

Ocena kosztów prac profilaktycznych w ścianach eksploatacyjnych na przykładzie jednej ze spółek węglowych

Dariusz Musioł

Prace profilaktyczne i ich koszty dla przykładowej ściany eksploatacyjnej

Charakterystyka ściany w przykładowej kopalni

Długość ściany	243 m
Wysokość eksploatacyjna ściany	1,5 ÷ 2,0 m
Nachylenie podłużne ściany	2° ÷ 6°
Nachylenie poprzeczne ściany	-6° ÷ 5°
Wybieg ściany	834 m
Wydobycie średnie	706 Mg/dobę
System eksploatacji	podłużny od granic
Sposób przewietrzania	„Y”
Zagrożenie metanowe	IV kategoria zagrożenia metanowego
Metanowość kryterialna	29,54 m³CH₄/min
Zagrożenie pożarowe	I grupa samozapalności
Okres inkubacji pożaru	82 dni
Zagrożenie wybuchem pyłu węglowego	klasa B
Zagrożenie klimatyczne	Poziom Krytyczny I
Temperatura pierwotna górotworu	32 °C
Zagrożenie tapaniami	brak zagrożenia tapaniami
Zagrożenie wodne	Brak zagrożenia wodnego
Okres eksploatacji ścianą	523 dni
Całkowite wydobycie ze ściany	369 320 Mg



Zestawienie kosztów profilaktyki metanowej dla przykładowej ściany

Lp.	Nazwa kosztu	Ilość/liczba	Koszt jednostkowy [zł]	Koszt całkowity [zł]
1.	Wykonawstwo otworów drenażowych. Wiercenie otworów: zużycie materiałów eksploatacyjnych. Całkowita liczba mb otworów drenażowych, liczba otworów, liczba zbiorów	38 zbiorów 314 otworów 23 628 mb	245,30 zł/1 mb	5 795 948,40 zł
2.	Użytkowanie stacji odmetanowania, obsługa odmetanowania	17 miesięcy	230 000 zł/m-c	3 910 000,00 zł
3.	Wykonawstwo pomocniczych urządzeń wentylacyjnych (oganiarki z płótna wentylacyjnego, przegrody wentylacyjne, strumienice, wentylatory pomocnicze, doszczelnianie zawalów pianami itp.)	Strumienica x2 1 x WLE wypełnienie chodnika nadścianowego 810 mb	4 000,00 zł 54 000,00 zł 1 700,00 zł/mb	8 000,00 zł 54 000,00 zł 1 377 000,00 zł
4.	Wykonawstwo chodnika drenażowego (1 mb)	Nie dotyczy		Wykonawstwo chodnika drenażowego (1 mb)
5.	Utrzymanie chodnika wentylacyjnego przyzrobowego w przypadku przewietrzania na Y (1 mb)	pas podpornościowo doszczelniający, pas doszczelniający (oganiarka) z piany ciężkiej	278,00 zł/mb 61,00 zł/m²	230 740,00 zł 169 092,00 zł
6.	Roboczodniówki związane ze zwalczaniem zagrożenia metanowego	985 dniówek	380 zł/dniówkę	374 300,00 zł
7.	Koszty energii Energia elektryczna Sprężone powietrze 2 x strumienice	323,17 MWh 17 miesięcy	650,00 zł/MWh 82,08 zł/dobę	210 060,50 zł 86 512,32 zł
8.	Całkowity koszt profilaktyk			12 215 653,22 zł



Zestawienie kosztów profilaktyki pożarowej dla przykładowej ściany

Lp.	Nazwa kosztu	Ilość/liczba	Koszt jednostkowy [zł]	Koszt całkowity [zł]
1.	Wykorzystanie materiałów chemicznych: - piany lekkie, - piany ciężkie, - środki antypirogeniczne,	5 000 dm ³ 2 775 dm ³ 1 000 dm ³	60 zł/dm ³ 70 zł/dm ³ 60 zł/dm ³	300 000,00 zł 194 250,00 zł 60 000,00 zł
2.	Prace pomocnicze przy podawaniu materiałów chemicznych (wiercenie otworów, zatłaczanie)	Nie dotyczy		
3.	Wykorzystanie materiałów mineralnych: - spoiwa mineralno-cementowe,	220 Mg	740 zł/Mg	162 500,00 zł
4.	Prace pomocnicze przy podawaniu materiałów mineralnych (wiercenie otworów, zatłaczanie)	Nie dotyczy		
5.	Betonity prostopadłościenne	3 000 szt.	3,25 zł/szt.	9 750,00 zł
6.	Wykonawstwo pasów podsadzkowych (1 mb)	Nie stosowano		
7.	Inne materiały budowlane	Nie stosowano		
8.	Badania laboratoryjne prób gazowych do wczesnego wykrywania pożarów endog. wykonywane przez kopalnię	580 szt.	25 zł/szt.	14 500,00 zł
9.	Badania laboratoryjne prób gazowych do wczesnego wykrywania pożarów endog. wykonywane na zlecenie	450 szt.	170 zł/szt.	76 500,00 zł
10.	Pomiary pomocnicze (kamera termowizyjna, pirometr)	tak	Kamera 200 h Pirometr 150 h	
11.	Zużycie gazów inertnych N ₂ lub CO ₂	CO ₂ 249 837,5 m ³ N ₂ 816 088,4 m ³	1,78 zł/ m ³ 0,77 zł/ m ³	444 710,75 zł 628 388,07 zł
12.	Obsługa prac inertyzacyjnych	-	-	
13.	Dzierżawa lub koszt użytkowania urządzeń inertyzacyjnych	420 dni	2 550 zł/doba	1 071 000,00 zł
14.	Roboczodniówki związane ze zwalczaniem zagrożenia pożarowego	460 dniówek	358,00 zł	164 680,00 zł
15.	Roboczodniówki ratowników górniczych przy pracach profilaktycznych	2 120 dniówek	489,00 zł	1 036 680,00 zł
16.	Zużycie wody i innych mediów	4 200 m ³ wody	-	
17.	Całkowity koszt profilaktyk			4 162 958,82 zł



Zestawienie kosztów profilaktyki klimatycznej dla przykładowej ściany

Lp.	Nazwa kosztu	Ilość/liczba	Koszt jednostkowy [zł]	Koszt całkowity [zł]
1.	Urządzenia klimatyzacyjne	3 szt.	70 000,00 zł	210 000,00 zł
2.	Wentylatory pomocnicze	1 szt.	60 000,00 zł	60 000,00 zł
3.	Wentylatory lutniowe wraz z lutniami	1 szt.	180 000,00 zł	180 000,00 zł
4.	Obsługa urządzeń	-	-	0,00 zł
5.	Izolacja wyrobisk	-	-	0,00 zł
6.	Materiały pomocnicze	-	-	0,00 zł
7.	Intensyfikacja przewietrzania	-	-	0,00 zł
8.	Roboczodniówki związane ze zwalczaniem zagrożenia klimatycznego	752 dn.	500 zł/dn.	376 000,00 zł
9.	Koszty energii	8495,55 MWh	650,00 zł/MWh	5 522 107,50 zł
10.	Całkowity koszt profilaktyk			6 348 107,50 zł



Zestawienie kosztów profilaktyki zagrożenia wybuchem pyłu węglowego dla przykładowej ściany

Lp.	Nazwa kosztu	Ilość/liczba	Koszt jednostkowy [zł]	Koszt całkowity [zł]
1.	Pył kamienny	169 Mg	145,50 zł/Mg	24 589,50 zł
2.	Pojemniki na zapory wodne	3 065 szt.	47,40 zł/szt.	145 281,00 zł
3.	Konstrukcje drewniane i stalowe do zapór przeciwwybuchowych	ZP – 17szt. ZW – 17 szt.	1 720 zł/szt. 1 590 zł/szt.	29 240,00 zł 27 030,00 zł
4.	Miesięczne utrzymanie stref zabezpieczających przed możliwością przeniesienia wybuchu pyłu węglowego w rejonie	Suche 2 899 mb - 69 Mg Mokre 1 158 mb - 125 m³	145,50 zł/Mg -	10 039,50 zł
5.	Roboczodniówki związane ze zwalczaniem zagrożenia wybuchem pyłu węglowego	2 390 dniówek	358,00 zł	855 620,00 zł
6.	Roboczodniówki związane ze zwalczaniem zagrożenia metanowego	985 dniówek	380 zł/dniówkę	374 300,00 zł
7.	Koszty energii	-	-	0,00 zł
8.	Całkowity koszt profilaktyk			1 466 100,00 zł

6

koszt profilaktyki metanowej	12 215 653,22 zł
kosztów profilaktyki pożarowej	4 162 958,82 zł
kosztów profilaktyki klimatycznej	6 348 107,50 zł
kosztów profilaktyki zagrożenia wybuchem pyłu węglowego	1 466 100,00 zł
Koszt całkowity	24 192 819,54 zł



Koszty profilaktyk i wskaźniki kosztów

Udział procentowy kosztów profilaktyki U_P obliczony został na podstawie wzoru:

$$U_P = \frac{K_P}{P_C} \cdot 100\%, \%$$
(1)

gdzie:

K_P – koszt profilaktyki, zł,

P_C – przychód całkowity ze sprzedanego węgla, zł.

Koszt profilaktyki w przeliczeniu na 1 Mg wydobytego węgla K_{PMg} obliczony został na podstawie wzoru:

$$K_{PMg} = \frac{K_P}{W_C}, \text{ zł/Mg}$$
(2)

gdzie:

K_P – koszt profilaktyki, zł,

W_C – całkowite wydobywanie ze ściany, Mg.

Koszt profilaktyki w przeliczeniu na 1 m postępu ściany K_{Pmb} obliczony został na podstawie wzoru:

$$K_{Pmb} = \frac{K_P}{w_{\acute{s}c}}, \text{ zł/m}$$
(3)

gdzie:

K_P – koszt profilaktyki, zł,

$w_{\acute{s}c}$ – wybieg całkowity ściany, m.

Koszt profilaktyki w przeliczeniu na 1 dobę biegu ściany K_{Pd} obliczony został na podstawie wzoru:

$$K_{Pd} = \frac{K_P}{l_d}, \text{ zł/dobę}$$
(4)

gdzie:

K_P – koszt profilaktyki, zł,

l_d – liczba dni roboczych biegu ściany, doba.

Ceny węgla energetycznego na świecie:

- Lata 2022-2023 cena węgla energetycznego w portach ARA ok. **198,00 USD** za tonę, co w przeliczeniu na złotówki wg średniorocznego kursu dolara amerykańskiego w NBP daje **824,67 zł**.

Duży problem dla kopalń - wzrost cen energii elektrycznej na rynkach europejskich – średnio ok. 650,00 zł/MWh

Około 50% kosztów energii elektrycznej to koszty uprawnień do emisji CO₂ (ok. 83 Euro/t CO₂)

8

Warto zaznaczyć, że przeciętna średnioroczna cena detaliczna 1000 kg węgla w Polsce wyniosła:

- 2022 rok – 2329,03 zł

- 2023 rok – 2137,88 zł

Koszty i wskaźniki kosztów profilaktyk dla wybranych ścian eksploatacyjnych spółki węglowej

	Wydobycie całkowite W_C Mg	Przychód całkowity P_C zł	Koszt profilaktyki metanowej K_{PM} zł	Koszt profilaktyki pożarowej K_{PP} zł	Koszt profilaktyki klimatycznej K_{PK} zł	Koszt profilaktyki pyłowej K_{PPL} zł	Całkowity koszt profilaktyk K_P zł
Ściana 1	252 711	208 403 180,37	6 216 745,84	497 764,32	2 928 545,00	476 750,00	10 119 805,16
Ściana 2	1 324 155	1 091 990 903,85	1 712 558,00	1 259 751,92	12 807 430,00	1 238 130,00	17 017 869,92
Ściana 3	443 334	365 604 249,78	8 387 252,08	1 065 200,00	Nie stosowano	702 810,44	10 155 262,52
Ściana 4	369 320	304 567 124,40	12 161 416,08	4 162 958,82	Nie stosowano	1 091 800,00	17 416 174,90
Ściana 5	554 754	457 488 981,18	13 430 663,00	1 360 895,00	Nie stosowano	1 619 885,05	16 411 443,05
Ściana 6	175 964	145 112 231,88	Nie stosowano	806 395,04	797 221,10	137 760,90	1 741 377,04
Ściana 7	713 995	588 810 256,65	Nie stosowano	4 709 123,50	685 940,77	172 844,10	5 567 908,37
Ściana 8	1 077 733	888 774 073,11	533 301,67	1 562 540,50	550 197,44	357 220,00	3 003 259,61
Ściana 9	670 946	553 309 037,82	7 802 598,89	432 765,00	2 634 835,88	194 132,20	11 064 331,97
Ściana 10	810 118	668 080 011,06	15 022 016,67	1 604 610,10	791 600,00	262 459,10	17 680 685,87
Średnia	639 303	527 214 005,01	6 526 655,22	1 746 200,42	2 119 577,02	625 379,18	11 017 811,84



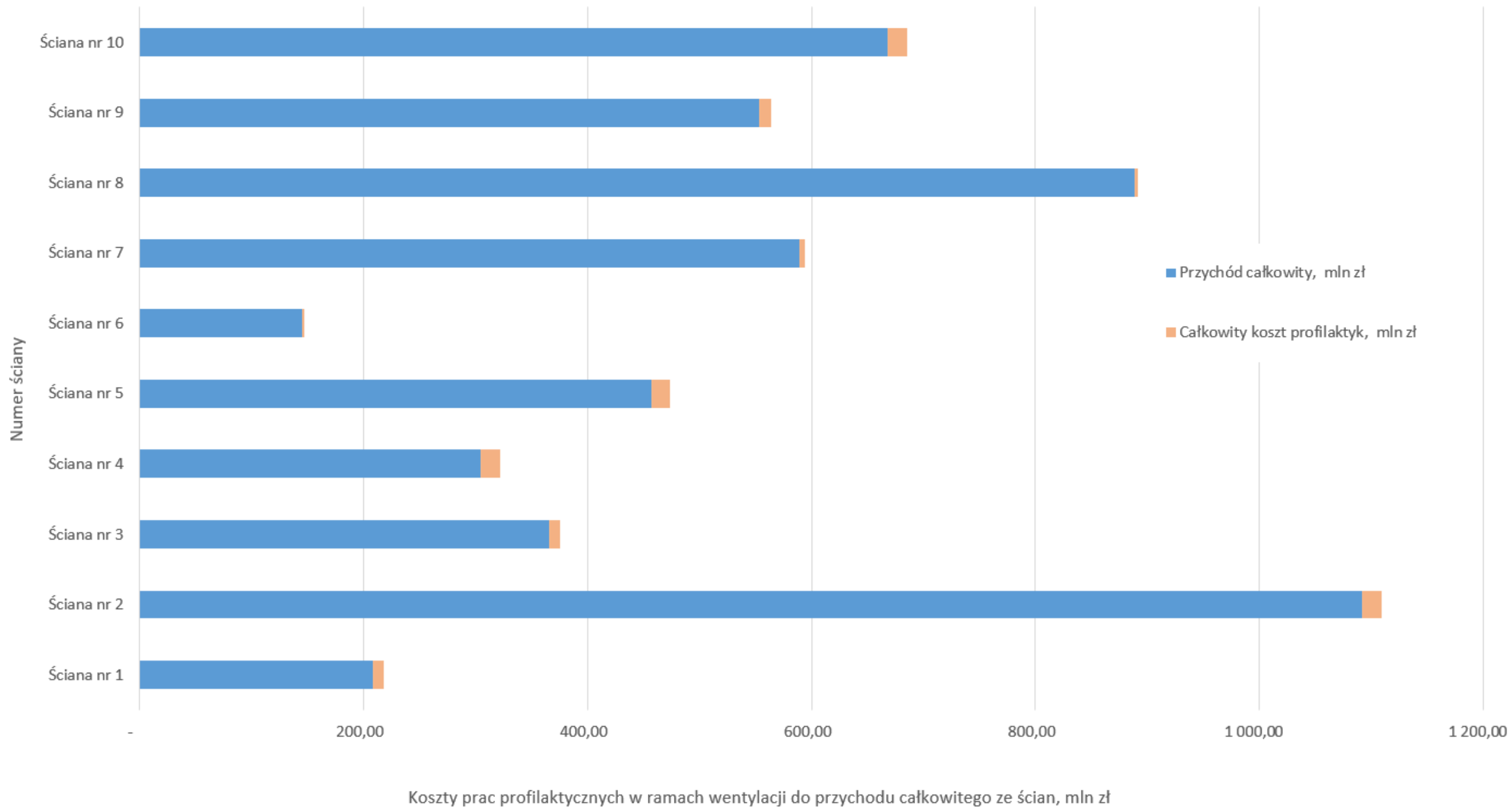
Koszty i wskaźniki kosztów profilaktyk dla wybranych ścian eksploatacyjnych spółki węglowej

10

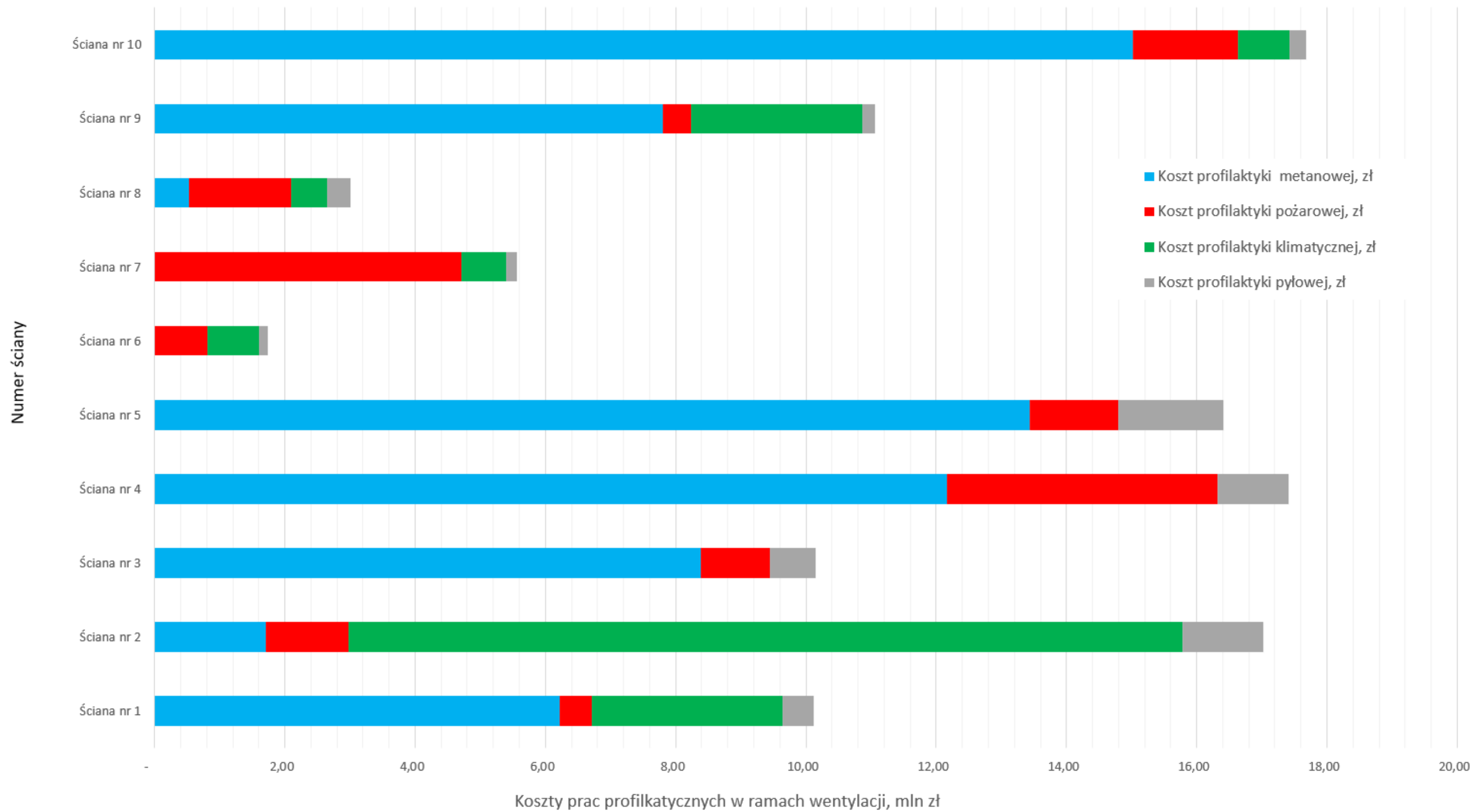
	Udział kosztu profilaktyki metanowej	Udział kosztu profilaktyki pożarowej	Udział kosztu profilaktyki klimatycznej	Udział kosztu profilaktyki pyłowej	Koszt profilaktyki metanowej na 1 Mg wydobycia	Koszt profilaktyki pożarowej na 1 Mg wydobycia	Koszt profilaktyki klimatycznej na 1 Mg wydobycia	Koszt profilaktyki pyłowej na 1 Mg wydobycia	Koszt profilaktyki metanowej na 1 mb postępu	Koszt profilaktyki pożarowej na 1 mb postępu	Koszt profilaktyki klimatycznej na 1 mb postępu	Koszt profilaktyki pyłowej na 1 mb postępu	Koszt profilaktyki metanowej na 1 dzień biegu śc.	Koszt profilaktyki pożarowej na 1 dzień biegu śc.	Koszt profilaktyki klimatycznej na 1 dzień biegu śc.	Koszt profilaktyki pyłowej na 1 dzień biegu śc.
	U_{PMe} %	U_{PPo} %	U_{PKl} %	U_{PPy} %	K_{PMgMe} zł/Mg	K_{PMgPo} zł/Mg	K_{PMgKl} zł/Mg	K_{PMgPy} zł/Mg	K_{PmbMe} zł/m	K_{PmbPo} zł/m	K_{PmbKl} zł/m	K_{PmbPy} zł/m	K_{PdMe} zł/d	K_{PdPo} zł/d	K_{PdKl} zł/d	K_{PdPy} zł/d
Ściana 1	2,98	0,24	1,41	0,23	24,60	1,97	11,59	1,89	11864,02	949,93	5588,83	909,83	14662,14	1173,97	6906,95	1124,41
Ściana 2	0,16	0,12	1,17	0,11	1,29	0,95	9,67	0,94	1162,63	855,23	8694,79	840,55	2162,32	1590,60	16171,00	1563,30
Ściana 3	2,29	0,29	0,00	0,19	18,92	2,40	0,00	1,59	8489,12	1078,14	0,00	711,35	39010,47	4954,42	0,00	3268,89
Ściana 4	3,99	1,37	0,00	0,36	32,93	11,27	0,00	2,96	14582,03	4991,56	0,00	1309,11	23253,19	7959,77	0,00	2087,57
Ściana 5	2,94	0,30	0,00	0,35	24,21	2,45	0,00	2,92	13593,79	1377,42	0,00	1639,56	45221,09	4582,14	0,00	5454,16
Ściana 6	0,00	0,56	0,55	0,09	0,00	4,58	4,53	0,78	0,00	2643,92	2613,84	451,68	0,00	5305,23	5244,88	906,32
Ściana 7	0,00	0,80	0,12	0,03	0,00	6,60	0,96	0,24	0,00	6765,98	985,55	248,34	0,00	16072,09	2341,09	589,91
Ściana 8	0,06	0,18	0,06	0,04	0,49	1,45	0,51	0,33	538,69	1578,32	555,75	360,83	1353,56	3965,84	1396,44	906,65
Ściana 9	1,41	0,08	0,48	0,04	11,63	0,65	3,93	0,29	7961,84	441,60	2688,61	198,09	28898,51	1602,83	9758,65	719,01
Ściana 10	2,25	0,24	0,12	0,04	18,54	1,98	0,98	0,32	7321,41	2228,67	2191,90	693,18	52894,42	5650,04	2787,32	924,15
średnia	1,61	0,42	0,39	0,15	13,26	3,43	3,22	1,23	7672,37	2291,79	1760,63	463,52	20745,57	5285,69	4460,63	1754,44



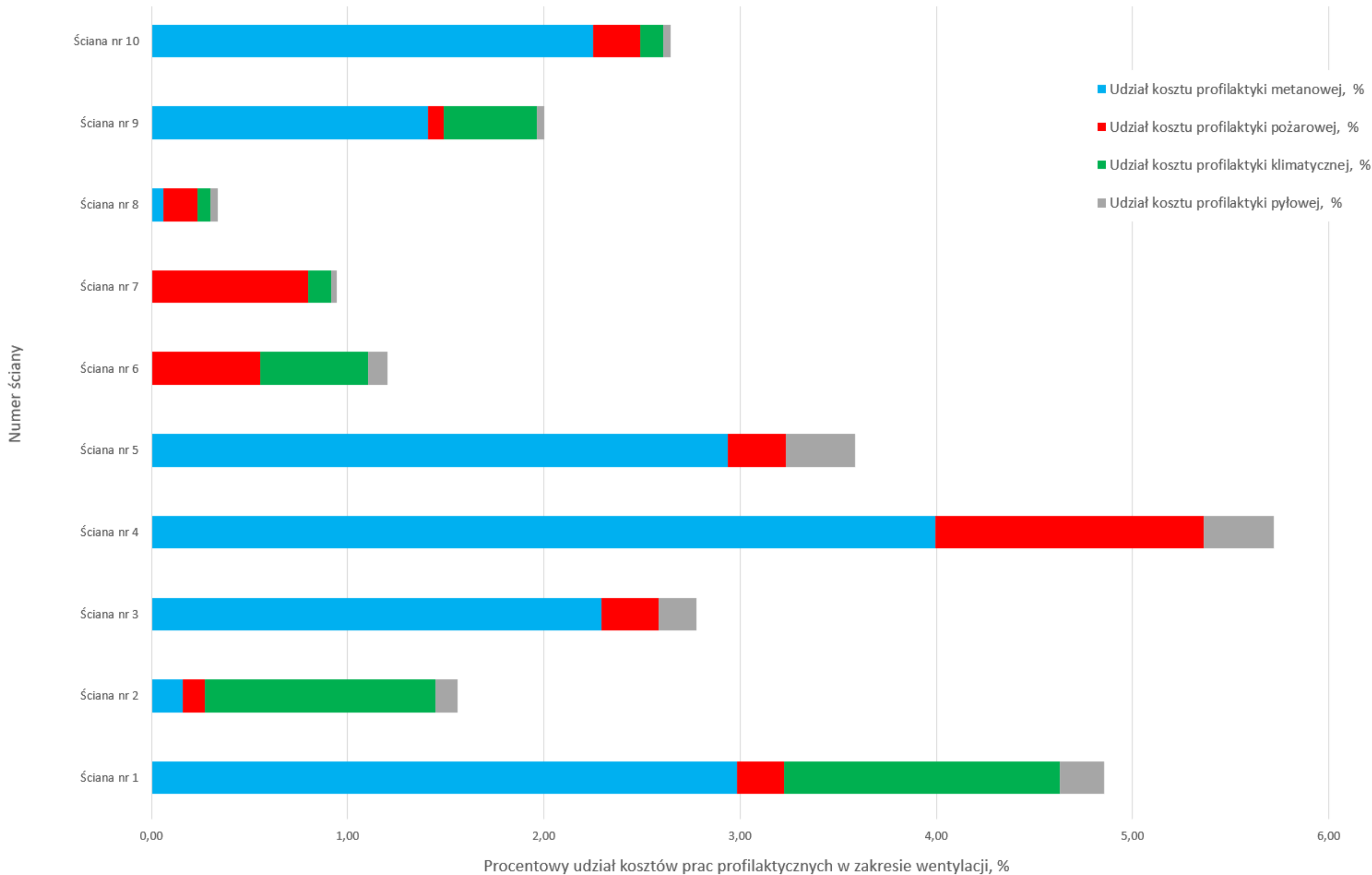
Koszty profilaktyk w stosunku do przychodu całkowitego w analizowanych ścianach eksploatacyjnych



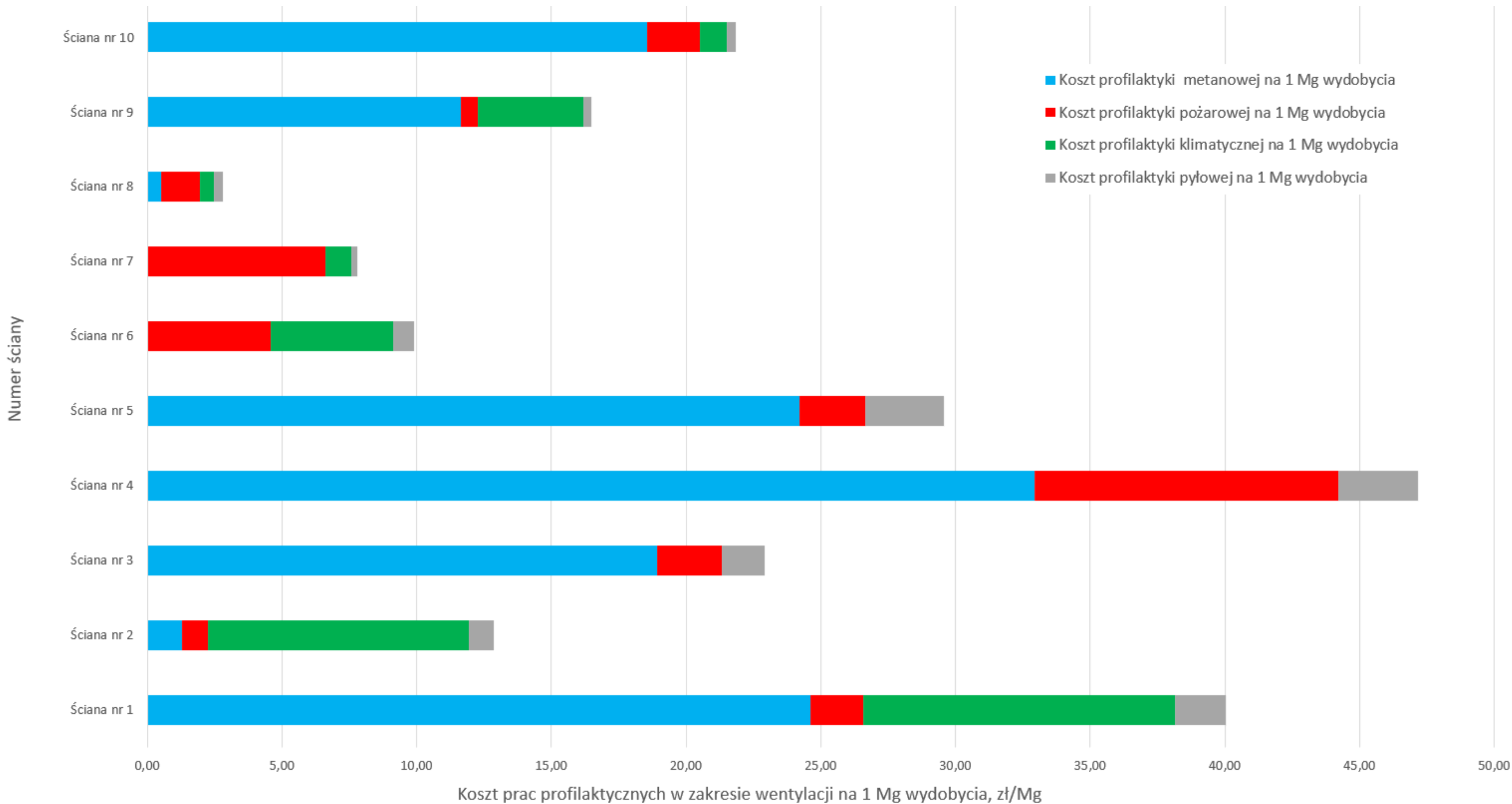
Koszty profilaktyk analizowanych ścianach eksploatacyjnych



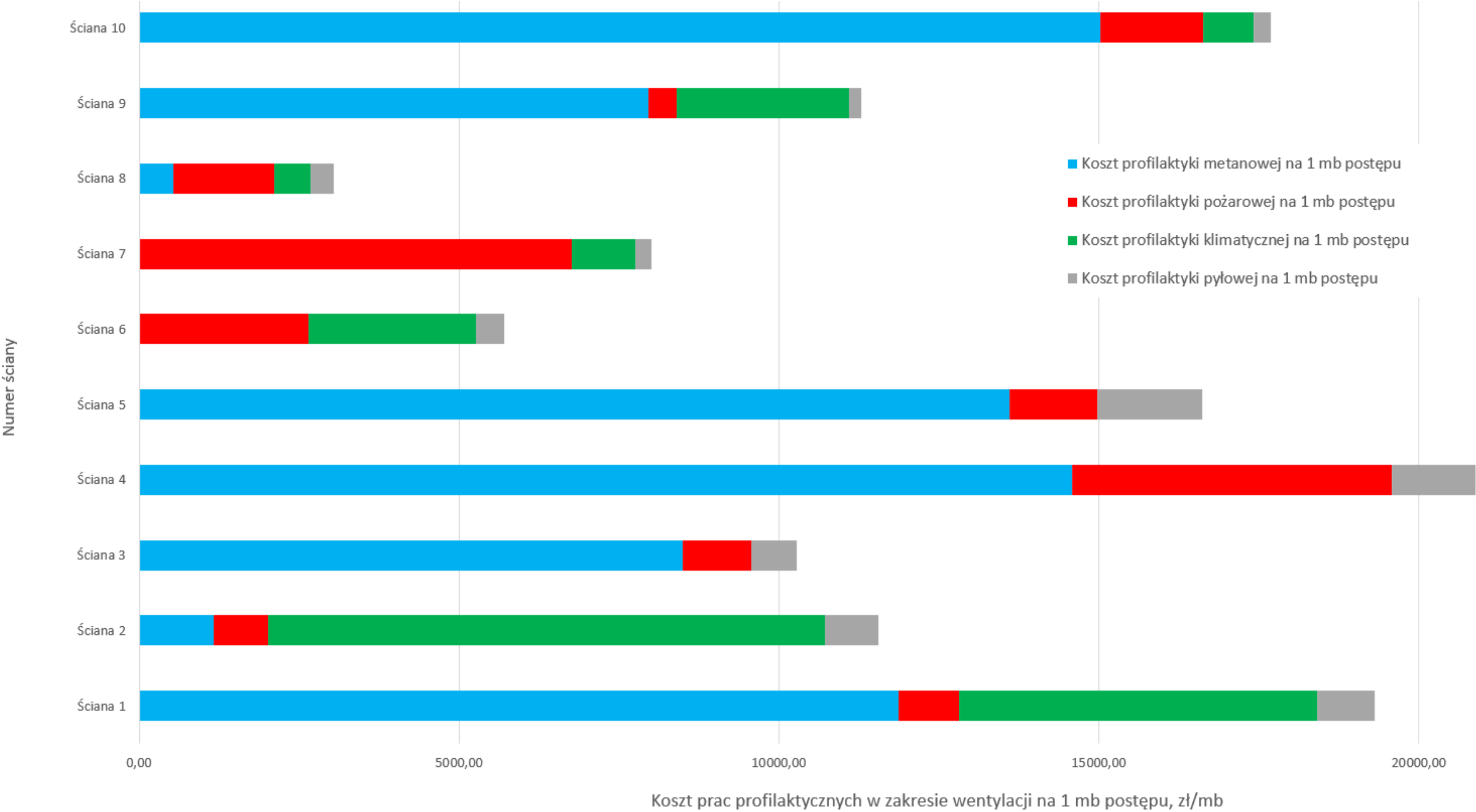
Procentowy udział kosztów profilaktyk w analizowanych ścianach eksploatacyjnych



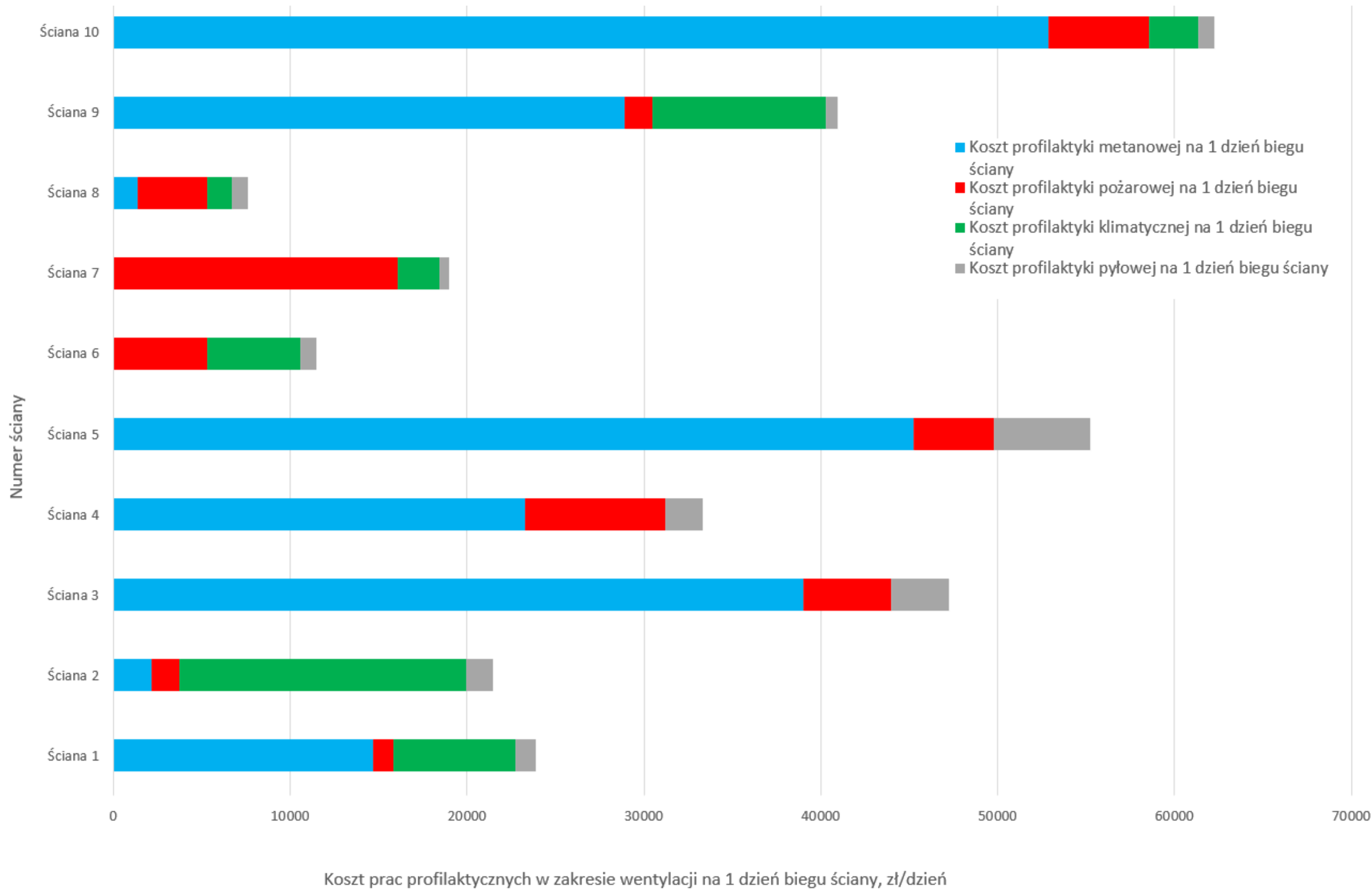
Koszty profilaktyk w przeliczeniu na 1 Mg wydobywania w analizowanych ścianach eksploatacyjnych



Koszty profilaktyk w przeliczeniu na 1 m postępu ściany w analizowanych ścianach eksploatacyjnych



Koszty profilaktyk w przeliczeniu na 1 dobę biegu ściany w analizowanych ścianach eksploatacyjnych



Podsumowanie

Najwyższe koszty ponoszone są na walkę z zagrożeniem metanowym. Koszty profilaktyki metanowej to aż 62,73% kosztów całkowitych poniesionych przez kopalnie na profilaktyki zagrożeń związanych z wentylacją. Średni koszt profilaktyki metanowej wyniósł 13,26 zł/1 Mg wydobywania. Można jednak zauważyć, że często koszty profilaktyki metanowej przekraczają 20,00 zł/1 Mg (maks. 32,93 zł/1 Mg).

17

Najczęściej wykonywanymi pracami profilaktycznymi były prace profilaktyczne związane z zagrożeniem pożarami endogenicznymi. We wszystkich analizowanych ścianach było prowadzone aktywne zwalczanie zagrożenia pożarowego. Średni koszt profilaktyki pożarowej wyniósł 3,43 zł/1 Mg.

Profilaktyka zagrożenia klimatycznego, choć dość kosztowna, to jednak w analizowanych ścianach stosowana była w niewielkim stopniu. Aktywną walkę z zagrożeniem klimatycznym prowadzono w 7 ścianach. Średni koszt prowadzonej profilaktyki wyniósł 3,22 zł/1 Mg wydobywania, jedynie dla ściany 1 przekroczył on wielkość 10 zł uzyskując 11,59 zł/1 Mg wydobywania.

18

W przypadku profilaktyki zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, ze względu na obligatoryjny jej charakter, koszty jej stosowania w stosunku do innych profilaktyk są niewielkie. Jest to związane z usankcjonowanym algorytmem postępowania narzuconym przepisami górniczymi. Średni koszt prowadzenia profilaktyki wyniósł jedynie 1,23 zł/1 Mg wydobywania

Udział kosztów profilaktyk wentylacyjnych w cenie węgla stopniowo wzrasta. Jest to związane nie tylko z ceną węgla, ale także koniecznością eksploatacji pokładów węgla przy stopniowym, powolnym wzroście wpływu zagrożeń naturalnych oraz występujących coraz trudniejszych warunkach górniczo-geologicznych.

Dziękuję za uwagę

Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa
i Automatyki Przemysłowej
Katedra Geoinżynierii i Eksploatacji Surowców



Phone

+48 32 237 16 67



E-mail

dariusz.musiol@polsl.pl