

Leopold Czarnecki, Barbara Organiściak*, Łukasz Krywult**, Andrzej Chrost***

STATECZNOŚĆ ZACHODNIEGO ZBOCZA STAŁEGO WYROBISKA KOPALNI BEŁCHATÓW W ŚWIETLE OBSERWACJI GEOLOGICZNYCH I POMIARÓW SPECJALISTYCZNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM REJONU WYSADU SOLNEGO

1. Wstęp

Rejon wysadu solnego jest jednym z najbardziej interesujących pod względem geologicznym w KWB „Bełchatów”. Obecność młodej struktury solnej stwarza niekorzystne warunki dla zlokalizowanych tu zboczy stałych obu odkrywek. Ponieważ aktualnie prognozowanie zachowania się wysadu w trakcie różnorodnych robót górniczych prowadzonych w tym rejonie, zarówno po stronie odkrywki Bełchatów, jak i odkrywki Szczerców jest bardzo trudne, prowadzone są różnorodne prace badawcze. Są to zarówno obserwacje polowe odślanianej budowy geologicznej, jak i badania laboratoryjne oraz różnorodne pomiary specjalistyczne mające na celu uchwycenie ewentualnej reakcji wysadu na postępujące roboty górnicze. Niniejszy referat jest próbą przedstawienia pierwszych wyników tych prac.

2. Budowa geologiczna obserwowana na skarpach zbocza zachodniego

Budowa geologiczna obserwowana na powierzchni zbocza zachodniego oraz w jego korpusie w ścisły sposób nawiązuje do zlokalizowanego w tej części złoża wysadu solnego Dębina. Stopień deformacji nasila się w kierunku zachodnim w miarę zaciskania wolnej przestrzeni pomiędzy uskokiemi brzeżnymi USB nr 1 i UNB nr 3 a brzegami wysadu solnego.

* Dział Geologiczny PGE KWB „Bełchatów”, Bełchatów

** Zakład Projektowo-Produkcyjno-Usługowo-Handlowy „BUDOKOP” Sp. z o.o., Mysłowice

Generalnie osady kompleksu węglowego i podwęglowego tworzą w tym rejonie szeroko-promienną antyklinę, o znacznym zróżnicowaniu budowy strukturalnej w poszczególnych jej skrzydłach. W oparciu o obserwacje terenowe można scharakteryzować osady budujące korpus zbocza zachodniego w następujący sposób:

- w obrębie serii węglowej obserwuje się obecność szeregu powierzchni tektonicznych o charakterze uskoków listrycznych, wzdłuż których następowało przemieszczanie się grawitacyjne zespołów warstw,
- występują śródwarstwowe, wąskopromienne zaburzenia fałdowe,
- seria węglowa i nadwęglona pocięta jest szeregiem uskoków normalno-zrzutowych, o dwóch głównych kierunkach NE–SW i ESE–WNW, w spagowych partiach kompleksu węglowego pojawiają się uskoki w układzie promienistym,
- w obrębie warstw występują zaburzenia o charakterze fałdów ciągnionych,
- węgiel, stanowiący główną odmianę litologiczną budującą zbocze, jest bardzo silnie zbrekcionowany i rozdrobniony.

3. Rodzaje i charakterystyka prowadzonych pomiarów

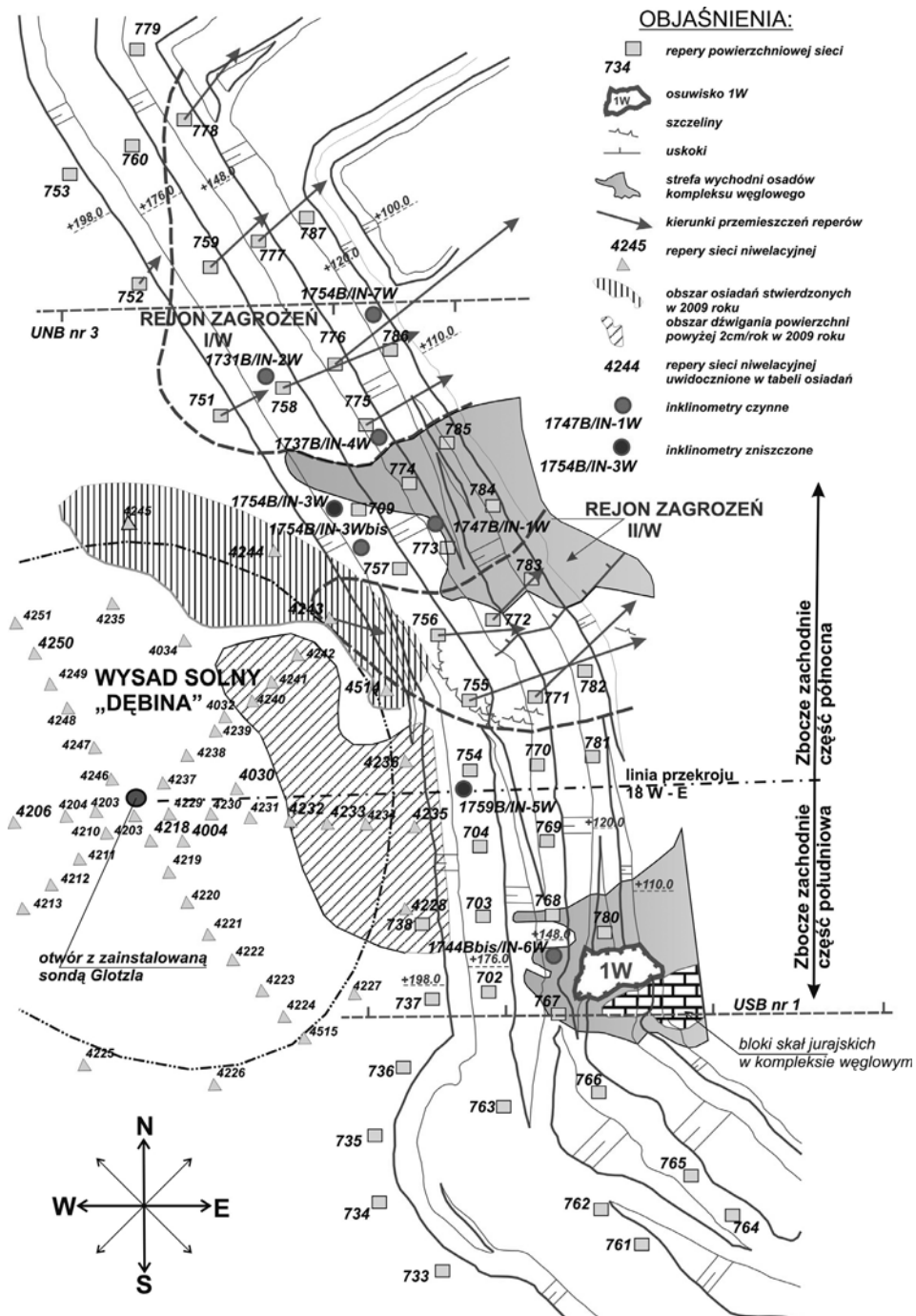
Zachodnie zbocze stałe aktualnie wyprofilowane jest w zakresie rzędnych +198/+110 m n.p.m. W roku 2005 zbocze zachodnie zostało wyprofilowane w zakresie rzędnych +198/+176 m n.p.m. (I piętro górnicze). Równocześnie Dział Geologiczny rozpoczął, we współpracy z Działem Mier-niczym oraz Z.P.P.U.H „BUDOKOP” Sp. z o.o. w Mysłowicach, tworzenie na obszarze zbocza systemu monitoringu odkształceń wgłębnych i powierzchniowych. Aktualnie tworzą go repery powierzchniowej sieci obserwacyjnej (41 punktów), otwory do monitoringu deformacji wgłębn-nych (6 inklinometrów), repery niwelacyjnej sieci powierzchniowej oraz urządzenie do pomiaru zmiany ciśnienia w ciele solnym wysadu Dębina (rys.1).

4. Obserwacje makroskopowe

Kontrolne rejonu zbocza prowadzone są sukcesywnie w miarę postępu robót górniczych ze średnią częstotliwością do 2 razy na miesiąc. W dniu 20 października 2008 roku zaob-serwowano na poziomie +176 m n.p.m. występowanie zespołu szczelin o przebiegu E–W skracających ku NW. Ponadto w lipcu 2009 roku na poziomie +110 m n.p.m. zaobserwowa-no szczelinę o przebiegu SE–NW, zlokalizowaną w strefie kontaktu mułów podwęglowych i spagu kompleksu węglowego. Lokalizację szczelin obrazuje rysunek 1.

4.1. Pomiary powierzchniowej sieci obserwacyjnej na zboczu zachodnim

Pomiary powierzchniowej sieci obserwacyjnej prowadzone są z częstotliwością 1 raz na tydzień. Analiza wyników pomiarów przemieszczeń poziomych pozwoliła na wydzielenie w korpusie zbocza zachodniego dwóch obszarów, związanych z odrębnymi strukturami geologicznymi (patrz rys. 1).



Rys. 1. Aktualny system monitorowania zachowania wysadu solnego Dębina oraz zbocza zachodniego wyrobiska górniczego kopalni Bełchatów

W oparciu o wyniki pomiarów powierzchniowej sieci obserwacyjnej, zbcze zachodnie można podzielić wzdłuż przekroju geologicznego 18W–E na dwie części:

- 1) Część południowa — brak wyraźnej tendencji przemieszczeń poziomych poszczególnych reperów do wyrobiska górniczego,
- 2) Część północna — obserwuje się tu na 13 reperach powierzchniowej sieci obserwacyjnej wyraźną tendencję ruchów górotworu do wyrobiska. Charakter i tempo deformacji wykazuje związek z postępem robót górniczych.

Część północna jest monitorowana przez 32 repery powierzchniowej sieci obserwacyjnej. Analiza wyników pomiarów reperów powierzchniowej sieci obserwacyjnej pozwala wydzielić: rejon zagrożeń I/W, oraz rejon zagrożeń II/W.

Rejon zagrożeń I/W monitorowany jest przez 13 reperów powierzchniowej sieci obserwacyjnej. Zlokalizowany jest na północ od wychodni osadów kompleksu węglowego (rys. 1). Obejmuje osady kompleksu ilasto-piaszczystego (piaski brunatne i iły zielone) oraz osady plejstoceńskie reprezentowane przez piaski, muły zastoiskowe oraz gliny glacialne. Swym zasięgiem aktualnie obejmuje zbcze zachodnie w zakresie rzędnych od +198/+110 m n.p.m. Obserwuje się tu przemieszczania 10 reperów ku NE i ENE (azymut kierunku przemieszczeń od 44° do 63°). Wartości przemieszczeń dla 10 reperów wg stanu na 15.12.2009 roku prezentuje tabela 1. W oparciu o dane z tej tabeli można stwierdzić, że:

- wartość przemieszczeń poziomych dla repera 776 przekroczyła wielkość określoną jako przemieszczenia krytyczne (20 cm) wyznaczoną dla osuwisk w kompleksie ilasto-piaszczystym w oparciu o dane z osuwiska 24S,
- wartość przemieszczeń poziomych dla reperów 758, 759, 777, 778 i 787 przekroczyła wielkość poziomych przemieszczeń dopuszczalnych (10 cm) wyznaczoną dla osuwisk w kompleksie ilasto-piaszczystym,
- wartości przemieszczeń pionowych wskazują, osiadanie powierzchni terenu oraz półki +176 m n.p.m. Równocześnie dla półki +176 m n.p.m. i +148 m n.p.m. obserwuje się przewagę wartości przemieszczeń poziomych nad przemieszczeniami pionowymi, oraz słabo zaznaczone podnoszenie półki +120 m n.p.m.

Analiza wykresów przyrostów przemieszczeń poziomych i tempa deformacji wskazuje na intensyfikację przemieszczeń w trakcie prowadzenia eksploatacji w III piętrze górniczym w zakresie rzędnych +148/+120 m n.p.m. Roboty w tym piętrze zakończono 19.01.2009 r.

Rejon zagrożeń II/W monitorowany jest przez 19 reperów powierzchniowej sieci obserwacyjnej. Zlokalizowany jest w obszarze wychodnim spągu kompleksu węglowego (patrz rys. 1) i obejmuje strefę graniczną spągu węgla i mułów podwęglowych w zakresie rzędnych +198/+110 m n.p.m. Obserwuje się tu przemieszczenia 5 reperów powierzchniowej sieci obserwacyjnej ku NE i E. Wartości przemieszczeń wg stanu na 15.12.2009 roku prezentuje tabela 2. Przyrost wartości przemieszczeń poziomych nastąpił w trakcie prowadzenia w tym rejonie eksploatacji w III piętrze górniczym w zakresie rzędnych +148/+120 m n.p.m. oraz w IV piętrze górniczym w zakresie rzędnych +120/+110 m n.p.m. Największy przyrost wartości przemieszczeń poziomych obserwuje się w okresie bezpośrednio po przejściu eksploatacji w III piętrze górniczym. Obserwuje się też intensywniejszą reakcję w przyrostach wartości

TABELA 1

**Wartości (w cm) przemieszczeń pionowych, poziomych
oraz azymut przemieszczeń w rejonie zagrożeń I/W w cyklach kwartalnych**

Data pomiaru	751	196.681		758	175.965		759	174.714	
	Delta Z	Delta XY	Azymut	Delta Z	Delta XY	Azymut	Delta Z	Delta XY	Azymut
2008-09-01	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
2008-10-01	-0,50	0,40	153,00	0,10	1,30	0,00	0,00	1,10	15,00
2009-01-06	-8,20	5,00	75,00	-2,40	9,10	67,00	1,20	3,30	43,00
2009-03-31	-7,60	6,10	57,00	-5,10	13,80	60,00	-0,20	8,10	41,00
2009-06-30	-9,40	8,30	60,00	-6,70	14,90	64,00	-2,20	9,40	46,00
2009-09-30	-9,40	8,80	63,00	-9,50	17,60	63,00	-5,70	10,90	48,00
2009-12-15	-12,00	9,80	55,00	-9,80	17,60	63,00	-5,70	11,70	48,00
	776	148.46		777	148.445		778	148.452	
	Delta Z	Delta XY	Azymut	Delta Z	Delta XY	Azymut	Delta Z	Delta XY	Azymut
2008-12-01	0,00	0,00	0,00						
2009-01-06	0,10	15,00	41,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
2009-03-31	-2,20	21,10	48,00	0,20	8,90	39,00	0,50	10,10	43,00
2009-06-30	-3,30	24,90	49,00	-0,50	11,70	40,00	-1,30	13,30	40,00
2009-09-30	-5,70	27,70	52,00	-2,50	15,10	46,00	-3,40	13,40	38,00
2009-12-15	-6,40	29,40	52,00	-3,00	16,20	47,00	-3,80	15,80	44,00
	787	125.564							
	Delta Z	Delta XY	Azymut						
1009-02-13	0,00	0,00							
2009-02-19	1,40	1,10	128,00			osiadanie reperu			
2009-03-31	-0,20	2,30	41,00			podnoszenie reperu			
2009-06-30	3,50	5,30	46,00			przekroczenie wartości dopuszczalnych			
2009-09-30	4,20	10,10	39,00			przekroczenie wartości krytycznych			
2009-12-15	1,50	10,10	46,00						

przemieszczeń poziomych i pionowych dla reperów położonych bliżej strefy spągowej kompleksu węglowego (reper 755, 771). Jest to związane z głębokością zalegania spągu oraz zaburzeniami fałdowymi serii węglowej. Reakcje obserwuje się nawet na powierzchni terenu — reper 4243. Azymut kierunku przemieszczeń dla tego repera wynosi 91° . Dla reperów zainstalowanych na poziomie +176 m n.p.m. przemieszczenia są zgodne z azymutem ca 75° a dla reperów na półce +148 m n.p.m. obserwuje się ukierunkowanie przemieszczeń zgodnie z azymutem 54° . Wartości stanu ostrzegawczego, określone w oparciu o analizy przeprowadzone dla osuwiska 22S o podobnej budowie geologicznej, wynoszą:

- przemieszczenia poziome dopuszczalne — 1,5 m.
- przemieszczenia poziome krytyczne — 2 m.

TABELA 2

**Wartości (w cm) przemieszczeń pionowych, poziomych
oraz azymut przemieszczeń w rejonie zagrożeń II/W w cyklach kwartalnych**

Data pomiaru	4243	196.96		755	175.807		756	175.973	
	Delta Z	Delta XY	Azymut	Delta Z	Delta XY	Azymut	Delta Z	Delta XY	Azymut
2008-08-19	0,00	0,00							
2008-19-01	-0,70	1,10	41,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
2008-10-01	0,00	1,20	70,00	1,80	1,40	30,00	1,70	0,90	58,00
2009-01-06	-4,60	5,40	104,00	-8,70	11,40	54,00	0,10	7,70	70,00
2009-03-31	-2,10	4,70	111,00	-19,10	17,10	64,00	-3,00	7,60	73,00
2009-06-30	-3,50	5,20	90,00	-26,90	22,20	67,00	-5,90	9,90	73,00
2009-09-30	-4,30	6,50	92,00	-33,30	27,50	71,00	-6,90	11,70	82,00
2009-12-15	-4,50	6,50	91,00	-37,30	30,20	74,00	-7,60	12,20	78,00
	771	148.592		772	148.53		781	120.681	
	Delta Z	Delta XY	Azymut	Delta Z	Delta XY	Azymut	Delta Z	Delta XY	Azymut
2008-09-01	0,00	0,00							
2008-10-01	3,80	1,50	70,00	0,00	0,00				
2009-01-06	0,70	12,20	50,00	-0,30	4,70	50,00	0,00	0,00	
2009-03-31	-1,90	14,40	49,00	-0,40	5,90	51,00	-0,60	1,40	201,00
2009-06-30	-4,10	19,10	51,00	-1,20	8,50	61,00	0,80	2,10	95,00
2009-07-30	-6,70	22,80	52,00	-2,80	11,90	54,00	-1,70	1,70	107,00
2009-12-15	-7,20	25,30	53,00	04,10	12,60	55,00	-0,30	2,80	120,00

Jak widać, wartości te są wielokrotnie większe od aktualnie pomierzonych, tym niemniej ruch obserwowany na reperach sieci powierzchniowej wskazuje na wzrost aktywności górotworu w rejonie zagrożeń II/W.

4.2. Pomiary deformacji wgłębnych

W zakresie przemieszczeń wgłębnych zbocze zachodnie jest aktualnie monitorowane przez 5 inklinometrów zlokalizowanych na półkach stałych o rzędnych +176 m n.p.m., +148 m n.p.m. i +120 m n.p.m. W okresie od 2005 r do 2008 r prowadzono pomiary w 2 inklinometrach zlokalizowanych na półce stałej o rzędnej +176 m n.p.m.. Pomiary przemieszczeń wgłębnych prowadzone są ze średnią częstotliwością 1 raz na kwartał. Rozmieszczenie inklinometrów na zboczu zachodnim obrazuje rysunek 1. Analiza wyników pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

- wyniki pomiarów przemieszczeń we wszystkich inklinometrach zlokalizowanych na zboczu zachodnim wskazują, że wzrost wartości przemieszczeń postępuje praktycznie od dna otworu. Taki obraz przemieszczeń sugeruje, że poniżej dna każdego z otworów może występować strefa przemieszczeń,

- kierunki przemieszczeń oraz rotacja osi pomiarowych w inklinometrach IN-2W, IN-4W i IN-7W wskazuje na ześlizgiwanie się części zbocza w rejonie zagrożeń IW po stropie kompleksu węglowego oraz wzdłuż uskoku UNB nr 3 do wyrobiska,
- kierunki przemieszczeń oraz rotacja osi pomiarowych w inklinometrach IN-1W, IN-3W i IN-3Wbis wskazują na ruch rotacyjny struktury kompleksu węglowego wzdłuż „obwiedni” wysadu do wyrobiska.

4.3. Pomiary niwelacyjne powierzchni nad wysadem solnym dębina

Pomiary zmian powierzchni terenu nad wysadem solnym prowadzone były od 1994 roku. Z pierwotnej sieci punktów rozproszonych aktualnie mierzy się położenia pojedynczych punktów o numerach 4004, 4009, 4010, 4030, 4034, 4514. W roku 2005 założono nową sieć reperów geodezyjnych w liniach o przebiegu E–W, SE–NW i SW–NE (patrz rys. 1). Pomiary prowadzone są z częstotliwością 1 raz na rok, zatem od początku prowadzenia pomiarów na tej sieci punktów wykonano cztery pomiary. Wyniki pomiarów dla wybranej grupy reperów obrazuje tabela 3. Dla okresu od 1994 roku do 1999 roku i 2005 roku obserwuje się generalnie osiadanie powierzchni nad wysadem solnym Dębina.

TABELA 3

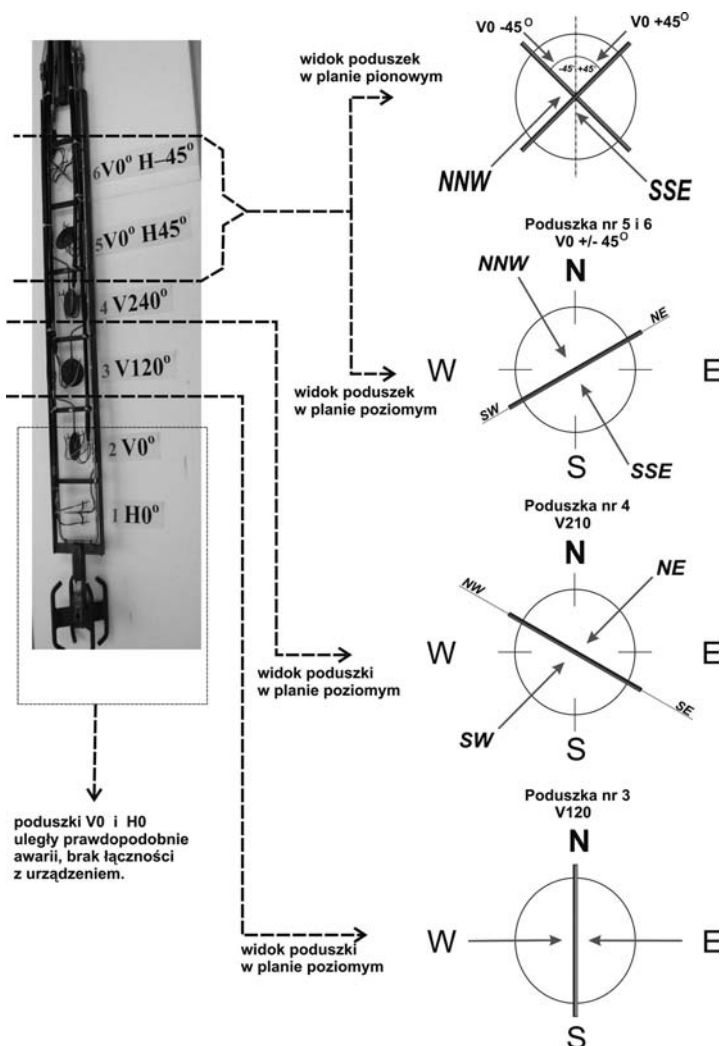
Wyniki w (cm) pomiarów niwelacyjnych powierzchni terenu nad wysadem solnym Dębina dla wybranej grupy reperów

Rok/Nr punktu	4004	4030	4206	4218	4228	4232	4233	4235	4236	4550	4243	4244	4514
1994	197,7	198,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1999	-28	-55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	198,1
2005	-3	-16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+29
2006	+2,5	+5	196,8	197,8	199,6	198,5	199,5	200,1	199,8	197,0	196,9	196,8	+6
2007	+6,5	+6	+2,2	+5,4	+11,9	+7,2	+10,2	+16,3	+18,3	+3,0	+10,9	+12,7	+14
2008	+4	-6	+2,0	+4,3	+8,0	+5,4	+3,1	+10,5	+10,9	+3,6	+2,7	+5,8	-1
2009	+1,3	+1,0	+0,7	+1,3	+2,7	+2,0	+4,5	+3,6	+4,2	+1,6	-0,1	-5,2	-0,4

Od momentu wyprofilowania I skarpy stałej zbocza zachodniego pomiary punktów sieci niwelacyjnej od strony wyrobiska Bełchatów (część wschodnia wysadu) wskazują na podnoszenie się terenu w granicach od 0,5 mm/rok dla punktu 4515 do 18,3 mm/rok dla punktu 4236. Zdecydowanie większe wartości przyrostów podnoszenia się terenu pomierzono w roku 2006–2007 niż 2007–2008 czy 2008–2009. Generalnie jednak obserwuje się podnoszenie terenu. Wartości rosną od centrum wysadu do wyrobiska i kształtują się następująco: od 2 mm/rok do 18,3 mm/rok. Interesującym jest zaobserwowanie w 2009 roku dla grupy reperów położonych w części północno-wschodniej obszaru nad wysadem zmiany kierunku przemieszczeń. Repery z grupy 4243, 4244, 4514 i 4515 wykazują tendencje do osiadania w zakresie od 0,1 cm do 5,2 cm w okresie roku.

4.4. Pomiary zmian ciśnienia w ciele solnym wysadu

Badania ciśnień w stropowej partii ciała solnego prowadzone są od 2006 r. Sonda została zainstalowana w otworze badawczym 1757B w centralnej części wysadu (patrz rys. 1), na głębokości 200 m, w strefie rzędnej ± 0 m n.p.m. Zastosowano sondę pomiarową zbudowaną z 6 poduszek ciśnieniowych typu AWID o średnicy 50 mm, zintegrowanych w jedną sondę pomiarową i poprzez system przewodów wyprowadzonych na powierzchnię, połączonych z urządzeniem pomiarowym. Ustawienie poduszek zostało ustalone dla prowadzenia pomiarów w określonych kierunkach pomiarowych.



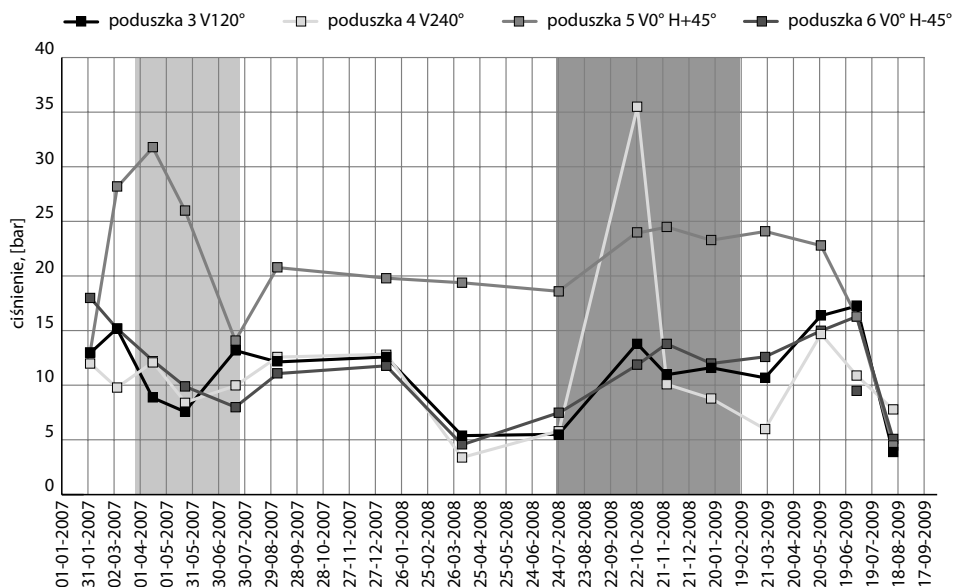
Rys. 2. Usytuowanie sond pomiarowych w otworze badawczym 1757B

Poduszka nr 1 H0° — pomiar ciśnień pionowych, poduszka nr 2 V0°, poduszka nr 3 V120° oraz poduszka nr 4 V240° — pomiar ciśnień poziomych oraz poduszki nr 5 V0° H+45° oraz poduszki nr 6 V0°–45° do pomiaru ciśnień w kierunku odchylonym od poziomu $0 \pm 45^\circ$ (patrz rys. 2). Wyniki pomiarów uzyskane w okresie od lutego 2007 r. do sierpnia 2009 r. wskazują, że proces odbudowy stanu równowagi w górotworze, naruszonego wykonaniem otworu badawczego, jest procesem długotrwałym.

Wskazują na to dane pomiarowe, gdzie kryterium opornościowe pozwalające na realizację pomiarów pneumatycznych wyniosło:

- około jednego roku (od stycznia 2006 r. do lutego 2007 r.) — dla czterech poduszek V120°, V240°, V0° H–45° oraz V0° H+45°,
- ponad 3 lata (od stycznia 2006 r. do marca 2009 r.) — dla poduszki do pomiaru ciśnień pionowych,
- brak spełnienia kryterium opornościowego (od stycznia 2006 r. do sierpnia 2009 r.) — dla poduszki V0° nadal stwierdza się brak stabilnych wskazań.

Wyniki uzyskane dla poszczególnych poduszek, jako wartości ciśnień w funkcji czasu w nawiązaniu do postępu robót górniczych, przedstawiono na rysunku 3. Na wykresie ilustrującym bezwzględne wartości ciśnień w okresie luty 2007 — maj 2009, wyraźnie widoczna jest podwyższona wartość ciśnienia w poduszce 5 (V0° H+45°) mierzącej ciśnienia z kierunku NNW–SSE (odchylona 45° od pozycji pionowej poduszki 2 V0°). Na pozostałych poduszkach wartości ciśnień mają przybliżone wartości.



Rys. 3. Zmiana wartości ciśnień w nawiązaniu do postępu robót górniczych

Analiza zmiany wartości pomierzonych ciśnień w stosunku do prowadzenia robót górniczych pozwala wydzielić następujące okresy w pracy sondy:

- pierwszy okres (prostokąt jaśniejszy) od 26.03.07 do 23.07.07 to udostępnianie piętra górniczego II (+176/+148 m n.p.m.). Zauważalne w tym czasie są wahania zmian ciśnień oraz tendencja spadkowa dla kierunku SSE–NNW,
- od 05.09.2007 do 04.04.2008 — okres, w którym nie prowadzono robót górniczych w bezpośrednim sąsiedztwie wysadu. Jest to czas generalnego spadku ciśnień dla wszystkich sond,
- od 21.07.2008 roku do 15.01.2009 roku (prostokąt ciemniejszy) to okres robót górniczych w III piętrze górniczym (+145/+120+110 m n.p.m.). Zauważalny jest wzrost ciśnień do 22.10.2008 roku a następnie ich spadek do 18.03.2009 r.,
- w etapie do 12.08.2009 r. obserwujemy tendencje wzrostowe ciśnienia od maja 2009 r. przechodzące w tendencje spadkowe.

5. Podsumowanie

- Zaprezentowane wyniki pomiarów wskazują na istotny wpływ robót górniczych na zachowanie się wysadu solnego, powierzchni terenu nad wysadzem oraz struktur geologicznych budujących północną część zbocza zachodniego.
- Wyniki pomiarów powierzchniowej sieci obserwacyjnej, sieci niwelacyjnej oraz w inklinometrach wskazują na powstanie w rejonie zbocza zachodniego wyrobiska górniczego dwóch rejonów zagrożeń osuwiskowych.
- Na obecnym etapie prac pomiarowych trudno jest wyjaśnić istnienie w wysadzie solnym podwyższonego ciśnienia na kierunku SSE–NNW (poduszka nr 5 $V0^\circ H+45^\circ$).
- Generalnie każdorazowe przejście robót górniczych w rejonie wysadu solnego odzwierciedla się spadkiem ciśnień na wszystkich mierzonych kierunkach.