

# 47

## ZASTOSOWANIE GÓRNICZEJ CHŁODZIARKI AZOTU (GCA) JAKO DODATKOWEGO ELEMENTU PROFILAKTYKI POŻAROWEJ W KWK „JANKOWICE”

### 47.1 WSTĘP

Wytwornice azotu dla celów profilaktyki ppoż. w KWK „Jankowice” stosowane są od roku 2010. Do tego czasu jako gaz inertny do powyższych celów stosowany był dwutlenek węgla. Zmiana strategii działań w ramach inertyzacji zrobów podyktowana była przede wszystkim dużo większą (deklarowaną przez producentów) wydajnością instalacji opartej o wytwornice azotu w stosunku do instalacji zgazowania ciekłego CO<sub>2</sub>. W roku 2015, jako dodatkowy element profilaktyki pożarowej w KWK Jankowice zastosowano górnictwą chłodziarkę azotu.

W artykule przedstawiono praktyczne doświadczenia w zastosowaniu górnictwej chłodziarki azotu w wyrobiskach w których obserwowano podwyższony poziom zagrożenia pożarowego na przykładzie ścian Z-1 w pokł. 501/3 oraz Z-2 w pokł. 417/1.

### 47.2 PARAMETRY TECHNICZNO-RUCHOWE GÓRNICZEJ CHŁODZIARKI AZOTU (GCA)

Górnictwa chłodziarka azotu posiada następujące parametry techniczno-ruchowe [1]:

Wymiary (dł. x szer. x wys.) <i>mm</i>	(2150x800x1000)
Masa <i>kg</i>	720
Przepływ min. <i>m<sup>3</sup>/h</i>	650
Przepływ max. <i>m<sup>3</sup>/h</i>	1400
Moc elektryczna <i>kW</i>	7,5
Napięcie zasilania <i>V</i>	500 lub 1000
Zużycie wody do schłodzenia skraplacza <i>m<sup>3</sup>/h</i>	0,3 do 0,35
Obniżenie temperatury azotu	ok 30° (do -1°C)
Czynnik chłodniczy	R134a
Ilość czynnika chłodniczego <i>kg</i>	ok. 15

Na zdjęciach, przedstawiono sposób zabudowy Górniczej Chłodziarki Azotu w wyrobisku dołowym, wraz z jej poszczególnymi elementami.

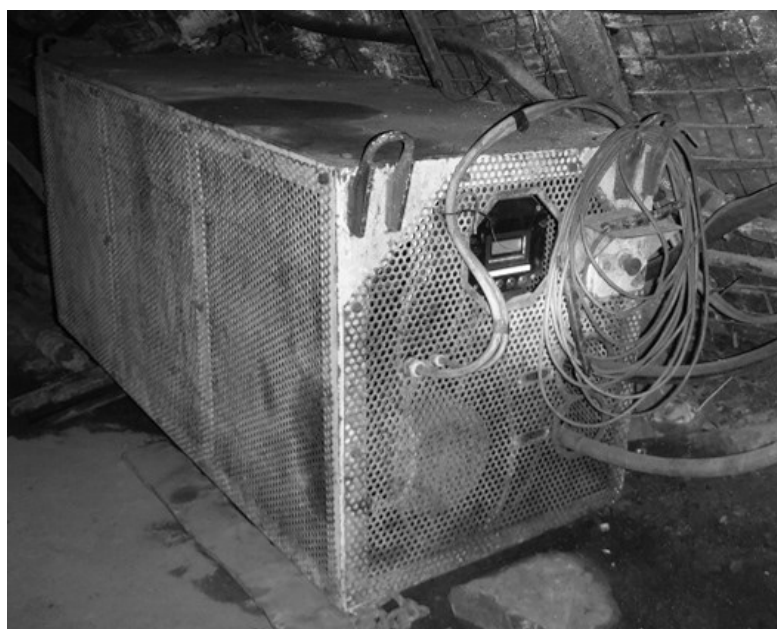


Rys. 47.1 Wyświetlacz z parametrami pracy chłodziarki

Zdjęcie (rys. 47.1) przedstawia wyświetlacz na którym można odczytać parametry pracy chłodziarki takie jak:

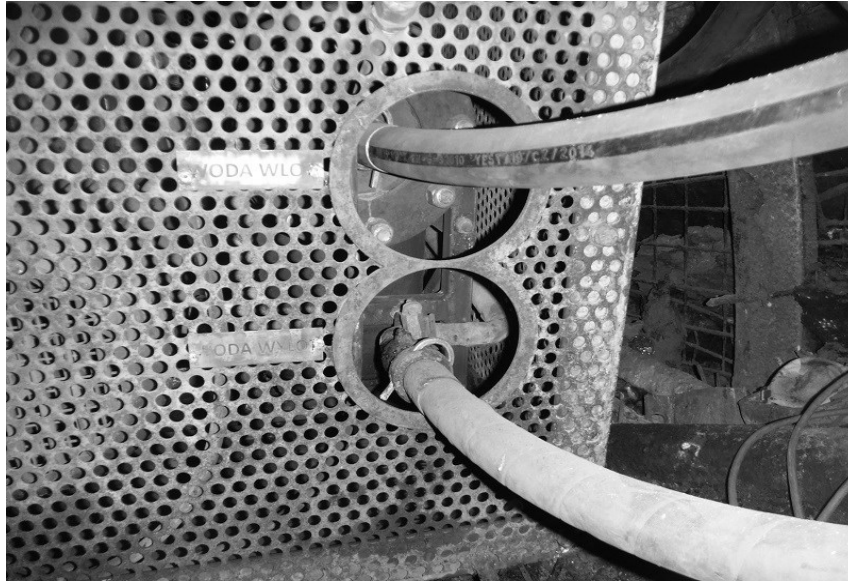
- ciśnienie wejścia i wyjścia azotu,
- temperaturę azotu na wejściu i na wyjściu z chłodziarki.

Na zdjęciu (rys. 47.2) przedstawiono Górniczą Chłodziarkę Azotu zabudowaną w rejonie otamowanej ściany Z-2 w pokł. 417/1.



Rys. 47.2 Górnicza chłodziarka azotu zabudowana w wyrobisku dołowym

Natomiast na zdjęciu (rys. 47.3) przedstawiono doływ i odpływ wody z Górniczej Chłodziarki Azotu. GCA jest zasilana wodą bezpośrednio z podziemnych rurociągów póź. bez konieczności stosowania dodatkowych urządzeń.



Rys. 47.3 Dopływ i odpływ wody z górniczej chłodziarki azotu

Zdjęcie (rys. 47.4) przedstawia sposób doprowadzenia i odprowadzenia azotu do Górniczej Chłodziarki Azotu. Azot jest dostarczany na dół kopalni siecią rurociągów, a połączenie rurociągu podającego azot z GCA odbywało się za pomocą węży gumowych.



Rys. 47.4 Doprowadzenie i odprowadzenie azotu do Górniczej Chłodziarki Azotu

#### 47.3 ZASTOSOWANIE W PROFILAKTYCE PPOŻ GÓRNICZEJ CHŁODZIARKI AZOTU NA PRZYKŁADZIE ŚCIANY Z-1 W PKŁ. 501/3

Ściana Z-1 w pokł. 501/3 prowadzona jest od granic jej pola i przewietrzana systemem na „U” wzdłuż calizny węglowej.

Zagrożenia naturalne występujące w pokładzie 501/3 w rejonie ściany Z-1:

- III kategoria zagrożenia metanowego,
- I stopień zagrożenia wodnego,
- klasa B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego,
- I stopień zagrożenia tapaniami.

Bezpośrednio nad pokładem, w stropie bezpośrednim pokładu 501/3, zalega pokład 501/2 [2].

Parametry charakteryzujące wskaźniki zagrożenia pożarowego w rejonie ściany zostały pokazane w tabeli 47.1.

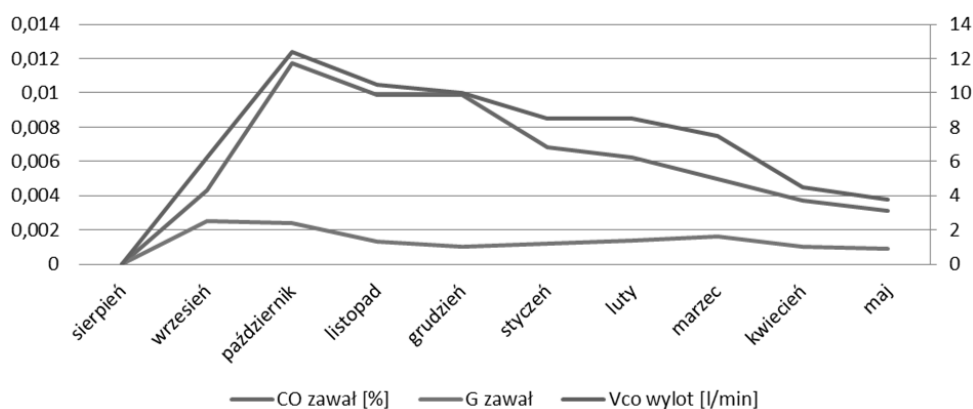
**Tabela 47.1 Parametry charakteryzujące samozapalność węgla w ścianie Z-1 w pokł. 501/3**

	Pokł. 501/3	Pokł. 501/2
wskaźnik samozapalności:	$Sz^a = 62^{\circ}\text{-}99\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$	$Sz^a = 101\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$
energia aktywacji:	$A = 60\text{-}67\text{ kJ}/\text{mol}$	$A = 62\text{ kJ}/\text{mol}$
okres inkubacji pożaru:	61-79 dni	61 dni
skłonność do samozapalenia:	I do III grupa samozapalności	IV grupa samozapalności

Rozruch ściany nastąpił w dniu 11.08.2014 r. Od początku września, zaobserwowano wzrost zagrożenia pożarowego – wskaźnik Grahama we wrześniu i październiku 2014 stale utrzymywał się powyżej wartości 0,0025, a wskaźnik  $V_{co}$  i  $\Delta CO$  zaczął wykazywać wzrosty powyżej 10,0 l/min. Tendencję tę można zauważyć na wykresie średnich wartości zagrożenia pożarowego w ścianie Z-1 w pokł. 501/3 (rys. 47.5).

### Średnie wartości wskaźników zagrożenia pożarowego

#### w rejonie ściany Z-1 w pokł. 501/



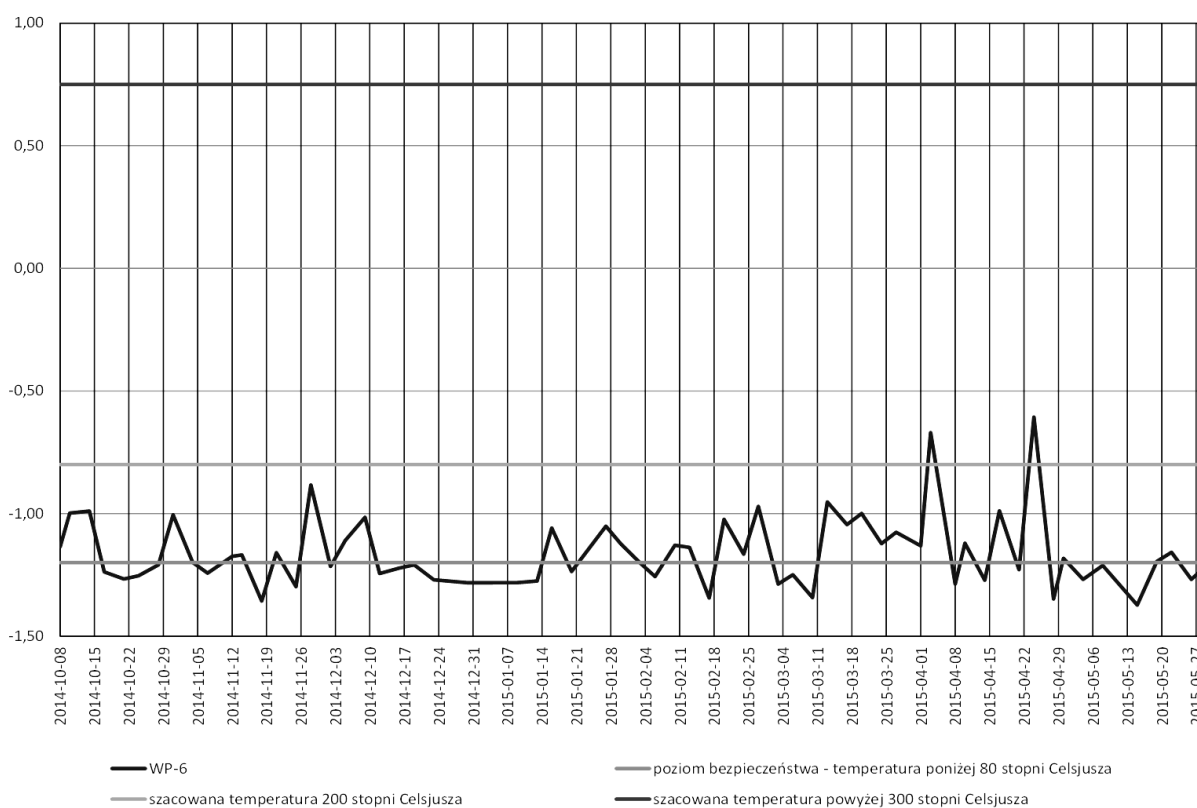
**Rys. 47.5 Średnie wartości wskaźników zagrożenia pożarowego w ścianie Z-1 w pokł. 501/3**

W związku ze wzrostem zagrożenia pożarowego oraz zaleganiem nad pokładem 501/3 pokładu 501/2 podjęto decyzję o podawaniu azotu do zrobów ściany Z-1. Parametry inertyzowania zrobów ściany Z-1 w pokł. 501/3 zostały przedstawione w tabeli 47.2, Natomiast na wykresie (rys. 47.6), przedstawiono kształtowanie się wartości wskaźnika WP-6 w zrobach ściany Z-1 w pokł. 501/3

Tabela 47.2 Parametry inertyzowania zrobów ściany Z-1 w pokł. 501/3

	Ilość wtłoczonego N <sub>2</sub> m <sup>3</sup> /m-c	Średnia wydajność m <sup>3</sup> /h	Średnia temp. azotu na wlocie do GCA °C	Śr. temp. azotu na wylocie z GCA °C	Średnia temp. azotu na wlocie do zrobów °C
Październik 2014	317400	426	-	-	26
Listopad 2014	576000	800	-	-	26
Grudzień 2014	623400	838	-	-	26
Styczeń 2015	556600	748	-	-	26
Luty 2015	777400	1157	26	-2	-1
Marzec 2015	392501	528	26	-2	-1
Kwiecień 2015	332372	461	25	-1	0
Maj 2015	56389	75	25	-1	0

Wykres wskaźnika WP-6 ze zrobów ściany Z-1 w pokł. 501/3



Rys. 47.6 Wykres wskaźnika WP-6 ze zrobów ściany Z-1 w pokł. 501/3

Szczegółowe dane dotyczące zrobów ściany Z-1 w pokł. 501/3 pokazano w tabeli 47.3.

Podawanie azotu do zrobów ściany Z-1 w pokł. 501/3 rozpoczęto w październiku 2014 r i odbywało się z wykorzystaniem następujących urządzeń i rurociągów :

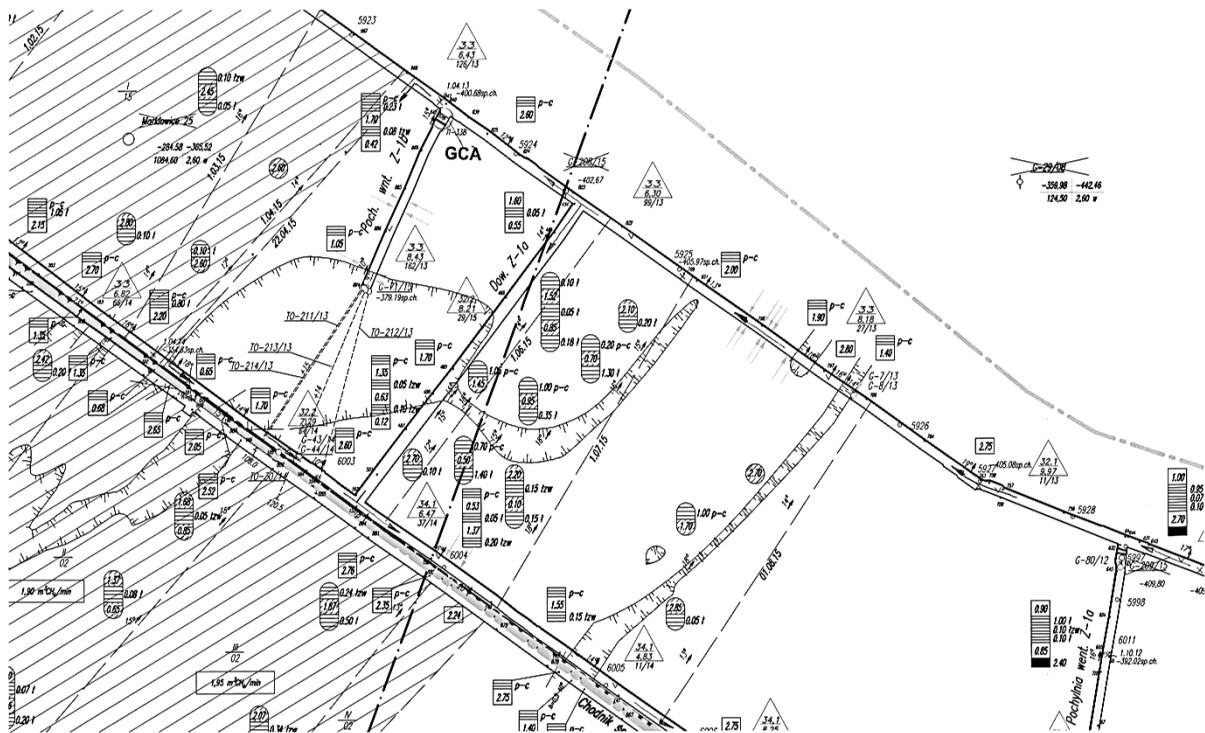
- powierzchniowych wytwornic azotu WA-700,
- trasy rurociągów śr. 150 mm i 100 mm z powierzchni do wyrobisk dołowych [4].

Tabela 47.3 Stan zagrożenia pożarowego w rejonie ściany Z-1 w pokł. 501/3

Data rejestracji próbeki	Etan ppm	Etylen ppm	Propan ppm	Propylen ppm	Acetylen ppm	CO ppm	Tlen %	Azot %	CO2 %	CH4 %	H2 ppm
2015-05-29	1,2	0,03	0,09	0,01	0,001	1	20,78	79,02	0,09	0,11	1,6
2015-05-26	8,1	0,01	0,95	0,01	0,001	5	19,88	79,34	0,4	0,38	1,9
2015-05-22	27,1	0,04	3,47	0,02	0,005	23	19,65	78,81	0,27	1,26	1,5
2015-05-19	59,1	0,05	7,39	0,06	0,006	42	17,87	78,78	0,65	2,69	2,5
2015-05-15	412,7	0,18	52,73	0,14	0,001	93	5,12	69,81	2,89	22,12	6,9
2015-05-08	333	0,2	40,1	0,06	0,001	87	6,46	73,44	2,28	17,77	7
2015-05-04	329,9	0,22	39,51	0,09	0,001	110	5,54	74,33	2,1	17,98	8,3
2015-04-30	40,1	0,09	4,02	0,04	0,003	38	16,43	80,87	0,41	2,28	4,2
2015-04-28	213,7	0,1	26,56	0,07	0,001	34	12,07	73,72	1,19	12,99	5,3
2015-04-24	62,2	0,08	7,19	0,04	0,016	37	16,34	79,78	0,46	3,41	3,5
2015-04-21	82,6	0,06	9,93	0,04	0,003	35	16,39	78,48	0,51	4,61	3,5
2015-04-17	70,9	0,08	8,16	0,02	0,004	53	14,76	80,44	0,6	4,19	4,2
2015-04-14	60,2	0,06	6,85	0,05	0,003	29	16,5	79,88	0,43	3,18	3,3
2015-04-10	25,1	0,05	2,27	0,05	0,007	25	18,71	79,65	0,2	1,43	2,6
2015-04-08	20,9	0,03	2,4	0,03	0,002	10	19,37	79,53	0,17	0,93	2,5
2015-04-03	32,2	0,03	3,73	0,01	0,006	54	19,5	78,73	0,19	1,57	2,7
2015-04-01	163,6	0,11	19,29	0,05	0,004	69	13,6	75,2	0,87	10,32	5,3
2015-03-27	97,3	0,09	11,32	0,06	0,007	65	16,69	77,2	0,57	5,52	4,2
2015-03-24	95,5	0,09	10,77	0,03	0,003	65	16,46	77,53	0,45	5,54	4,2
2015-03-20	70,8	0,09	7,94	0,05	0,007	56	17,71	77,26	0,37	4,65	4,6
2015-03-17	31,7	0,05	3,47	0,01	0,003	34	19,02	79,1	0,23	1,65	2,1
2015-03-13	65,2	0,1	7,23	0,05	0,008	55	17,31	78,71	0,36	3,61	4,7
2015-03-10	56,5	0,04	6,39	0,06	0,001	51	18,01	78,67	0,3	3,01	3,1
2015-03-06	40,5	0,07	4,16	0,06	0,004	45	18,58	78,87	0,22	2,32	3,4
2015-03-03	46,4	0,03	5,27	0,03	0,002	28	18,29	78,96	0,24	2,5	2,5
2015-02-27	19,2	0,08	1,97	0,05	0,01	20	19,84	79,15	0,13	0,88	3,3
2015-02-24	31,9	0,06	3,41	0,02	0,003	18	19,5	78,76	0,13	1,6	2
2015-02-20	95,5	0,1	9,64	0,05	0,006	78	17,01	77,91	0,28	4,8	5,2
2015-02-17	72,8	0,04	8,16	0,05	0,001	55	15,29	81,32	0,21	3,17	3,8
2015-02-13	63,2	0,09	6,89	0,04	0,004	55	15,45	81,9	0,21	2,43	4,1
2015-02-10	169,5	0,08	24,33	0,02	0,006	40	16,95	77,99	0,23	4,81	1,1
2015-02-06	61,3	0,15	6,1	0,06	0,001	86	15,75	81,45	0,3	2,48	6,8
2015-02-03	29,9	0,04	3,12	0,02	0,002	36	18,97	79,83	0,18	1,01	2,9
2015-01-30	298,3	0,09	35,73	0,04	0,002	57	11,78	75,29	0,92	11,97	8,8
2015-01-27	101,3	0,11	14,31	0,06	0,007	80	15,11	80,76	0,37	3,75	4,8
2015-01-20	246,3	0,09	36,63	0,07	0,002	72	13,68	76,17	0,79	9,32	8,7
2015-01-16	118,5	0,1	20,3	0,06	0,005	73	15,69	79,38	0,38	4,53	6,4
2015-01-13	84	0,13	15,81	0,07	0,002	84	16,32	79,81	0,43	3,42	5,6
2015-01-09	87,5	0,1	15,9	0,06	0,002	65	17,06	79,51	0,34	3,07	5
2014-12-30	142	0,14	27,5	0,08	0,002	63	13,31	81,34	0,42	4,91	6,3
2014-12-23	119	0,11	20	0,07	0,002	62	11,87	83,57	0,38	4,16	6,8
2014-12-19	781,2	0,25	168,81	0,08	0,001	108	3,16	71,15	0,93	24,65	12,4
2014-12-16	106	0,12	19,88	0,06	0,003	70	13,68	81,92	0,36	4,03	5
2014-12-12	551,5	0,25	113,51	0,1	0,001	85	3,24	69,95	0,99	25,74	14,5
2014-12-09	208,9	0,2	34,57	0,06	0,005	80	9,27	74,91	0,67	15,12	8,7
2014-12-05	159	0,22	22,7	1,67	0,002	129	10,17	82,25	0,62	6,95	10,1
2014-12-02	67,8	0,08	9,29	0,05	0,003	66	15,63	81,8	0,28	2,28	4,7
2014-11-28	43,4	0,08	6,08	0,04	0,009	35	18,06	79,55	0,24	2,14	3,9
2014-11-25	116	0,17	17,26	0,11	0,002	147	12,27	82,01	0,59	5,11	8,2
2014-11-21	170,2	0,17	22,38	0,07	0,003	139	11,62	78,59	0,53	9,25	8,3
2014-11-18	84,8	0,09	14,51	0,12	0,001	97	13	82,66	0,48	3,85	6,4
2014-11-14	154,1	0,17	17,88	0,06	0,003	100	11,39	77,18	0,64	10,76	6,1
2014-11-12	83,7	0,06	11,9	0,04	0,003	81	14,15	80,82	0,36	4,65	4,6
2014-11-07	109,7	0,21	17,03	0,11	0,003	98	8,35	82,4	0,7	8,54	8
2014-11-04	81,8	0,13	10,36	0,06	0,003	72	14,69	78,13	0,29	6,87	5,7
2014-10-31	180,1	0,13	18,88	0,05	0,005	80	11,79	74,6	0,4	13,18	7,1
2014-10-28	77,3	0,12	11,65	0,09	0,004	94	11,07	81,14	0,42	7,36	6,5
2014-10-24	75,1	0,15	12,32	0,08	0,002	105	12,85	80,52	0,44	6,17	8
2014-10-21	54,3	0,15	8,64	0,09	0,003	124	16,22	78,93	0,35	4,49	5,8
2014-10-17	79,7	0,21	11,97	0,08	0,001	184	13,64	77,81	0,48	8,05	11,5
2014-10-14	29,4	0,1	4,85	0,04	0,005	98	17,9	79,73	0,25	2,11	5,9
2014-10-10	37,3	0,1	5,64	0,04	0,006	109	17,57	78,47	0,21	3,73	4,8
2014-10-08	35,5	0,1	5,52	0,08	0,005	94	17,71	78,85	0,23	3,2	6,1

Data rejestracji próbki	WP-1	WP-2	WP-3	WP-6	Graham	(C2H4+C3H6)/CO2
2015-05-29	0,63	0,03	40,00	-1,21	0,0006	0,4
2015-05-26	2,63	0,01	20,00	-1,27	0,0004	0,1
2015-05-22	15,33	0,04	12,00	-1,16	0,0019	0,2
2015-05-19	16,80	0,04	18,33	-1,19	0,0014	0,2
2015-05-15	13,48	0,05	320,00	-1,37	0,0007	0,1
2015-05-08	12,43	0,04	260,00	-1,21	0,0007	0,1
2015-05-04	13,25	0,04	310,00	-1,27	0,0008	0,1
2015-04-30	9,05	0,03	43,33	-1,18	0,0008	0,3
2015-04-28	6,42	0,03	170,00	-1,35	0,0005	0,1
2015-04-24	10,57	0,03	7,50	-0,61	0,0008	0,3
2015-04-21	10,00	0,03	33,33	-1,23	0,0008	0,2
2015-04-17	12,62	0,02	25,00	-0,99	0,0008	0,2
2015-04-14	8,79	0,03	36,67	-1,27	0,0006	0,3
2015-04-10	9,62	0,04	14,29	-1,12	0,0010	0,5
2015-04-08	4,00	0,02	30,00	-1,29	0,0006	0,4
2015-04-03	20,00	0,01	6,67	-0,67	0,0040	0,2
2015-04-01	13,02	0,03	40,00	-1,13	0,0011	0,2
2015-03-27	15,48	0,04	21,43	-1,08	0,0017	0,3
2015-03-24	15,48	0,03	40,00	-1,12	0,0016	0,3
2015-03-20	12,17	0,03	20,00	-1,00	0,0020	0,4
2015-03-17	16,19	0,03	20,00	-1,05	0,0018	0,3
2015-03-13	11,70	0,03	18,75	-0,95	0,0016	0,4
2015-03-10	16,45	0,03	100,00	-1,34	0,0018	0,3
2015-03-06	13,24	0,04	32,50	-1,25	0,0019	0,6
2015-03-03	11,20	0,02	30,00	-1,29	0,0011	0,3
2015-02-27	6,06	0,04	13,00	-0,97	0,0018	1,0
2015-02-24	9,00	0,04	26,67	-1,16	0,0013	0,6
2015-02-20	15,00	0,03	25,00	-1,02	0,0021	0,5
2015-02-17	14,47	0,02	90,00	-1,34	0,0009	0,4
2015-02-13	13,41	0,03	32,50	-1,14	0,0009	0,6
2015-02-10	36,36	0,09	16,67	-1,13	0,0011	0,4
2015-02-06	12,65	0,03	210,00	-1,26	0,0015	0,7
2015-02-03	12,41	0,02	30,00	-1,20	0,0016	0,3
2015-01-30	6,48	0,01	65,00	-1,12	0,0007	0,1
2015-01-27	16,67	0,04	24,29	-1,05	0,0013	0,5
2015-01-20	8,28	0,02	80,00	-1,24	0,0011	0,2
2015-01-16	11,41	0,03	32,00	-1,06	0,0014	0,4
2015-01-13	15,00	0,04	100,00	-1,28	0,0017	0,5
2015-01-09	13,00	0,03	80,00	-1,28	0,0016	0,5
2014-12-30	10,00	0,03	110,00	-1,28	0,0008	0,5
2014-12-23	9,12	0,03	90,00	-1,27	0,0006	0,5
2014-12-19	8,71	0,03	330,00	-1,21	0,0007	0,4
2014-12-16	14,00	0,04	60,00	-1,22	0,0009	0,5
2014-12-12	5,86	0,02	350,00	-1,24	0,0006	0,4
2014-12-09	9,20	0,03	52,00	-1,02	0,0008	0,4
2014-12-05	12,77	0,19	945,00	-1,11	0,0011	3,0
2014-12-02	14,04	0,03	43,33	-1,22	0,0011	0,5
2014-11-28	8,97	0,03	13,33	-0,88	0,0012	0,5
2014-11-25	17,93	0,03	140,00	-1,30	0,0016	0,5
2014-11-21	16,75	0,03	80,00	-1,16	0,0015	0,5
2014-11-18	15,16	0,03	210,00	-1,36	0,0011	0,4
2014-11-14	16,39	0,04	76,67	-1,17	0,0011	0,4
2014-11-12	17,61	0,02	33,33	-1,17	0,0011	0,3
2014-11-07	12,25	0,04	106,67	-1,24	0,0007	0,5
2014-11-04	12,63	0,03	63,33	-1,20	0,0012	0,7
2014-10-31	11,27	0,03	36,00	-1,01	0,0010	0,5
2014-10-28	14,46	0,03	52,50	-1,21	0,0009	0,5
2014-10-24	13,13	0,03	115,00	-1,25	0,0012	0,5
2014-10-21	21,38	0,04	80,00	-1,27	0,0026	0,7
2014-10-17	16,00	0,03	290,00	-1,24	0,0026	0,6
2014-10-14	16,61	0,02	28,00	-0,99	0,0030	0,6
2014-10-10	22,71	0,03	23,33	-1,00	0,0034	0,7
2014-10-08	15,41	0,03	36,00	-1,14	0,0030	0,8

Ze względu na ścienienie pokładu 501/3, wykonana została dachowizna Z-1a w pokł. 501/3, a ze ściany Z-1 po dojechaniu do wycienienia pokładu dokonany został przerzut wyposażenia do wykonanej dachowizny Z-1a. Wybudowę ściany Z-1 w pokł. 501/3 rozpoczęto w dniu 23.03.2015 r. i po przebudowie wyposażenia do nowej dachowizny ponownie uruchomiono w dniu 25.05.2015 r. 18 lutego 2015 roku, przewidując możliwy wzrost zagrożenia pożarowego w okresie przerzutu wyposażenia ściany do dachowizny Z-1a w pokł. 4501/3, w chodniku Z-1 w pokł. 501/3 zabudowano Górniczą Chłodziarkę Azotu, której zadaniem było chłodzenie azotu podawanego do zrobów ściany Z-1 w pokł. 501/3 od strony chodnika Z-1 (podścianowego) (rys. 47.7).



Rys. 47.7 Wycinek mapy rejonu ściany Z-1 w pokł. 501/3 w trakcie przerzutu wyposażenia

#### 47.4 ZASTOSOWANIE W PROFILAKTYCE PPOŻ GÓRNICZEJ CHŁODZIARKI AZOTU NA PRZYKŁADZIE ŚCIANY Z-2 W PKŁ. 417/1

Ściana Z-2 w pokł. 417/1 prowadzona była od granic jej pola i przewietrzana systemem na „U” wzdłuż calizny węglowej. Zagrożenia naturalne występujące w pokładzie 417/1 w rejonie ściany Z-2:

- III kategoria zagrożenia metanowego,
- I i II stopień zagrożenia wodnego,
- klasa B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego,
- niezagrożony tapaniami.

Parametry charakteryzujące samozapalność węgla były następujące:

- wskaźnik samozapalności:  $Sz^a = 64-85 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{min.}$ ,
- energia aktywacji:  $A = 57-63 \text{ kJ}/\text{mol.}$ ,
- okres inkubacji pożaru: 67 dni,
- skłonność do samozapalenia: II-III grupa samozapalności [3].



Ściana Z-2 w pokł. 417/1 w drugiej połowie 2014 roku była w końcowym etapie eksploatacji. Z uwagi na trudne warunki stropowe od czerwca 2014 uzyskiwała znacznie mniejszy postęp niż pierwotnie zakładano. Opady stropu i konieczność wykonywania kolejnych obcinok wpłynęły na podjęcie decyzji o likwidacji tej ściany, którą rozpoczęto w dniu 17.08.2014 r. Trudne warunki stropowe uniemożliwiające wykonanie klasycznego siatkowania stropu oraz wymogi bezpieczeństwa dla pracującej załogi spowodowały, że obcinka ściany Z-2 w pokł. 417/1 przygotowująca ją do wybudowy wykonywana była za pomocą kombajnu chodnikowego. Dla wybudowy sekcji obcinka została zaplanowana w dwóch etapach. Do dnia 20.11.2014 r. wykonana została obcinka 115 sekcji obudowy zmechanizowanej. Do końca pierwszego etapu obcinki pozostało 36 sekcji. Po wykonaniu pierwszego etapu obcinki ściany Z-2 w pokł. 417/1 zaistniała konieczność wykroczenia sekcjami obudowy zmechanizowanej oraz wykonanie obcinki ostatecznej na długości całej ściany.

Od 14.11.2014 r. wzrosły wartości tlenu węgla w analizowanych próbach z zawału. Wartości wskaźnika WP-6 uległy podwyższeniu. Dodatkowo w dniu 19.11.2014 r. pojawił się podwyższony poziom acetylenu. Wskaźniki pożarowe WP-1, WP-2, WP-3 oraz WP-6 wskazywały na średni stan zagrożenia pożarowego. Na swoim doraźnym posiedzeniu, Zespół ds. Zagrożenia pożarowego stwierdził, że w rejonie ściany Z-2 w pokł. 417/1 występuje stan podwyższonego poziomu zagrożenia pożarowego, jednak w kontekście planowanej obcinki ściany Z-2 prowadzonej w trudnych warunkach geologiczno-górnicznych, bez możliwości zlikwidowania wyposażenia ściany Z-2 w krótkim okresie czasu zagrożenie to może ulec dalszemu pogorszeniu. Mając na uwadze trudne warunki geologiczno-górniczne i brak możliwości zwiększenia postępu przy pracach związanych z przygotowaniem ściany Z-2 w pokł. 417/1 do likwidacji, Zespół zaproponował czasowe otamowanie ściany po wytransportowaniu istotnych maszyn i urządzeń elektrycznych. Ściana Z-2 w pokł. 417/1 została otamowana w dniu 28.11.2014 r. po wybudowaniu z rejonu istotnych maszyn i urządzeń. Rejon został odizolowany korkami przeciwwybuchowymi z zabudowanymi przepustami tamowymi przeciwwybuchowymi. Zgodnie z ustaleniami Kopalnianego Zespołu ds. zagrożenia pożarowego, utrzymywano inertyzowanie zrobów ściany po jej otamowaniu z wykorzystaniem następujących urządzeń i rurociągów :

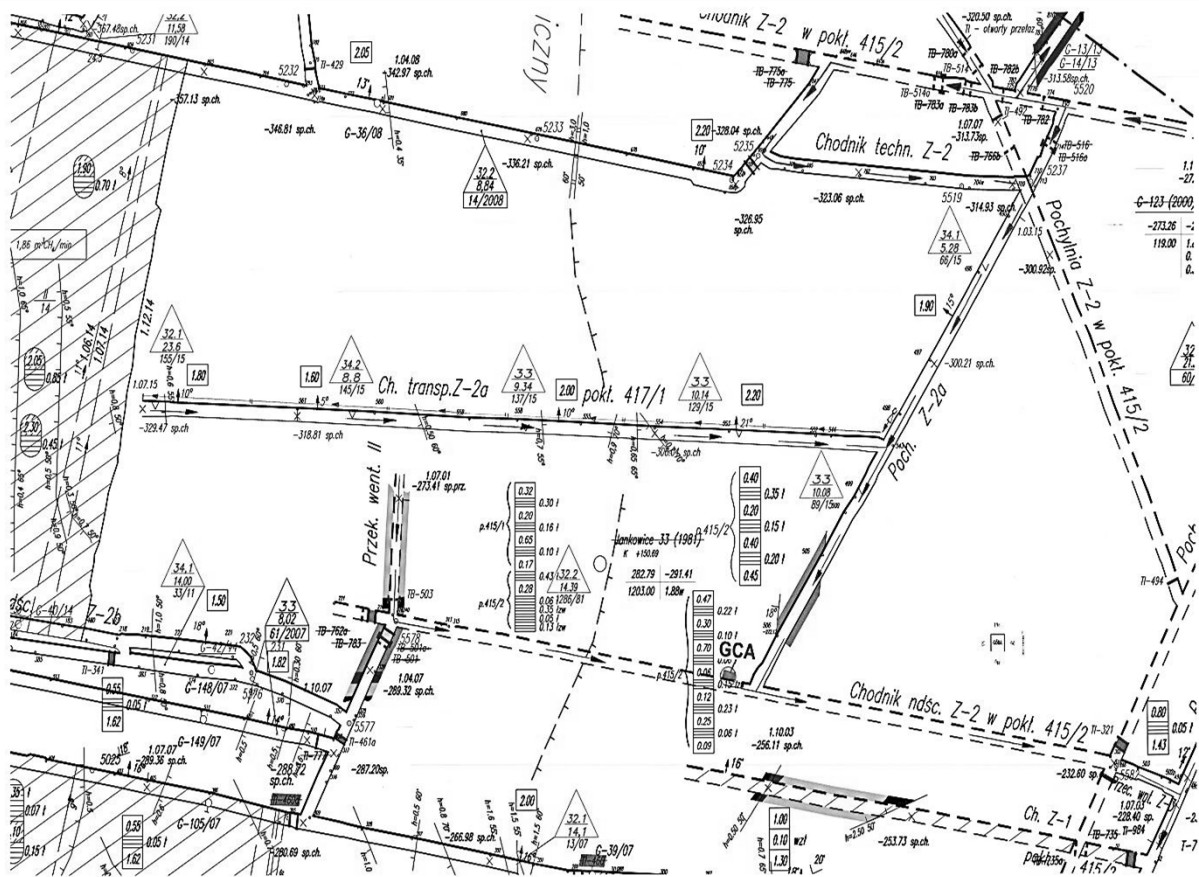
- powierzchniowych wytwornic azotu WA-700,
- trasy rurociągów śr. 150 mm i 100 mm z powierzchni do wyrobisk dołowych [5].

Parametry inertyzowania zrobów ściany Z-2 w pokł. 417/1 po jej otamowaniu pokazano w tabeli 47.4.

Dla umożliwienia szybkiej likwidacji wyposażenia znajdującego się w czasowo otamowanej ścianie Z-2 w pokł. 417/1 został wydrążony chodnik transportowy Z-2 w pokł. 417/1. Obecnie chodnik ten został zatrzymany 8 m od zbicia do ściany Z-2. Po zbiciu podzieli on ścianę Z-2 na 2 części i umożliwi jej szybką likwidację. W lipcu 2015 roku mając na celu zwiększenie skuteczności inertyzowania rejonu otamowanej ściany Z-2 w pokł. 417/1 w chodniku nadścianowym Z-2 w pokł. 415/2 zabudowano Górnica Chłodziarkę Azotu (rys. 47.8).

Tabela 47.4 Parametry inertyzowania zrobów ściany Z-2 w pokł. 417/1 po jej otamowaniu

	Ilość włożonego N <sub>2</sub> m <sup>3</sup> /m-c	Średnia wydajność m <sup>3</sup> /h	Średnia temp. azotu na wlocie do GCA °C	Średnia temp. azotu na wylocie z GCA °C	Średnia temp. azotu przy wlocie za tamę °C
Grudzień 2014	808500	1087	-	-	26
Styczeń 2015	770200	1035	-	-	26
Luty 2015	377800	562	-	-	26
Marzec 2015	757415	1018	-	-	26
Kwiecień 2015	784939	1090	-	-	26
Maj 2015	859403	1155	-	-	26
Czerwiec 2015	607427	843	-	-	26
Lipiec 2015	397641	534	25	-1	0
Sierpień 2015	702495	944	25	-2	-1



Rys. 47.8 Wycinek mapy rejonu ściany Z-2 w pokł. 417/1

Szczegółowe dane dotyczące kształtowania się zagrożenia pożarowego w rejonie otamowanej ściany Z-2 w pokł. 417/1 pokazano w tabelach 47.5 i 47.6 oraz na wykresach kształtowania się wartości wskaźnika WP-6 zza tam izolacyjnych, izolujących rejon ściany Z-2 w pokł. 417/1 (rys. 47.9, 47.10).

**Tabela 47.5 Wartości mieszaniny gazowej z rejonu ściany Z-2 w pokł. 417/1  
(po jej otamowaniu) oznaczanej w laboratorium GIG**

Data rejestracji próbki	Miejsce pobrania prób	Etan ppm	Etylen ppm	Propan ppm	Propylen ppm	Acetylen ppm	CO ppm	Tlen %	Azot %	CO <sub>2</sub> %	CH <sub>4</sub> %	H <sub>2</sub> ppm
2015-08-28	TI-352	8,3	0,05	4,33	0,06	0,001	1	1,83	97,59	0,47	0,11	2,1
2015-08-28	TI-351	0,2	0,11	0,1	0,06	0,001	1	1,8	98,14	0,05	0	15,8
2015-08-19	TI-352	13,8	0,06	6,33	0,22	0,001	1	2,25	97,1	0,37	0,28	1,2
2015-08-19	TI-351	0,2	0,07	0,08	0,06	0,001	1	1,25	98,7	0,05	0	14,5
2015-08-11	TI-351	1,1	0,05	2,36	0,05	0,001	1	5,91	94,04	0,05	0	5,7
2015-08-11	TI-352	33,8	0,11	18,11	0,16	0,002	1	13,34	84,8	1,29	0,57	1,8
2015-08-04	TI-352	38,8	0,12	18,99	0,22	0,001	1	11,63	86,25	1,39	0,72	3,2
2015-08-04	TI-351	1	0,04	2,16	0,05	0,001	1	11,88	88,07	0,05	0	6,4
2015-07-28	TI-352	19,4	0,12	9,35	0,34	0,001	1	5,3	93,56	0,75	0,39	4,1
2015-07-21	TI-352	24,9	0,03	10,83	0,08	0,001	1	5,79	92,48	1,03	0,7	11,9
2015-07-21	TI-351	0,9	0,31	0,73	0,32	0,001	1	1,16	98,79	0,05	0	2,5
2015-07-14	TI-351	0,7	0,21	0,61	0,22	0,001	3	0,88	99,07	0,05	0	2,1
2015-07-14	TI-352	22,9	0,15	11,11	0,23	0,002	1	1,62	97,39	0,39	0,6	7,7
2015-07-07	TI-352	5,9	0,17	3,54	0,22	0,004	1	0,73	98,8	0,32	0,15	36
2015-07-07	TI-351	0,4	0,01	0,33	0,12	0,001	1	0,71	99,24	0,05	0	3
2015-06-30	TI-351	0,1	0,01	0,14	0,02	0,001	1	2,85	97,1	0,05	0	1,9
2015-06-30	TI-352	5,9	0,17	3,54	0,22	0,004	1	0,73	98,8	0,32	0,15	36
2015-06-23	TI-351	0,6	0,01	1,93	0,03	0,001	1	5,94	93,96	0,05	0,05	2,9
2015-06-23	TI-352	5,9	0,17	3,54	0,22	0,004	1	0,73	98,8	0,32	0,15	36
2015-06-16	TI-352	10,3	0,04	5,37	0,17	0,001	1	2,2	97,42	0,11	0,26	118
2015-06-09	TI-351	7,4	0,07	1,83	0,25	0,001	1	1,67	98,22	0,05	0,06	16,2
2015-06-09	TI-352	4,8	0,06	2,86	0,17	0,002	1	1,59	98,19	0,09	0,11	148
2015-06-02	TI-352	9	0,02	5	0,04	0,001	1	1,03	98,41	0,31	0,25	6,7
2015-06-02	TI-351	7,7	0,03	1,56	0,11	0,001	1	0,8	98,89	0,12	0,19	24,5
2015-05-26	TI-351	3,2	0,02	1,12	0,04	0,001	1	3,07	96,77	0,08	0,08	17,9
2015-05-26	TI-352	5,5	0,02	3,55	0,07	0,001	1	2,39	97,27	0,24	0,1	5,3
2015-05-19	TI-351	6,8	0,03	1,85	0,11	0,001	1	0,65	99,12	0,07	0,16	33,3
2015-05-19	TI-352	6,2	0,02	3,7	0,02	0,001	1	0,96	98,68	0,25	0,11	9,8
2015-05-12	TI-352	3,1	0,01	2,59	0,02	0,001	1	2,72	97,01	0,27	0	0,5
2015-05-05	TI-351	2,7	0,03	1,33	0,12	0,001	1	1,07	98,83	0,05	0,05	27,1
2015-04-28	TI-351	9,5	0,05	1,95	0,09	0,001	1	1,26	98,37	0,05	0,31	58,2
2015-04-28	TI-352	8,6	0,02	4,65	0,03	0,001	1	1,46	98,25	0,18	0,11	4,8
2015-04-21	TI-351	8,7	0,05	1,99	0,19	0,001	1	1,39	98,26	0,05	0,29	70,5
2015-04-21	TI-352	7,4	0,02	4,94	0,03	0,001	1	1,35	98,22	0,32	0,11	6,6
2015-04-14	TI-352	4,1	0,02	2,93	0,05	0,001	1	2,23	97,4	0,32	0,05	8,9
2015-04-14	TI-351	6,9	0,04	2,12	0,16	0,001	1	0,9	98,9	0,05	0,14	41,6
2015-04-07	TI-352	4,3	0,02	3,05	0,04	0,001	1	1,64	97,93	0,35	0,08	8,6
2015-05-07	TI-351	4,7	0,03	2,19	0,17	0,001	1	1,57	98,3	0,05	0,08	24,4
2015-03-31	TI-351	0,6	0,05	1,94	0,2	0,001	1	5,07	94,88	0,05	0	4,6
2015-03-31	TI-352	6,1	0,03	3,73	0,04	0,002	1	1,43	98,13	0,33	0,11	9,8
2015-03-27	TI-351	0,4	0,02	2,67	0,18	0,001	1	1,98	97,97	0,05	0	4,4
2015-03-27	TI-352	28,7	0,02	12,08	0,07	0,001	1	1,14	97,41	0,79	0,66	1,8
2015-03-20	TI-352	13,1	0,04	6,71	0,04	0,001	1	1,87	97,45	0,4	0,28	6,9
2015-03-13	TI-352	10,4	0,01	4,66	0,08	0,001	1	1,96	97,59	0,35	0,1	7,9
2015-03-13	TI-351	1,6	0,19	0,98	0,3	0,001	1	2,45	97,5	0,05	0	1
2015-03-06	TI-352	4,1	0,04	2,7	0,09	0,001	1	2,74	96,76	0,45	0,05	0,5
2015-03-06	TI-351	1	0,02	0,22	0,1	0,002	2	20,68	79,26	0,06	0	22,7
2015-02-27	TI-351	0,8	0,12	0,22	0,19	0,003	1	17,38	82,57	0,05	0	2
2015-02-24	TI-351	0,4	0,01	0,1	0,03	0,002	1	20,77	79,18	0,05	0	3,9
2015-02-24	TI-352	65,9	0,07	22,65	0,1	0,002	3	7,7	89,67	1,45	1,17	39,4
2015-02-17	TI-351	0,5	0,14	0,17	0,28	0,002	1	16,3	83,65	0,05	0	5,6
2015-02-17	TI-352	12,9	0,02	6,72	0,07	0,001	1	7,32	91,47	0,86	0,35	0,5
2015-02-10	TI-351	1,1	0,4	0,31	0,27	0,003	1	11,41	88,29	0,05	0,25	6,9
2015-02-10	TI-352	12,4	0,02	7,15	0,04	0,001	1	8,88	90,06	0,83	0,23	0,5
2015-02-03	TI-352	110,8	0,06	36,62	0,07	0,002	14	3,57	92,36	1,41	2,64	40,8
2015-02-03	TI-351	0,1	0,01	0,02	0,01	0,001	1	20,78	79,17	0,05	0	3,3

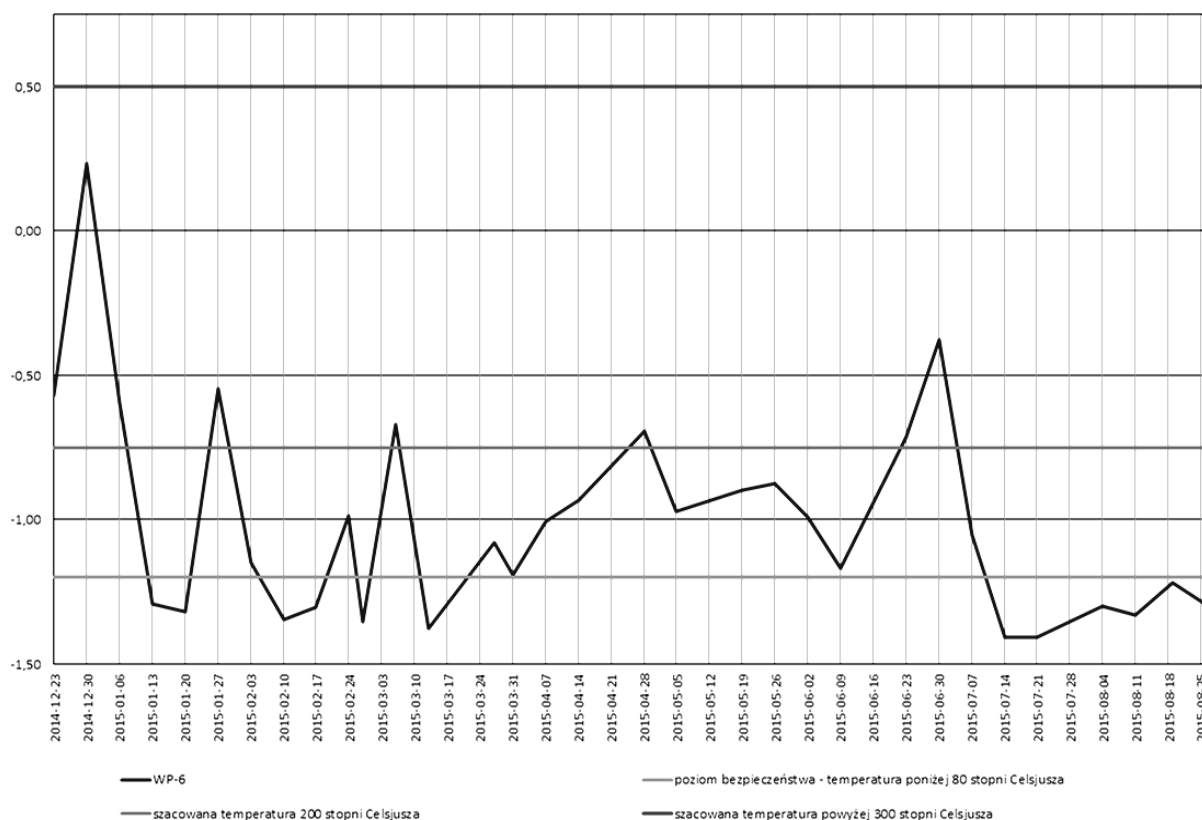
2015-01-27	TI-351	0,2	0,01	0,07	0,01	0,002	1	20,78	79,17	0,05	0	5,2
2015-01-27	TI-352	4,9	0,03	2,11	0,07	0,003	2	4,22	95,2	0,48	0,1	27,5
2015-01-20	TI-352	8,9	0,07	3,33	0,12	0,007	4	3,33	95,66	0,56	0,44	52,5
2015-01-20	TI-351	0,8	0,09	0,18	0,1	0,001	1	4,87	95,08	0,05	0	11,8
2015-01-13	TI-351	0,7	0,11	0,45	0,27	0,001	1	11,07	88,88	0,05	0	3,7
2015-01-13	TI-352	29,9	0,04	11,95	0,07	0,001	3	4,27	94,4	0,82	0,5	17
2015-01-06	TI-352	6,4	0,06	2,34	0,06	0,003	5	3,22	96,23	0,47	0,07	54
2015-01-06	TI-351	0,1	0,01	0,01	0,01	0,002	1	15,84	83,93	0,05	0,18	4,9
2014-12-30	TI-352	10,2	0,08	3,74	0,11	0,027	8	2,65	95,92	1,18	0,24	44,1
2014-12-30	TI-351	0,2	0,01	0,03	0,01	0,002	2	20,66	79,14	0,15	0,05	13,6
2014-12-23	TI-351	3,4	0,02	2,29	0,02	0,002	3	13,33	86,15	0,52	0	10,1
2014-12-23	TI-352	14,3	0,03	5,02	0,02	0,005	4	5,98	92,85	0,76	0,41	8,3

Tabela 47.6 Wartości wskaźników GIG z rejonu ściany Z-2 w pokł. 417/1  
(po otamowaniu rejonu ściany Z-2) oznaczonych na podstawie analiz w laboratorium GIG

Data rejestracji próbki	Miejsce pobrania prób	WP-1	WP-2	WP-3	WP-6	Graham	(C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> +C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )/CO <sub>2</sub>
2015-08-28	TI-352	0,48	0,05	110,00	-1,38	0,0000	0,2
2015-08-28	TI-351	0,06	0,01	170,00	-1,22	0,0000	3,4
2015-08-19	TI-352	0,83	0,23	280,00	-1,22	0,0000	0,8
2015-08-19	TI-351	0,07	0,01	130,00	-1,24	0,0000	2,6
2015-08-11	TI-351	0,18	0,02	100,00	-1,33	0,0000	2,0
2015-08-11	TI-352	0,56	0,15	135,00	-1,37	0,0000	0,2
2015-08-04	TI-352	0,31	0,11	340,00	-1,34	0,0000	0,2
2015-08-04	TI-351	0,16	0,01	90,00	-1,30	0,0000	1,8
2015-07-28	TI-352	0,24	0,11	460,00	-1,26	0,0000	0,6
2015-07-21	TI-352	0,08	0,01	110,00	-1,14	0,0000	0,1
2015-07-21	TI-351	0,40	0,25	630,00	-1,41	0,0000	12,6
2015-07-14	TI-351	1,43	0,20	430,00	-1,41	0,0000	8,6
2015-07-14	TI-352	0,13	0,05	190,00	-1,33	0,0000	1,0
2015-07-07	TI-352	0,03	0,01	97,50	-0,79	0,0000	1,2
2015-07-07	TI-351	0,33	0,04	130,00	-1,05	0,0000	2,6
2015-06-30	TI-351	0,53	0,02	30,00	-1,25	0,0000	0,6
2015-06-30	TI-352	0,03	0,01	97,50	-0,79	0,0000	1,2
2015-06-23	TI-351	0,34	0,01	40,00	-1,17	0,0000	0,8
2015-06-23	TI-352	0,03	0,01	97,50	-0,79	0,0000	1,2
2015-06-16	TI-352	0,01	0,00	210,00	-0,44	0,0000	1,9
2015-06-09	TI-351	0,06	0,02	320,00	-1,17	0,0000	6,4
2015-06-09	TI-352	0,01	0,00	115,00	0,19	0,0000	2,6
2015-06-02	TI-352	0,15	0,01	60,00	-1,18	0,0000	0,2
2015-06-02	TI-351	0,04	0,01	140,00	-0,99	0,0000	1,2
2015-05-26	TI-351	0,06	0,00	60,00	-0,87	0,0000	0,8
2015-05-26	TI-352	0,19	0,02	90,00	-1,16	0,0000	0,4
2015-05-19	TI-351	0,03	0,00	140,00	-0,90	0,0000	2,0
2015-05-19	TI-352	0,10	0,00	40,00	-1,01	0,0000	0,2
2015-05-12	TI-352	2,00	0,06	30,00	-1,32	0,0000	0,1
2015-05-05	TI-351	0,04	0,01	150,00	-0,97	0,0000	3,0
2015-04-28	TI-351	0,02	0,00	140,00	-0,69	0,0000	2,8
2015-04-28	TI-352	0,21	0,01	50,00	-1,24	0,0000	0,3
2015-04-21	TI-351	0,01	0,00	240,00	-0,81	0,0000	4,8
2015-04-21	TI-352	0,15	0,01	50,00	-1,18	0,0000	0,2
2015-04-14	TI-352	0,11	0,01	70,00	-1,12	0,0000	0,2
2015-04-14	TI-351	0,02	0,00	200,00	-0,93	0,0000	4,0
2015-04-07	TI-352	0,12	0,01	60,00	-1,13	0,0000	0,2
2015-05-07	TI-351	0,04	0,01	200,00	-1,01	0,0000	4,0
2015-03-31	TI-351	0,22	0,05	250,00	-1,19	0,0000	5,0
2015-03-31	TI-352	0,10	0,01	35,00	-0,94	0,0000	0,2
2015-03-27	TI-351	0,23	0,05	200,00	-1,08	0,0000	4,0
2015-03-27	TI-352	0,56	0,05	90,00	-1,21	0,0000	0,1
2015-03-20	TI-352	0,14	0,01	80,00	-1,28	0,0000	0,2

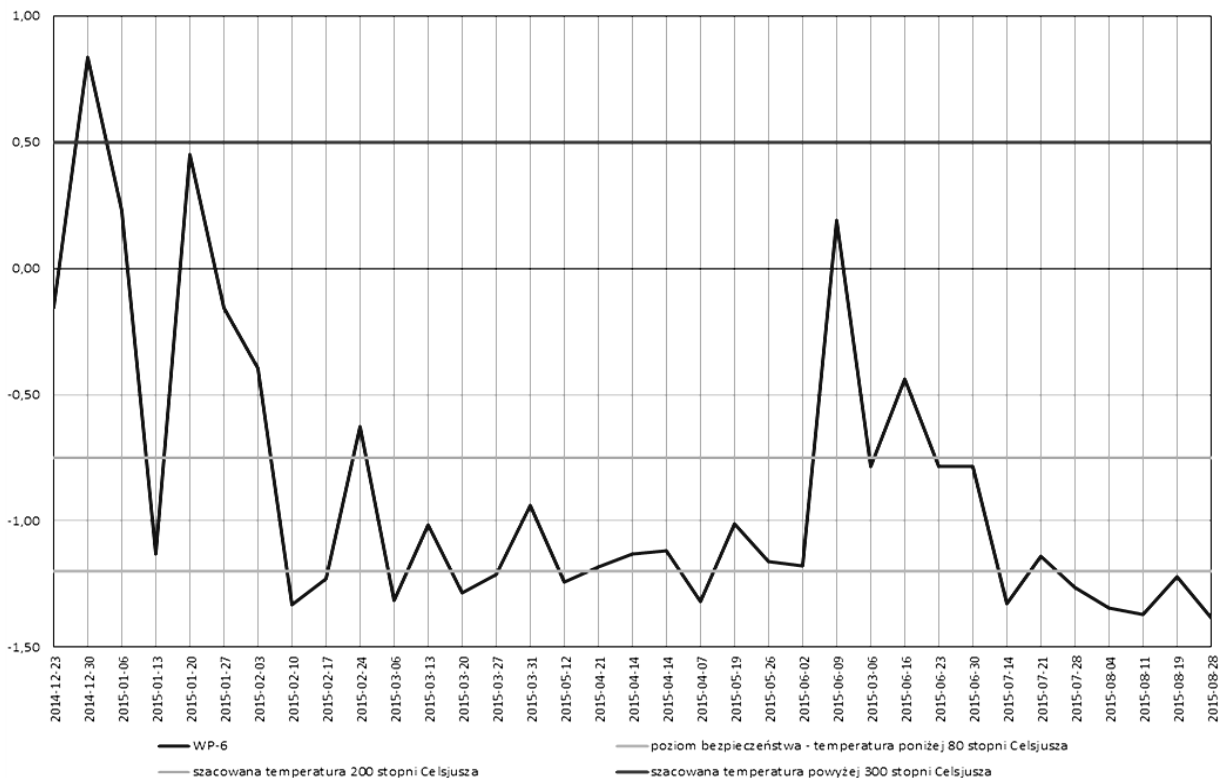
2015-03-13	TI-352	0,13	0,01	90,00	-1,01	0,0000	0,3
2015-03-13	TI-351	1,00	0,49	490,00	-1,38	0,0000	9,8
2015-03-06	TI-352	2,00	0,26	130,00	-1,31	0,0000	0,3
2015-03-06	TI-351	0,09	0,01	60,00	-0,67	0,0006	2,0
2015-02-27	TI-351	0,50	0,16	103,33	-1,35	0,0000	6,2
2015-02-24	TI-351	0,26	0,01	20,00	-0,99	0,0005	0,8
2015-02-24	TI-352	0,08	0,00	85,00	-0,63	0,0000	0,1
2015-02-17	TI-351	0,18	0,08	210,00	-1,31	0,0000	8,4
2015-02-17	TI-352	2,00	0,18	90,00	-1,23	0,0000	0,1
2015-02-10	TI-351	0,14	0,10	223,33	-1,34	0,0000	13,4
2015-02-10	TI-352	2,00	0,12	60,00	-1,33	0,0000	0,1
2015-02-03	TI-352	0,34	0,00	65,00	-0,39	0,0001	0,1
2015-02-03	TI-351	0,30	0,01	20,00	-1,15	0,0005	0,4
2015-01-27	TI-351	0,19	0,00	10,00	-0,55	0,0005	0,4
2015-01-27	TI-352	0,07	0,00	33,33	-0,16	0,0000	0,2
2015-01-20	TI-352	0,08	0,00	27,14	0,45	0,0000	0,3
2015-01-20	TI-351	0,08	0,02	190,00	-1,32	0,0000	3,8
2015-01-13	TI-351	0,27	0,10	380,00	-1,29	0,0000	7,6
2015-01-13	TI-352	0,18	0,01	110,00	-1,13	0,0000	0,1
2015-01-06	TI-352	0,09	0,00	40,00	0,23	0,0000	0,3
2015-01-06	TI-351	0,20	0,00	10,00	-0,59	0,0000	0,4
2014-12-30	TI-352	0,18	0,00	7,04	0,83	0,0000	0,2
2014-12-30	TI-351	0,15	0,00	10,00	0,23	0,0006	0,1
2014-12-23	TI-351	0,30	0,00	20,00	-0,57	0,0000	0,1
2014-12-23	TI-352	0,48	0,01	10,00	-0,15	0,0000	0,1

Wykres wskaźnika WP-6 za TI-351  
wraz z podanymi poziomami temperatury panującymi  
w zrobach ściany Z-2 w pokł. 417/1



Rys. 47.9 Wartości wskaźnika WP-6 w rejonie otamowanej ściany Z-2 w pokł. 417/1  
(TI-351 – chodnik podścianowy)

Wykres wskaźnika WP-6 z za TI-352 wraz z podanymi poziomami temperatury panującymi w zrobach ściany Z-2 w pokł. 417/1



Rys. 47.10 Wartości wskaźnika WP-6 w rejonie otamowanej ściany Z-2 w pokł. 417/1 (TI-352 – chodnik nadścianowy)

## WNIOSKI

1. Zastosowanie azotu podawanego z wytwornic WA-700 do zrobów ściany Z-1 w pokł. 501/3 pozwoliło na powstrzymanie procesów samozagrzewania węgla w trakcie eksploatacji ściany oraz w okresie likwidacji i przerwaniu jej wyposażenia.
2. Zastosowanie azotu podawanego z wytwornic WA-700 do zrobów czasowo otamowanej ściany Z-2 w pokł. 417/1 pozwala na utrzymywanie zagrożenia pożarowego węgla po jej otamowaniu na niskim poziomie.
3. W obu przypadkach (w trakcie likwidacji i przerwania wyposażenia w przypadku ściany Z-1 w pokł. 501/3 oraz przygotowania do otwarcia rejonu czasowo otamowanej ściany Z-2 w pokł. 417/1) zastosowano górniczą chłodziarkę azotu dla obniżenia temperatury dozowanego azotu.
4. Obniżenie temperatury dozowanego azotu pozwoliło na skuteczniejszą profilaktykę pożarową w newralgicznych okresach profilaktyki.
5. W obydwu przypadkach górnicza chłodziarka azotu zabudowana była w bezpośrednim sąsiedztwie inertyzowanych zrobów.
6. Podawanie schłodzonego azotu można stosować zarówno od strony chodnika podścianowego (ściana Z-1 w pokł. 501/3) jak i nadścianowego (ściana Z-2 w pokł. 417/1)
7. Temperatura schłodzonego azotu nie przekraczała 0°C nawet w przypadku podawania azotu za pomocą dwóch wytwornic.

8. W przypadku konieczności zabudowy chłodziarki azotu w większej odległości od inertyzowanych zrobów, utrzymanie niskiej temperatury będzie możliwe dzięki zastosowaniu rurociągów preizolowanych.

## LITERATURA

1. Dokumentacja techniczna Górniczej Chłodziarki Azotu.
2. Projekt techniczny eksploatacji pokładu 501/3 ścianą Z-1 KW S.A Oddział KWK Jankowice.
3. Projekt techniczny eksploatacji pokładu 417/1 ścianą Z-2 KW S.A Oddział KWK Jankowice.
4. Dokumentacja wykorzystania gazów inertnych w ramach profilaktyki pożarowej w ścianie Z-1 w pokł. 501/3.
5. Dokumentacja wykorzystania gazów inertnych w ramach profilaktyki pożarowej w czasowo otamowanej ścianie Z-2 w pokł. 417/1.

*Data przesłania artykułu do Redakcji:* 03.2016  
*Data akceptacji artykułu przez Redakcję:* 04.2016

mgr inż. Stanisław Konsek, mgr inż. Czesław Mazurek,  
mgr inż. Korneliusz Jendrzejek, inż. Tomasz Piecha  
KW S.A. Oddział KWK „Jankowice,”  
ul. Jastrzębska 12 44-253 Rybnik, Polska  
e-mail: s.konsek@kwsa.pl, c.mazurek@kwsa.pl, k.jendrzejek@kwsa.pl, t.piecha@kwsa.pl

## ZASTOSOWANIE GÓRNICZEJ CHŁODZIARKI AZOTU (GCA) JAKO DODATKOWEGO ELEMENTU PROFILAKTYKI POŻAROWEJ W KWK „JANKOWICE”

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono sposób schładzania azotu inertyzującego zrobów ścian, w profilaktyce pożarowej stosowanej w KWK „Jankowice”. Zastosowanie górniczej chłodziarki azotu było podyktowane zwiększeniem skuteczności profilaktyki przeciwpożarowej. Doświadczenia w stosowaniu górniczej chłodziarki azotu pokazano na przykładzie ścian Z-1 w pokł. 501/3 i Z-2 w pokł. 417/1. Zastosowanie górniczej chłodziarki azotu w profilaktyce pożarowej pozwoliło na utrzymywanie procesów samozagrzewania węgla na niskim poziomie.

**Słowa kluczowe:** górnictwo, chłodzenie, azot, profilaktyka, pożar

## APPLICATION OF MINING COOLER OF NITROGEN AS ADDITIONAL ELEMENT OF FIRE PREVENTION IN KW S.A. JANKOWICE COAL MINE

**Abstract:** The article presents a method of cooling nitrogen for the inertisation of gobs for fire prevention at KWK “Jankowice”. Application of mining cooler of nitrogen increases the efficiency of fire prevention. The practical application of the cooler is shown on the example of coal seams 501/3 and 417/1. Application of mining cooler of nitrogen allowed to maintain the coal self-heating process at a low level.

**Key words:** mining, cooling, nitrogen, prevention, fire