	1,72473	0,45771	23,6426	1,6347	1,60653	98,28
200	30,6	26,4	110565	30,8	27,2	110485	220	20,33	33,5	1800	0,70732	1,81868	1,94461	1,25928	25,5028	5,7240	2,20536	38,53
201	26,4	23,0	109615	27,0	24,2	110400	1040	25,33	32,9	3000	0,74043	1,49217	1,63008	1,37906	32,0045	1,3260	0,41408	31,23
202	29,2	24,6	109480	29,8	26,2	109320	480	19,17	30,6	1000	0,67502	1,61295	1,84319	2,30237	23,9506	4,7966	0,96473	20,11
203	21,4	17,2	107380	21,6	17,4	107145	430	11,76	34,0	1355	0,65050	0,98324	1,00077	0,17527	14,8473	0,4076	0,81030	198,79
204	19,2	15,2	109330	19,4	15,4	109430	210	10,80	38,0	1470	0,64505	0,83307	0,84518	0,12110	13,9998	0,5767	1,53572	266,30
205	26,8	23,6	110600	26,9	23,8	110765	490	15,40	40,9	1725	0,75606	1,54679	1,56923	0,22441	19,6003	0,4580	0,87788	191,69
206	22,0	19,4	106920	24,0	21,6	106860	60	13,16	26,2	1800	0,78007	1,22962	1,43742	2,07809	16,4860	34,6349	6,54119	18,89
207	25,0	22,6	106115	26,0	24,8	106145	970	18,56	26,2	1500	0,80921	1,54801	1,83808	2,90066	22,8010	2,9904	0,45888	15,35
208	27,2	22,6	108020	27,6	22,8	108105	308	28,20	33,0	2980	0,66387	1,52592	1,43637	0,10449	35,0323	0,3393	1,36517	402,40
209	24,4	19,8	107500	24,8	20,4	107515	235	25,00	32,6	5387	0,64482	1,17308	1,23367	0,60597	31,2448	2,5786	1,63246	63,31
210	27,0	22,2	109900	27,8	23,6	109990	640	18,30	39,4	1530	0,64784	1,35040	1,51427	1,63873	23,1551	2,5605	0,65468	25,57
211	25,6	23,0	111655	26,6	24,0	111815	440	18,60	33,4	2220	0,79400	1,49525	1,59479	0,99539	24,0022	2,2623	0,96490	42,65
212	21,8	19,0	109010	22,0	19,4	109010	220	17,00	28,0	1880	0,76164	1,16236	1,20351	0,41149	21,7362	1,8704	1,67761	89,69
213	26,0	22,6	110960	27,0	24,6	111145	1100	16,60	30,2	3563	0,73755	1,43246	1,67808	2,45614	21,2673	2,2329	0,38945	17,44
214	21,8	21,2	105150	24,3	23,7	104550	876	25,00	26,0	4030	0,94715	1,49987	1,76745	2,67580	30,7720	3,0546	0,48980	16,04
215	24,6	23,8	103535	25,2	24,8	103835	1177	15,80	23,0	380	0,93409	1,78828	1,91537	1,27090	18,9373	1,0798	0,39369	36,46
216	23,8	23,4	103490	26,6	25,9	103160	583	11,60	23,0	2425	0,96623	1,76146	2,05128	2,89815	13,9369	4,9711	0,81010	16,30
217	25,8	24,6	106060	26,2	25,6	106465	500	11,20	28,5	4500	0,90370	1,81656	1,95233	1,35772	13,6939	2,7154	0,93861	34,57
218	25,6	24,4	105760	25,8	24,6	104660	750	14,20	27,6	3000	0,90339	1,79912	1,84226	0,43144	17,3261	0,5753	0,61530	106,96
219	22,2	19,2	105510	25,0	21,4	105585	280	17,00	32,0	4750	0,75036	1,21408	1,38678	1,72697	21,0034	6,1678	1,40173	22,73
220	23,8	22,0	105930	26,2	24,2	106135	400	15,70	32,0	5350	0,85157	1,51565	1,73597	2,20314	19,3353	5,5079	1,08787	19,75
221	24,8	23,6	106390	27,4	26,2	106870	1580	16,00	32,0	1750	0,91772	1,69936	1,99246	2,93100	19,7028	1,8551	0,29455	15,88
222	23,2	21,0	105795	25,8	23,4	105905	720	20,20	33,0	3720	0,81784	1,40435	1,63531	2,30958	24,9121	3,2078	0,58475	18,23
223	22,0	19,8	105400	24,4	21,6	105920	900	19,20	32,5	3150	0,81317	1,30076	1,43460	1,33842	23,7007	1,4871	0,44233	29,74
224	22,0	21,2	103100	23,2	22,0	103260	150	4,76	21,6	4281	0,93050	1,52252	1,58305	0,60523	5,7401	4,0349	2,79224	69,20
225	25,4	23,6	106250	28,8	27,4	106510	1120	10,60	33,1	2562	0,85620	1,67637	2,14590	4,69524	13,0115	4,1922	0,42753	10,20
226	26,0	24,8	106960	27,0	25,2	107060	660	18,20	32,5	4239	0,90388	1,82327	1,84245	0,19178	22,4255	0,2906	0,70378	242,20
227	21,4	17,2	107380	21,6	17,4	107145	430	11,76	34,0	1355	0,65050	0,98324	1,00077	0,17527	14,8473	0,4076	0,81030	198,79
228	19,2	15,2	109330	19,4	15,4	109430	210	10,80	38,0	1470	0,64505	0,83307	0,84518	0,12110	13,9998	0,5767	1,53572	266,30
229	26,8	23,6	110600	26,9	23,8	110765	450	15,40	40,9	1725	0,75606	1,54679	1,56923	0,22441	19,6003	0,4987	0,95591	191,69
230	19,0	17,2	99740	19,8	18,0	99510	230	7,00	22,0	540	0,83742	1,17281	1,24169	0,68877	8,2671	2,9947	1,60841	53,71
231	26,4	24,8	105800	27,4	25,2	106295	425	10,00	30,0	1350	0,87421	1,82743	1,83967	0,12236	12,1715	0,2879	1,09972	381,98
232	24,8	23,0	105460	26,0	24,0	105725	470	4,50	30,0	2700	0,85474	1,62548	1,72085	0,95368	5,4953	2,0291	0,94141	46,40
233	27,2	25,0	105455	27,6	26,0	105080	1115	11,66	30,0	3915	0,83189	1,83180	1,98613	1,54331	14,1076	1,3841	0,43014	31,08
234	27,2	25,6	106175	27,6	25,8	106600	440	13,00	30,0	2970	0,87597	1,91531	1,92291	0,07594	15,8287	0,1726	1,08960	631,29
235	27,4	25,8	105460	27,8	26,2	105650	280	9,00	30,0	3780	0,87660	1,95369	1,99974	0,46044	10,8749	1,6444	1,74350	106,03
236	26,6	24,4	105700	27,2	25,6	105910	110	16,30	30,0	2160	0,82992	1,75781	1,92042	1,62607	19,8155	14,7825	4,25873	28,81

3. JEDNOSTKOWY PRZYROST STOPNIA ZAWILŻENIA POWIETRZA

Po weryfikacji wyników pomiarów dysponowano pomiarami dla 99 chodników podścianowych z odstawą urobku. Zakres zmienności wielkości, od których, zdaniem autora artykułu, zależy przyrost stopnia zawilżenia powietrza, był następujący: temperatura powietrza dopływającego do chodnika od 18,2 do 29,2°C, długość chodnika od 50 do 1940 m, masa transportowanego urobku od 375 do 8000 t/d, temperatura pierwotna skał od 19 do 39,6°C, zaś strumień masy powietrza płynącego chodnikiem od 3,93 do 36 kg/s.

Założono, że przyrost stopnia zawilżenia powietrza zależy od: temperatury powietrza dopływającego do chodnika t_d , różnicy temperatury: pierwotnej skał t_{pg} i powietrza t_d , masy transportowanego urobku m_w , długości chodnika L , intensywności przewietrzania m_{pow} oraz wilgotności względnej powietrza φ_d . Rozwiązania poszukiwano w postaci

$$\left(\frac{\Delta X}{L}\right)10^6 = At_d^i (t_{pg} - t_d)^j m_w^k L^m m_{pow}^s \varphi_d^t \quad (21)$$

Korzystając z metody opisanej w pracach (Knechtel 2002; Ziętak, Zuber 1987) uzyskano następujący wzór pozwalający na określenie jednostkowego przyrostu stopnia zawilżenia powietrza w chodnikach podścianowych z odstawą urobku

$$\left(\frac{\Delta X}{L}\right)10^6 = 175,015 \frac{t_d^{0,259} (t_{pg} - t_d)^{0,164} m_{pow}^{0,114}}{m_w^{0,082} L^{0,741} \phi_d^{1,173}} \quad (22)$$

Z powyższego wzoru wynika, że im wyższa temperatura powietrza t_d oraz im większa różnica temperatury: pierwotnej skał t_{pg} i powietrza w wyrobisku t_d , tym większy przyrost stopnia zawilżenia powietrza. Im większa wilgotność względna powietrza ϕ_d , tym bliżej do stanu nasycenia, dlatego przyrost zawilżenia powietrza jest mniejszy. Ze wzoru (22) wynika również, że przyrost zawilżenia w chodniku podścianowym z odstawą urobku w niewielkim stopniu zależy od masy transportowanego urobku. Zależność przyrostu zawilżenia powietrza od długości chodnika i od intensywności przewietrzania tkwi również w samym wzorze na jednostkowy przyrost stopnia zawilżenia powietrza. Bowiem zgodnie z definicją (Ochęduszek 1974) stopień zawilżenia powietrza jest stosunkiem masy pary do masy powietrza suchego. Z analizy danych pomiarowych zestawionych w tabelicy 1 wynika, że dla krótszych wyrobisk jednostkowy przyrost stopnia zawilżenia powietrza jest większy, co potwierdza wzór (22).

4. WERYFIKACJA WZORU EMPIRYCZNEGO

Wzór (22) postanowiono zweryfikować w stosunku do uzyskanych wyników pomiarów. W tym celu opracowano tabelicę 2. W tabelicy tej w poszczególnych kolumnach zestawiono:

- liczbę porządkową,
- numer chodnika, w którym wykonano pomiary (zgodnie z tabl. 1),
- temperaturę powietrza dopływającego do chodnika (t_d),
- długość chodnika (L),
- temperaturę pierwotną skał (t_{pg}),
- masę transportowanego urobku (m_w),
- wilgotność względną powietrza na początku chodnika (ϕ_d),
- strumień masy powietrza płynącego chodnikiem (m_{pow}),
- jednostkowy przyrost stopnia zawilżenia powietrza określony na drodze pomiarowej $(\Delta X_L)_{zm}$,
- jednostkowy przyrost stopnia zawilżenia powietrza uzyskany za pomocą wzoru (22) – $(\Delta X_L)_{obl}$,
- różnicę wymienionych jednostkowych stopni zawilżenia powietrza: $[(\Delta X_L)_{obl} - (\Delta X_L)_{zm}]$
- oraz względną różnicę jednostkowych stopni zawilżenia powietrza w procentach: $100 \cdot [(\Delta X_L)_{obl} - (\Delta X_L)_{zm}] / (\Delta X_L)_{zm}$, czyli względną odchyłkę wyrażoną w procentach.

Z analizy tablicy 2 wynika, że popełniany błąd w określeniu jednostkowego stopnia zawiłzenia powietrza waha się w bardzo szerokim zakresie: od niespełna 1 do 67%. Odchylenie standardowe dla bazy danych zawartych w tablicy 2 wynosi $\sigma_{\Delta XL} = 2,824 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$, zaś wartość średnia $(\Delta X_L)_m = 6,732 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$. Zatem, korzystając ze wzoru (22), jednostkowy przyrost stopnia zawiłzenia w chodnikach podścianowych z odstawą urobku wyznacza się ze średnim błędem około 40%. Należy jednak zauważyć, że średni błąd, jaki popełnia się, określając $(\Delta X_L)_{zm}$ na drodze pomiarów, wynosi około 24%.

Tablica. 2. Dane początkowe oraz wyniki badań dla zweryfikowanych chodników podścianowych z odstawą urobku

Lp.	Nr chodnika	$t_d, ^\circ\text{C}$	L, m	$t_{pg}, ^\circ\text{C}$	$m_w, \text{t/d}$	φ_d	$m_{pow}, \text{kg/s}$	$(\Delta X_L)_{zm} \cdot 10^6, \text{m}^{-1}$	$(\Delta X_L)_{obl} \cdot 10^6, \text{m}^{-1}$	$[(\Delta X_L)_{obl} - (\Delta X_L)_{zm}] \cdot 10^{-6}, \text{m}^{-1}$	Względna odchyłka
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	20,0	1040	33,0	800	0,70394	10,4996	5,0488	3,3327	-1,7161	33,99
2	2	21,6	975	33,0	740	0,62452	11,9372	5,2868	4,0482	-1,2386	23,43
3	3	25,0	940	33,0	1400	0,63656	12,5436	4,6521	4,0084	-0,6437	13,84
4	4	23,4	850	33,0	850	0,51290	11,3346	5,7590	5,4799	-0,2791	4,85
5	5	26,6	915	33,0	1500	0,81501	14,1460	4,8062	3,1617	-1,6445	34,22
6	6	24,2	870	33,0	1600	0,79093	13,8031	5,7791	3,3826	-2,3965	41,47
7	7	21,0	795	33,0	1050	0,58777	16,5839	5,6161	4,9843	-0,6318	11,25
8	8	22,4	855	33,0	850	0,81460	12,6267	5,5423	3,3879	-2,1544	38,87
9	9	25,8	430	37,0	950	0,76715	16,0109	5,2934	6,3708	1,0774	20,35
10	10	25,4	660	28,0	1080	0,85532	9,2260	4,3036	3,3095	-0,9941	23,10
11	11	25,2	1320	30,0	1100	0,95037	16,7363	1,8698	1,9973	0,1275	6,82
12	12	24,4	250	29,0	1000	0,80642	16,4411	8,3079	7,8215	-0,4864	5,85
13	13	25,6	750	29,0	1000	0,88739	10,1153	2,8936	3,0411	0,1475	5,10
14	15	23,4	530	37,0	905	0,77100	16,9051	4,4717	5,4029	0,9312	20,82
15	17	24,2	420	34,0	430	0,82140	4,5318	6,2065	5,6108	-0,5957	9,60
16	18	27,2	294	37,0	1000	0,81639	12,3991	10,3440	7,7727	-2,5713	24,86
17	19	26,0	450	34,0	1100	0,84222	9,3161	8,6329	5,1806	-3,4523	39,99
18	23	24,6	450	35,0	650	0,83820	13,5902	4,0900	5,5191	1,4291	34,94
19	27	20,6	540	29,0	1825	0,89217	10,5620	2,7761	3,8618	1,0857	39,11
20	28	25,0	160	26,0	1855	0,81047	7,2840	6,8133	8,2838	1,4705	21,58
21	30	26,0	180	26,0	966	0,84332	8,7545	5,1483	5,7388	0,5905	11,47
22	33	25,0	370	25,4	3350	0,81040	6,8042	2,7276	3,8752	1,1476	42,07
23	34	23,6	1560	24,0	3892	0,91637	11,9917	1,3412	1,2008	-0,1404	10,47
24	44	22,4	1300	24,2	3160	0,76801	24,7502	1,6170	2,0580	0,4410	27,27
25	45	21,0	400	23,0	2810	0,85953	21,3431	3,8894	4,2554	0,3660	9,41
26	50	25,0	480	28,0	1150	0,90241	10,0837	2,9013	4,0031	1,1018	37,98
27	52	23,4	512	31,2	4160	0,75666	17,5131	3,3674	4,8962	1,5288	45,40
28	55	24,2	227	38,0	2575	0,78935	17,0743	7,8095	9,4344	1,6249	20,81
29	56	26,2	278	35,0	3875	0,82791	14,4644	7,1086	7,3288	0,2202	3,11
30	57	21,6	101	38,0	2925	0,86010	14,3972	15,8210	14,9829	-0,8381	5,30
31	59	28,0	971	36,0	2650	0,74879	18,2338	2,5413	3,4245	0,8832	34,75
32	60	26,4	292	38,0	1815	0,82830	13,3032	15,4479	7,5837	-7,8642	50,91
33	62	27,0	150	30,0	2160	0,90607	14,0299	9,9055	9,4531	-0,4524	4,57
34	63	21,8	80	30,0	2430	0,81169	12,4991	12,9607	17,3148	4,3541	33,59
35	64	26,6	340	30,0	2430	0,87444	8,1686	7,5095	5,2757	-2,2338	29,75
36	65	27,4	180	30,0	1485	0,92174	22,2949	12,6961	8,3878	-4,3083	33,93
37	66	27,2	200	30,0	1350	0,90622	12,9412	8,6920	7,7610	-0,9310	10,71
38	67	26,6	1220	30,8	1935	0,81572	30,0515	2,0858	2,4992	0,4134	19,82
39	68	24,6	1080	30,2	6925	0,86953	35,9969	3,4464	2,4448	-1,0016	29,06
40	72	24,0	1410	34,0	5880	0,85105	18,6300	2,2209	2,1364	-0,0845	3,80
41	75	26,0	150	31,6	1500	0,85713	14,0191	8,1657	10,8813	2,7156	33,26
42	80	27,0	190	39,5	930	0,66012	29,4474	16,4901	14,4006	-2,0895	12,67

Mining and Environment

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
43	81	26,8	1060	38,0	2670	0,68584	11,5386	3,3222	3,5213	0,1991	5,99
44	83	24,6	735	33,0	1660	0,74561	29,0249	5,1918	4,2280	-0,9638	18,56
45	91	22,4	950	25,6	4730	0,66109	8,7401	3,3482	3,0113	-0,3369	10,06
46	105	25,2	720	34,0	3980	0,82471	19,3377	4,3235	3,6823	-0,6412	14,83
47	106	25,6	350	26,9	2200	0,87229	12,0792	5,0943	4,6271	-0,4672	9,17
48	111	24,4	340	29,6	3585	0,76205	18,7019	4,5182	6,3820	1,8638	41,25
49	112	25,8	511	37,0	2715	0,68153	19,2102	6,7597	6,0997	-0,6600	-9,76
50	113	23,6	1007	35,0	1875	0,77235	16,6676	6,6262	2,2005	-4,4257	66,79
51	114	27,4	612	36,0	3930	0,80250	19,2134	4,5154	4,3919	-0,1235	2,74
52	116	24,8	900	36,0	1750	0,63322	12,1580	3,9571	4,2772	0,3201	8,09
53	118	22,8	660	33,0	4600	0,76809	33,8288	2,8693	4,2387	1,3694	47,73
54	119	22,8	390	34,0	1455	0,70484	15,1361	6,7649	6,9495	0,1846	2,73
55	120	22,2	590	36,4	2680	0,68604	21,3972	6,8949	5,3421	-1,5528	22,52
56	121	25,4	524	33,8	2830	0,54460	14,3589	11,4581	7,1043	-4,3538	38,00
57	123	23,2	1400	31,0	3890	0,66513	20,7000	2,0101	2,7171	0,7070	35,17
58	124	25,4	390	26,0	2660	0,82604	16,5751	5,4439	4,1169	-1,3270	24,38
59	126	26,6	1400	33,7	3370	0,61961	25,0860	4,8217	3,1000	-1,7217	35,71
60	127	22,8	1110	32,2	1475	0,75218	20,5236	3,5802	3,0178	-0,5624	15,71
61	131	27,6	540	31,6	375	0,92199	18,3872	4,5468	4,2278	-0,3190	7,02
62	135	18,2	1200	19,0	3200	0,88636	16,3506	1,1963	1,5264	0,3301	27,59
63	136	20,0	1940	23,0	8000	0,90841	15,1596	0,9313	1,2304	0,2991	32,12
64	137	25,0	460	27,7	2440	0,88675	30,2405	6,2386	4,2496	-1,9890	31,88
65	138	24,8	480	28,4	2195	0,91783	19,4141	3,5099	4,0347	0,5248	14,95
66	140	26,6	815	39,6	2310	0,76933	19,1458	6,1681	3,9838	-2,1843	35,41
67	143	27,0	50	28,0	4400	0,86061	17,3915	18,9894	18,8064	-0,1830	0,97
68	144	27,0	1190	27,2	2400	0,81738	3,9315	1,2652	1,5263	0,2611	20,64
69	145	27,0	1265	27,2	2400	0,81738	3,9315	1,1777	1,4599	0,2822	23,96
70	146	23,6	575	27,6	1400	0,96599	11,9298	3,4939	3,3197	-0,1742	4,99
71	151	20,4	140	21,0	3455	0,89220	14,4812	13,5557	7,2065	-6,3492	46,84
72	158	24,2	140	36,0	2213	0,86482	34,6477	23,1834	12,5198	-10,6636	46,00
73	161	26,4	487	32,8	1291	0,67377	22,9903	12,1637	6,2800	-5,8837	48,37
74	164	22,0	520	24,4	5466	0,75017	13,5001	3,7856	3,9854	0,1998	5,28
75	166	25,4	60	39,0	436	0,80941	19,5537	18,1107	26,9885	8,8778	49,02
76	168	24,4	500	32,7	2000	0,76025	20,9703	8,6093	5,3131	-3,2962	38,29
77	169	24,0	300	34,6	3400	0,75831	24,3205	10,7034	7,7834	-2,9200	27,28
78	170	25,6	640	33,6	1800	0,76604	22,9620	4,3713	4,5124	0,1411	3,23
79	173	26,8	1480	31,1	3767	0,80075	21,5884	1,4184	2,1179	0,6995	49,32
80	181	28,4	412	38,5	1371	0,60784	19,0966	5,5987	8,4961	2,8974	51,75
81	182	28,8	91	36,0	2959	0,63585	20,0922	22,9625	22,6137	-0,3488	1,52
82	184	22,0	677	38,0	3465	0,73183	18,2098	8,6219	4,4794	-4,1425	48,05
83	185	27,0	300	38,0	1485	0,63563	24,5398	16,0372	10,2299	-5,8073	36,21
84	186	24,4	604	38,0	2025	0,76072	13,1115	6,4158	4,8039	-1,6119	25,12
85	194	23,2	200	27,6	2910	0,66567	32,2412	14,1692	10,7818	-3,3874	23,91
86	195	24,0	730	29,6	5012	0,64295	28,2035	7,0194	4,4076	-2,6118	37,21
87	196	28,0	1135	36,0	996	0,83263	23,1546	2,2361	2,9091	0,6730	30,10
88	202	29,2	480	30,6	1000	0,67502	23,9506	4,7966	5,4939	0,6973	14,54
89	206	22,0	60	26,2	1800	0,78007	16,4860	34,6349	21,0873	-13,5476	39,12
90	207	25,0	970	26,2	1500	0,80921	22,8010	2,9904	2,4651	-0,5253	17,57
91	213	26,0	1100	30,2	3563	0,73755	21,2673	2,2329	2,8241	0,5912	26,48
92	214	21,8	876	26,0	4030	0,94715	30,7720	3,0546	2,4375	-0,6171	20,20
93	217	25,8	500	28,5	4500	0,90370	13,6939	2,7154	3,6911	0,9757	35,93
94	219	22,2	280	32,0	4750	0,75036	21,0034	6,1678	7,7561	1,5883	25,75
95	220	23,8	400	32,0	5350	0,85157	19,3353	5,5079	5,2183	-0,2896	5,26
96	221	24,8	1580	32,0	1750	0,91772	19,7028	1,8551	1,8777	0,0226	1,22
97	222	23,2	720	33,0	3720	0,81784	24,9121	3,2078	3,7102	0,5024	15,66
98	225	25,4	1120	33,1	2562	0,85620	13,0115	4,1922	2,5314	-1,6678	39,78
99	236	26,6	110	30,0	2160	0,82992	19,8155	14,7825	13,3554	-1,4271	9,65

* * *

Przedstawiono wyniki badań dotyczące przyrostu zawilżenia powietrza w chodnikach podścianowych z odstawą urobku. Założono, że wymieniony przyrost zależy od następujących czynników: temperatury powietrza w wyrobisku, różnicy temperatury pierwotnej skał i temperatury powietrza, długości wyrobiska, wilgotności względnej na początku wyrobiska, intensywności przewietrzania wyrobiska, masy transportowanego urobku. Uzyskany wzór empiryczny pozwala na oszacowanie wymienionego przyrostu zawilżenia powietrza ze średnim błędem około 40%. Popęlniany błąd jest zatem duży. Jest to jednak dokładniejsze oszacowanie, aniżeli przyjmowanie dotychczas wartości średniej równej $3,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$, tym bardziej że obecnie wartość średnia wynikająca z pomiarów wynosi $6,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$. Jest więc ona o około 90% większa od dotychczas przyjmowanej. Ponadto należy zwrócić uwagę, że w błędzie 40% tkwi 24% błąd pomiarowy.

Reasumując, można stwierdzić, że uzyskane wyniki, aczkolwiek daleko im do doskonałości, lepiej opisują przyrost zawilżenia powietrza w chodnikach podścianowych z odstawą urobku od dotychczas stosowanej wartości średniej. W związku z powyższym proponuje się zastosować, uzyskany w ramach niniejszej pracy wzór (22) w metodzie prognozowania warunków klimatycznych dla chodników podścianowych.

Literatura

1. Bystroń H. (1997): Badanie przepływów powietrza wilgotnego z wymianą masy, pędu i energii w obszarze wyrobisk górniczych drażonych z zastosowaniem lutniowych systemów wentylacyjnych. *Archiwum Górnictwa* t. 42, nr 3, s. 191–249.
2. Knechtel J. (2002): Prognozowanie zawilżenia powietrza w wyrobiskach eksploatacyjnych z wykorzystaniem metod statystycznych. *Materiały Konferencyjne 2. Szkoły Aerologii Górniczej*. Kraków, AGH, s. 513–518.
3. Knechtel J., Słowik S. (2003): Zastosowanie metod statystycznych do określenia przyrostu zawilżenia powietrza w chodnikach przyścianowych z odstawą urobku. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa* nr 6(389), s. 20–23.
4. Knechtel J. (2007): Wstępne wyniki badań dotyczące prognozowania zawilżenia powietrza w chodnikach podścianowych z odstawą urobku. *Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko* nr 2, s. 124–128.
5. Koloch B. (1991): Nomogramy do prognozowania temperatury powietrza w wyrobiskach górniczych z wentylacją opływową. *Prace GIG. Komunikat* nr 761.
6. Leja F. (1964): *Rachunek różniczkowy i całkowity*. Warszawa, PWN.
7. Malewanyj C., Piratin W. (1972): *Sposób najmniejszych kwadratów w hydrogeologicznych iśledowaniach i rasczotach*. Charków, Wydaw. Uniwersytetu Charkowskiego.
8. Ochęduszek S. (1974): *Termodynamika stosowana*. Warszawa, WNT.
9. Ziętak K., Zuber R. (1987): *Poradnik inżyniera – matematyka, t. 2*. Warszawa, WNT.

Recenzent: doc. dr hab. inż. Jan Drzewiecki