

# Przejawy zagrożenia oraz efektu zabezpieczenia zabytkowego szybu Górsko Kopalni Soli Wieliczka w wynikach pomiarów geodezyjnych

Symptoms of threats and the effect of securing of the “Wieliczka” Salt Mine’s historic shaft “Górsko” in geodetic survey results



Dr inż. Agnieszka Maj<sup>\*)</sup>



Dr inż. Łukasz Kortas<sup>\*\*)</sup>

**Treść:** Szyb Górsko jest siedemnastowiecznym szybem kopalni wielickiej, który został zasypany w 1954 roku. Na przełomie 2002 i 2003 roku przepływy wód opadowych doprowadziły do naruszenia stateczności budynku nadszybia, tworząc zagrożenie dla trwałości zabytku. Analiza wyników pomiarów niwelacyjnych, prowadzonych od 1 stycznia 2003 roku ujawniła zjawisko narastania przemieszczeń pionowych w bliskim sąsiedztwie szybu o zmiennej prędkości. Początkowo tempo obniżenia osiągało 350 mm/rok, a po likwidacji prawdopodobnych rozluźnień i ewentualnych wymyc w pobliżu ścian i fundamentów szybu prędkość przemieszczeń zmalała do niespełna 20 mm/rok. W 2012 roku, po wykonaniu kompleksowych prac uszczelniających szyb, tempo osiadania spadło do ok. 12 mm/rok, czyli do prędkości przemieszczeń wynikającej z wpływu zaciskania wyrobisk kopalnianych na powierzchnię terenu w sąsiedztwie szybu Górsko. Wyniki pomiarów geodezyjnych wskazują na opanowanie zagrożenia spowodowanego przepływem wód opadowych przez otoczenie szybu do wyrobisk kopalni.

**Abstract:** The “Górsko” shaft is a seventeenth-century shaft of the “Wieliczka” Salt Mine, which was filled in 1954. At the turn of 2002 and 2003, rainwater flows led to a violation of the stability of the headroom building, creating a threat to the durability of the monument. Analysis of the results of leveling measurements conducted since January 1, 2003 revealed the phenomenon of increasing vertical displacements in close proximity to the shaft with a variable speed. Initially, the rate of subsidence reached 350 mm/year, and after the elimination of probable loosening and possible wash-outs near the shaft walls and foundations, the speed of displacement decreased to less than 20 mm/year. In 2012, after the comprehensive shaft sealing work, the subsidence rate dropped to approx. 12 mm/year, i.e. to the speed of displacement resulting from the impact of mine workings closing on the surface of the area in the vicinity of the “Górsko” shaft. The results of geodetic measurements indicate control of the threat caused by the flow of rainwater through the surroundings of the shaft to the mining goafs.

## Słowa kluczowe:

kopalnia soli, zagrożenie wodne, przemieszczenia pionowe, pomiary niwelacyjne, Wieliczka, szyb „Górsko”

## Keywords:

salt mine, water hazard, vertical displacements, leveling measurements, Wieliczka, “Górsko” shaft

## 1. Wstęp

Szyby górnicze czynne oraz zlikwidowane są przedmiotem badań metodami geofizycznymi i geodezyjnymi w aspekcie oceny ich stanu technicznego, a także diagnostyki i monitoringu ich otoczenia. Podczas gdy badania geofizyczne skoncentrowane są na określaniu lokalizacji opuszczonych szybów oraz ocenie stanu zagrożenia w ich sąsiedztwie metodami, elektrooporową (Kotyrba i in. 2006), georadarową (Kortas 2003) czy mikrograwimetryczną (Kotyrba i in. 2012, Kortas

2014, Kotyrba i Kortas 2016), geodezyjne pomiary przemieszczeń punktów, prowadzone cyklicznie, są nakierowane na określenie deformacji szybu i wynikających z niej zagrożeń (Kortas 2003, Kleta 2012). W tej pracy analizowano wyniki pomiarów niwelacyjnych, prowadzonych w rejonie szybu Górsko Kopalni Soli Wieliczka, w związku z naruszeniem stateczności budynku nadszybia.

Szyb Górsko zgłębiany został w 1620 r. Początkowo przeznaczony był do transportu wydobywanej soli. Po wdarciu wód do rejonu komór Kloski – Colloredo pod koniec XIX wieku służył także do transportu piasków podsadzkowych. Szyb Górsko jest położony ok. 230 m na SE od szybu Daniłowicza i ok. 340 m na SW od szybu Regis. W 1954 roku szyb został

<sup>\*)</sup> Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk

<sup>\*\*)</sup> Główny Instytut Górnictwa, Katowice

zasypany do głębokości około 6 m. Budynek nadszybia był kilkakrotnie przebudowywany, a w 1986 r. został wpisany do rejestru zabytków województwa krakowskiego. Na przełomie 2002 i 2003 roku przepływy wód opadowych i gruntowych doprowadziły do naruszenia stateczności budynku, tworząc zagrożenie dla trwałości zabytku (d'Obym i in. 2011; Kokot i in. 2012). Natychmiast po stwierdzeniu zagrożenia Kopalnia zainicjowała geodezyjne pomiary przemieszczeń w otoczeniu szybu. W artykule przedstawiono skutki dopływu wód do szybu oraz efekt opanowania zagrożenia, obserwowane w wynikach tych pomiarów.

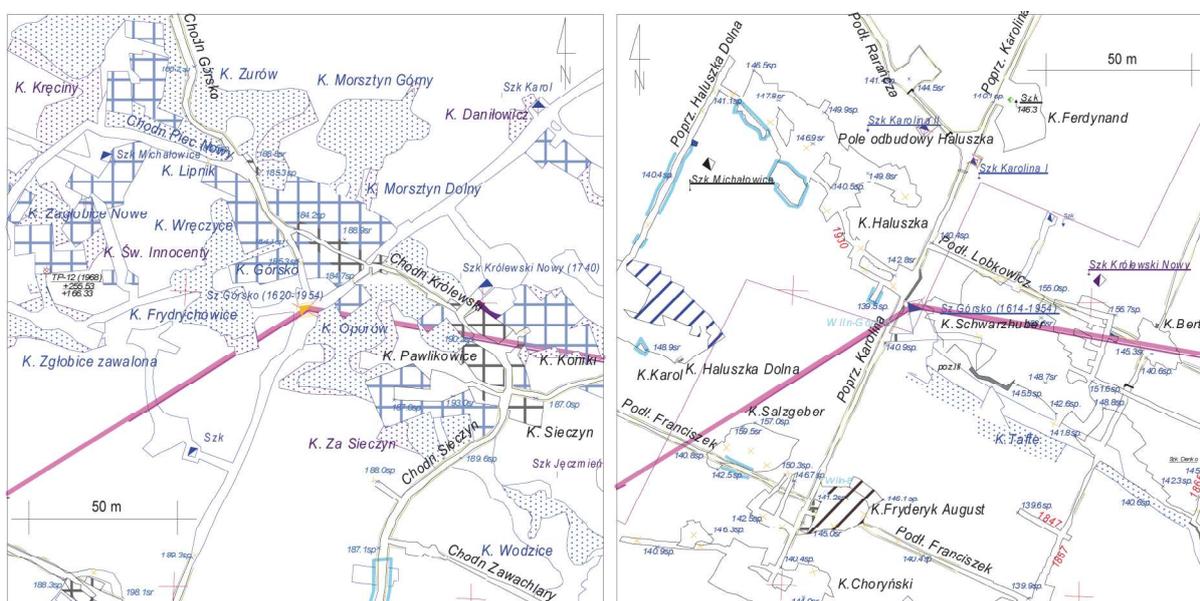
## 2. Warunki geologiczno-górnice oraz prace zabezpieczające w otoczeniu szybu Górsko

W otoczeniu szybu Górsko utwory czwartorzędowe zalegają do głębokości 10,4 m i są one zdeponowane na utworach neogenu (Hrebenda 2005), które zbudowane są z warstwy iłowo-gipsowej do głębokości ok. 30 m. Niżej, do 105 m,

występują utwory złoża soli wykształconego w postaci brył w łożach marglistych, a pod nimi utwory złoża wykształconego jako pokłady soli spizowej i szybikowej.

Wierceniami w utworach czwartorzędowych nie stwierdzono występowania zwierciadła wody gruntowej (Hrebenda 2005). Jedynie w jednym z otworów zaobserwowano niewielkie sączenia na głębokość 2,4 i 8,2 m p.p.t. W wyniku analizy chemicznej wody pobranej z drugiego z otworów, z głębokości 14,0 m, stwierdzono, że badana próbka wody jest silnie agresywna w stosunku do betonu z cementu portlandzkiego. Zawartość siarczanów w rozpoznanych łożach pylastych wzrasta wraz z głębokością w związku z występowaniem wkładek gipsów.

Szyb Górsko o eliptycznym przekroju tarczy o wymiarach 2,2 m na 4,5 m został zgłębniony do głębokości 24 m w obudowie murowej, niżej, do IV poziomu na głębokości 177,6 m, szyb w obudowie drewnianej ma prostokątny przekrój tarczy. Wyrobiska w okolicy szybu na poziomach I i II n pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Wyrobiska poziomu I i II n kopalni soli Wieliczka (Dział Mierniczy KS Wieliczka)

Fig. 1. Level I and II n excavations of the Wieliczka Salt Mine (Wieliczka Salt Mine Measurement Department)

Tabela 1. Średnie prędkości obniżenia zrębu szybu Górsko w kilku okresach (na podstawie danych Działu Mierniczego KS Wieliczka)

Table 1. The average subsidence rates of the Górsko shaft in several periods of time (based on the data from the Wieliczka Salt Mine Measurement Department)

Daty	Okres	Obniżenie	Prędkości obniżenia
1926 – 1942	16 lat	250 mm	15,6 mm/rok
1978 – 1986	10 lat	120 mm	15,4 mm/rok
2000 – 2005	5 lat	75 mm	15,0 mm/rok

Tabela 2. Prędkości obniżenia szybu Danilowicza (na podstawie danych Działu Mierniczego KS Wieliczka)

Table 2. The average subsidence rates of the Danilowicz shaft (based on the data from the Wieliczka Salt Mine Measurement Department)

Poziom	Reper	Okres	Prędkość obniżenia
Nadszybie, I	1-8	1961 – 2005	15,5 mm/rok
		2005 – 2017	12,5 mm/rok
II n	2n-10	1965 – 2005	15,1 mm/rok
		2000 – 2017	7,3 mm/rok
III	3-8	1961 – 2005	17,3 mm/rok
		2005 – 2017	12,3 mm/rok
IV	4-132	2005 – 2005	11,0 mm/rok
	4-17	2005 - 2017	9,8 mm/rok

Zachowanie się górotworu w rejonie szybów określa się na ogół podając obserwowane przemieszczenia pionowe reperów lub ich prędkości (tabela 1).

W trzech okresach od 1926 do 1942 roku rejon szybu Górsko obniżał się z malejącą prędkością od 15,6 do 15,0 mm/rok. Tendencja zmniejszania się prędkości obniżeń wyraźniej utrzymywała się także w pobliskim szybie Daniłowicza (tabela 2).

Tendencje ruchu powierzchni terenu w latach 1990–2015 przy szybie Daniłowicza i w pobliżu szybu Górsko wskazują na zmniejszanie się prędkości obniżeń. Należy także zwrócić uwagę, że oddziaływanie zaciskania wyrobisk kopalni w rejonie szybu Daniłowicza, przejawiające się powolnym narastaniem niecki obniżeń, nie wskazuje na pojawianie się szkodliwego rozciągania, które mogłoby powodować przepływ wód.

Ze względu na stwierdzenie uszkodzeń budynku nadszybia wskazujących na nieszczelność szybu Górsko w styczniu i lutym 2003 roku przeprowadzono likwidację prawdopodobnych rozluźnień i ewentualnych wymięć w pobliżu ścian szybu dwoma pierścieniami otworów wiertniczych, przez które zatłaczano poliuretan. Pustki w rurze szybowej zlikwidowano spoiwem mineralno-cementowym Teksil oraz pianą mineralno-cementową Durafoan (Lasoń 2003).

W 2012 roku przeprowadzono kompleksowe prace cementacyjne, mające na celu likwidację dopływu wód powierzchniowych przez szyb i jego otoczenie do wyrobisk kopalni. Wykonano 83 otwory doszczelniające w dwóch pierścieniach otaczających szyb oraz trzy otwory kontrolne w tarczy szybu. Otworami doszczelniającymi wprowadzono zaczyn iniekcyjny sporządzony z zastosowaniem wody wodociągowej i cementu, odpowiedniego do agresywnego środowiska gruntowego. Iniekcję wykonano w 4 strefach iniekcyjnych przy właściwym dla danej strefy ciśnieniu. Ogółem wprowadzono

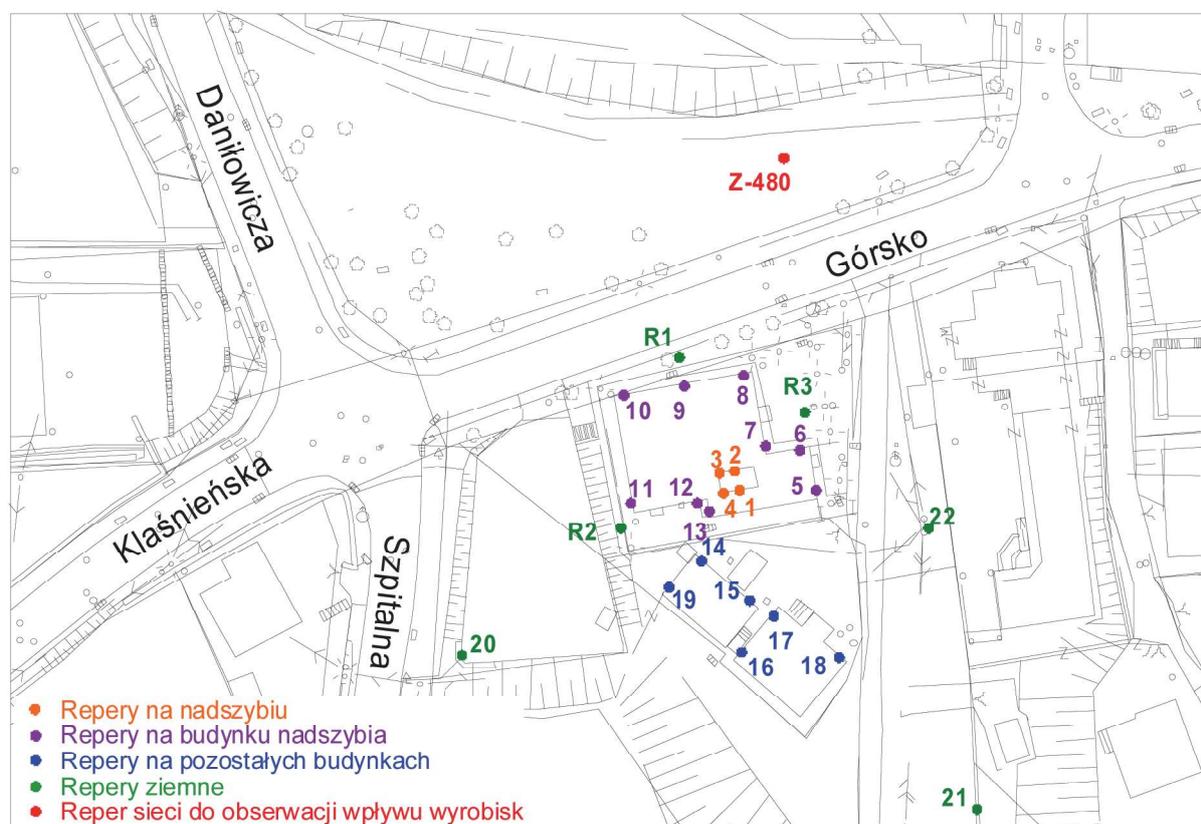
ponad 300 m<sup>3</sup> zaczynu (Parchanowicz, Kokot 2011, Kokot i in. 2012).

### 3. Przemieszczenia w rejonie szybu Górsko od 2003 roku

Niezwłocznie po stwierdzeniu uszkodzeń budynku nadszybia szybu Górsko Kopalnia rozpoczęła pomiary przemieszczeń powierzchni. Po założeniu znaków pomiarowych na budynku nadszybia i budynkach sąsiadujących oraz reperów ziemnych w ciągu kilku dni rejestrowano szybko narastające osiadania terenu. Systematyczne, okresowe pomiary wysokości reperów prowadzono początkowo codziennie, później co kilka dni. Rozmieszczenie znaków pomiarowych przedstawiono na rysunku 2.

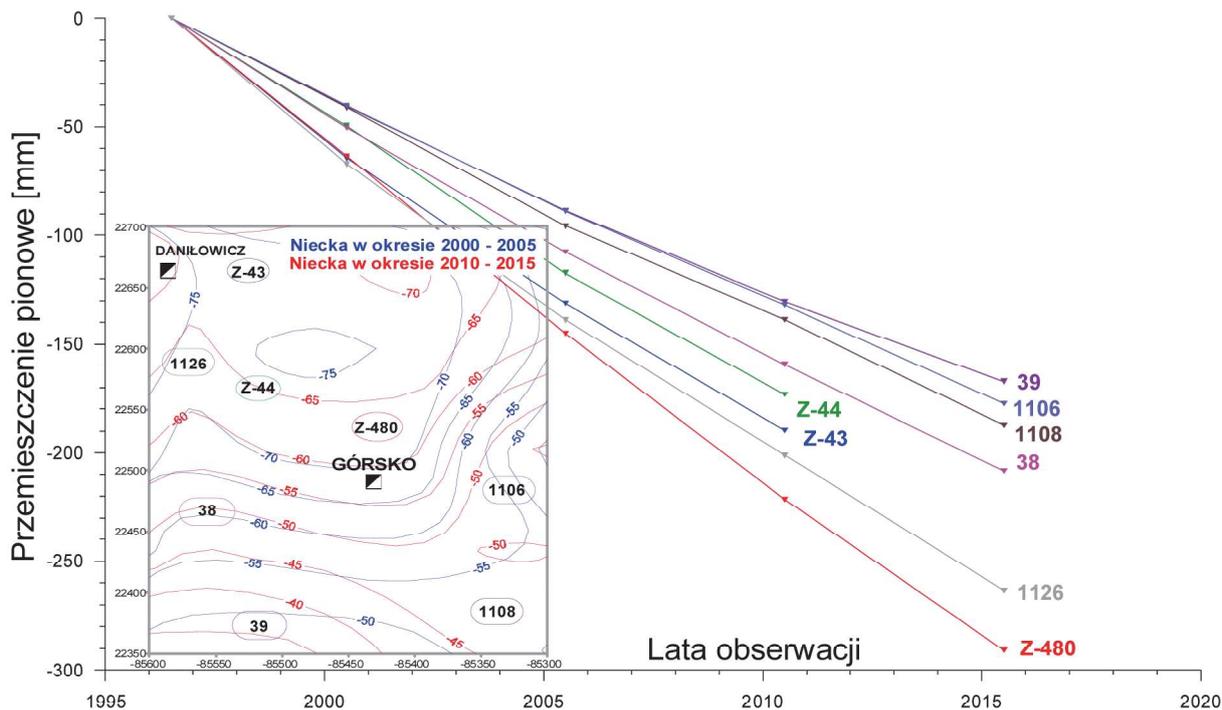
Kopalnia prowadzi pomiary geodezyjne sieci punktów rozproszonych i linii pomiarowych, rozmieszczonych na byłym terenie górniczym, metodą niwelacji precyzyjnej. W okresach 5-letnich obliczane są obniżenia reperów wywołane zaciskaniem się wyrobisk i określana jest niekiedy obniżenia na powierzchni terenu. Dzięki pomiarom znane jest osiadanie poszczególnych reperów w okresie wieloletnim. Pomiary sieci lokalnej prowadzone metodą niwelacji precyzyjnej były każdorazowo dowiązywane do reperu sieci do obserwacji wpływu zaciskania wyrobisk. Na początku prowadzenia pomiarów punktem dowiązania był reper Z-44, następnie Z-43, a obecnie Z-480, położony najbliżej szybu Górsko. Rozmieszczenie reperów w rejonie szybu Górsko, w tym punktów nawiązania, oraz rozkład przemieszczeń pionowych w okresach 2000–2005 i 2010–2015, a także osiadanie reperów w okresie 1996–2015 przedstawiono na rysunku 3.

Wszystkie repery obniżają się z malejącą prędkością. Prędkości obniżeń reperów nawiązania Z-43 i Z-44 są po-



Rys. 2. Rozmieszczenie znaków pomiarowych sieci lokalnej dla obserwacji przemieszczeń pionowych w rejonie szybu Górsko (wg szkiców Działu Mierniczego KS Wieliczka)

Fig. 2. Arrangement of local network measurement signs for vertical displacement observations in the area of Górsko shaft (according to sketches of the Wieliczka Salt Mine Measurement Department)



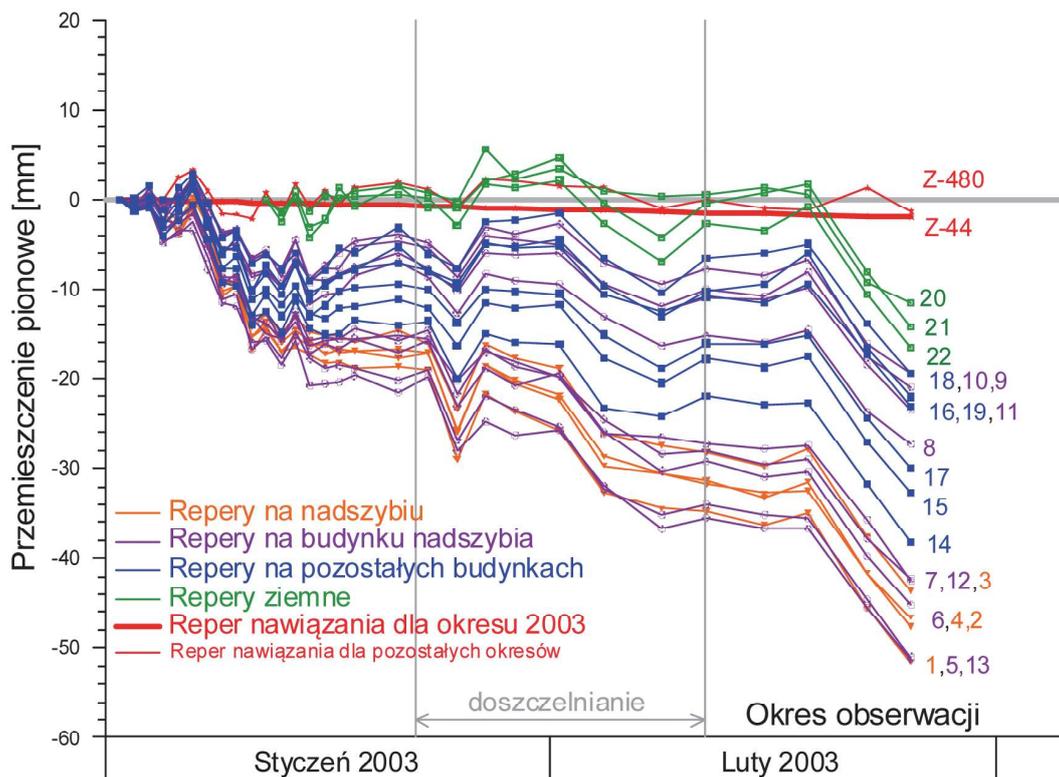
Rys. 3. Obniżenia reperów w rejonie szybu Górsko oraz ich lokalizacja na tle niecek osiadań 2000 – 2005 i 2010 – 2015  
 Fig. 3. Subsidence of benchmarks in the area of the Górsko shaft and their location at the background of subsidence basins of 2000 - 2005 and 2010 - 2015

dobne. Prędkość przemieszczania się reperu Z-480 jest o 3-4 mm/rok większa. I tak:

Reper nawiązania	2000 – 2005	2005 – 2010	2010 – 2015
Z-44	-13,6 mm/rok	-11,1 mm/rok	---
Z-43	-13,4 mm/rok	-11,7 mm/rok	---
Z-480	-16,3 mm/rok	-15,3 mm/rok	-13,9 mm/rok

Zjawiska zachodzące w rejonie szybu Górsko analizowano w trzech okresach intensywności przemieszczeń:

- okres dopływu wód do szybu Górsko i doszczelniania głowicy szybu (01 – 02.2003),
- okres stabilizowania ruchu powierzchni terenu (2004 – 2006),
- okres uszczelniania szybu i wyrównywania ruchu po-



Rys. 4. Obniżenia znaków obserwacyjnych sieci lokalnej w okresie styczeń – luty 2003  
 Fig. 4. Subsidence of the observation marks of the local network in the period January - February 2003

wierzchni terenu do tendencji wpływu od wyrobisk (2012 – 2014).

Wartości przemieszczeń pionowych skorygowano o poprawki na zmieniającą się w czasie wysokość punktów nawiązania. Obniżenia punktów pomiarowych przedstawiono na rysunkach 4–6, wyróżniając kolorami: znaki na obudowie szybu – kolorem pomarańczowym, na budynku nadszybia – kolorem fioletowym, na sąsiednich budynkach – kolorem niebieskim, repery ziemne – kolorem zielonym.

W pierwszym okresie (01 – 02.2003) przeprowadzono 30 obserwacji niwelacyjnych w odstępach co 1–4 dni. Pomiary dowiązywano do reperu ziemnego Z-44. W dniach 21.01 – 10.02.2003 prowadzono prace doszczelniające głowicę szybu. Ten okres intensywności przemieszczeń trwał 55 dni. Był to okres szybko narastających w czasie przemieszczeń (rys. 4).

Maksymalne obniżenia w tym okresie wystąpiły w strefie obudowy szybu Górsko i na ścianach budynku nadszybia, mniejsze na sąsiednich budynkach, a najmniejsze w oddaleniu od zabudowy. Maksymalną średnią prędkość obniżeń w dwumiesięcznym okresie pomiarów zaobserwowano na punkcie 1. Osiągnęła ona wartość -349 mm/rok (-51,6 mm/55 dni), a na punkcie 20, założonym w narożu parkingu -78 mm/rok (-11,5 mm/55 dni). Prędkości obniżeń w tym okresie były więc znacznie większe od przemieszczeń pionowych wynikających z wpływu wyrobisk na powierzchnię terenu, średnio -13,6 mm/rok. Wszystkie punkty obserwacyjne obniżały się z większą prędkością niż reper nawiązania.

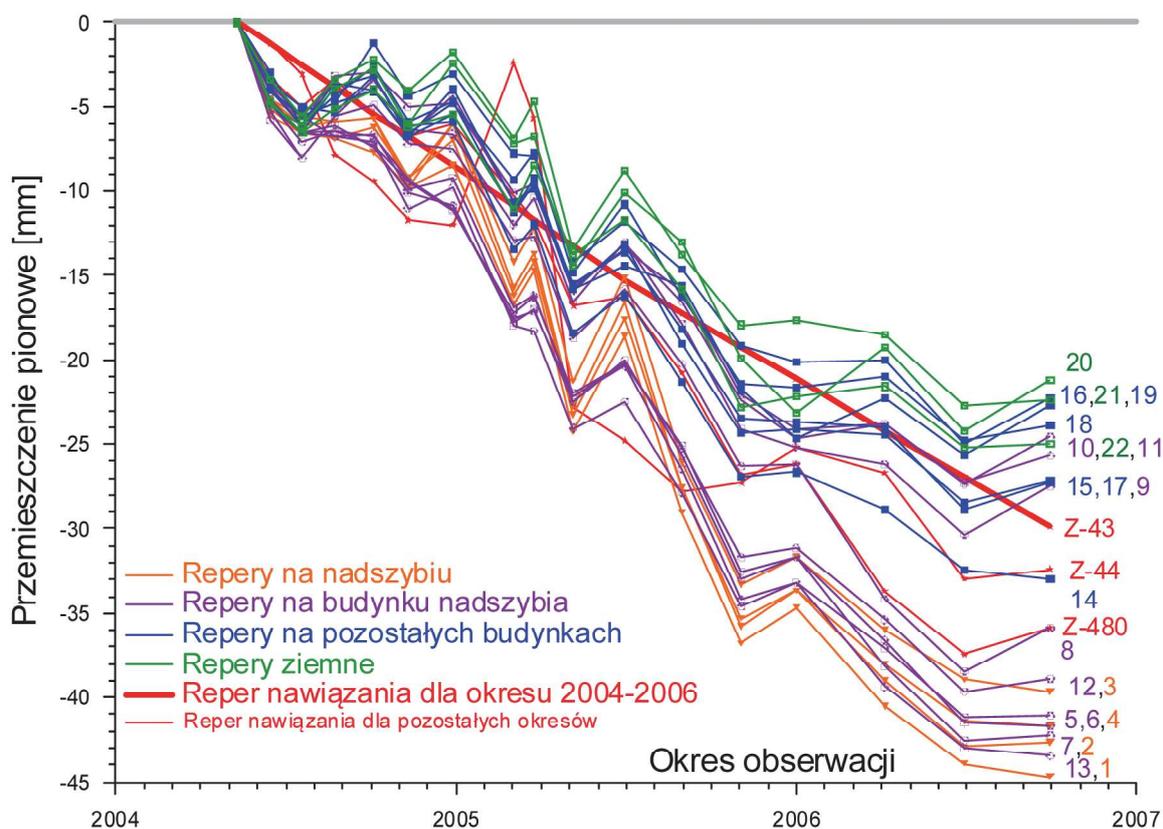
W drugim okresie (2004 – 2006) przeprowadzono 17 obserwacji niwelacyjnych w odstępach od 1 do 3 miesięcy (rys. 5). Pomiary dowiązywano do reperu ziemnego Z-43. Ten okres intensywności przemieszczeń trwał 2 lata i 4 miesiące (2,39 roku). W okresie tym nie wykonywano prac zabezpieczających.

Punkty obserwacyjne na obudowie szybu obniżyły się w tym okresie o 40 - 45 mm, maksymalnie ze średnimi prędkościami -18,7 mm/rok i -16,6 mm/rok. Punkty ziemne osiadły w tym czasie o 20 mm do 22 mm, z prędkościami ok. -8,4 mm/rok. Należy zaznaczyć, że punkt dowiązania sieci obserwacyjnej w tym okresie (Z-43) obniżał się z prędkością -12,5 mm/rok. Część punktów pomiarowych, głównie na obudowie szybu i budynku nadszybia, obniżała się z prędkością większą niż reper nawiązania, ale tempo osiadania punktów bardziej oddalonych od szybu było mniejsze.

W trzecim okresie (2012 – 2018) przeprowadzono 12 obserwacji niwelacyjnych w odstępach co 4 – 15 miesięcy. Pomiary dowiązywano do reperu ziemnego Z-480. W dniach 23.01 – 18.12.2012 prowadzono prace uszczelniające szyb. Ten okres intensywności przemieszczeń trwał 6 lat i 9 miesięcy (rys. 6).

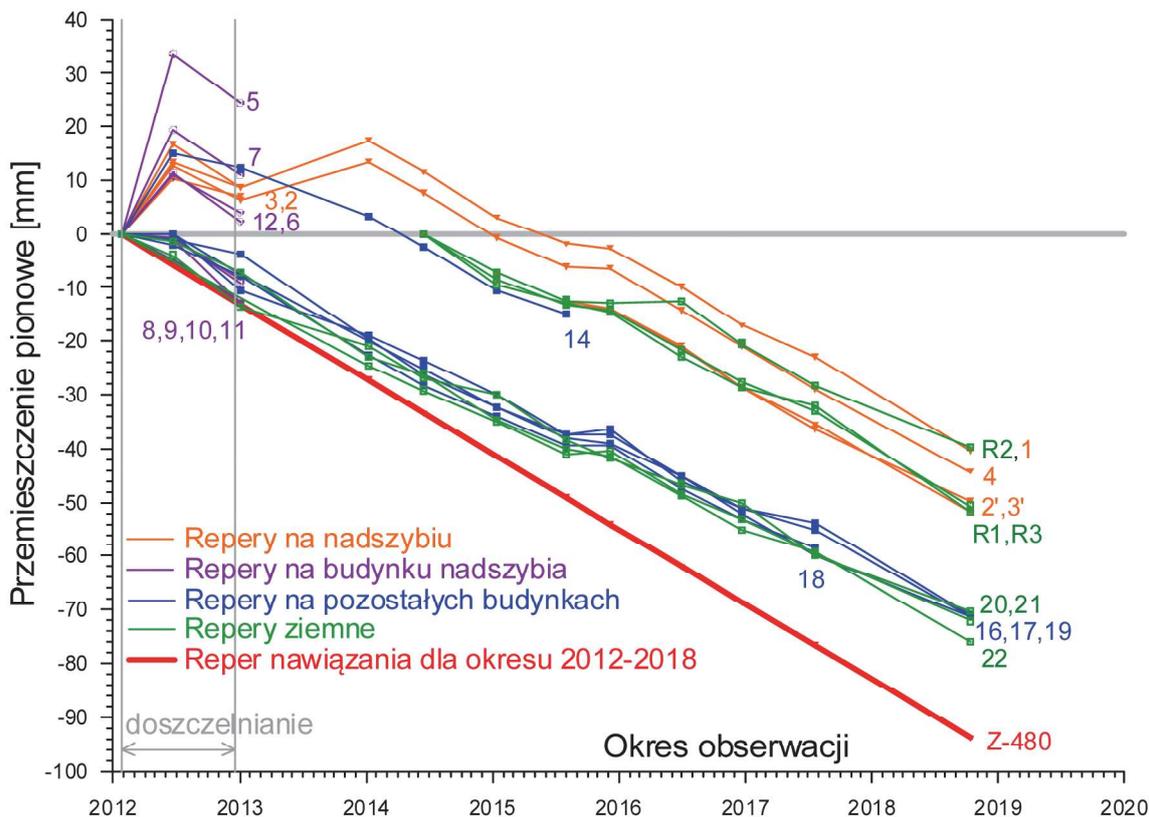
W 2012 roku przeprowadzono cementację dwóch pierścieni otworów wywierconych wokół szybu z przyłożeniem ciśnienia technologicznego, które prawdopodobnie były przyczyną początkowego wypiętrzania punktów pomiarowych na obudowie szybu i budynku nadszybia. Pomijając te wypiętrzenia, wszystkie punkty przemieszczają się ze średnią prędkością w przedziale od -10,4 do -11,3 mm/rok. Wynika z tego, że rejon szybu Górsko obniża się z prędkością mniejszą niż wynikałoby to z oddziaływania wyrobisk. Różnica ta jest niewielka i wynosi maksymalnie 1,2 mm/rok.

Przyczyną zjawisk obserwowanych w wynikach pomiarów niwelacyjnych było zaciskanie pustek w otoczeniu szybu, powstałych prawdopodobnie przez wymycie cząstek gruntu z powierzchni przez wody opadowe i z utworów czwartorzędowych przez wody gruntowe. Przeprowadzona analiza wskazuje, że przeprowadzone w latach 2003 i 2012 prace zabezpieczające doprowadziły do uspokojenia ruchu terenu



Rys. 5. Obniżenia znaków obserwacyjnych sieci lokalnej w okresie 2004 – 2006

Fig. 5. Subsidence of the observation marks of the local network in the period 2004 - 2006



Rys. 6. Obniżenia znaków obserwacyjnych sieci lokalnej w okresie 2012 – 2018

Fig. 6. Subsidence of the observation marks of the local network in the period 2012 - 2018

w rejonie szybu Górsko (Kortas, Brudnik 2019). Początkowe prędkości obniżeń przekraczające 300 mm/rok spadły do 13 mm/rok, czyli wartości odpowiadającej oddziaływaniu wyrobisk górniczych na powierzchnię terenu w tym rejonie. Zatem można uznać, że przeprowadzone prace iniekcyjne w rejonie szybu Górsko zabezpieczyły teren przed skutkami szkodliwych zjawisk powstałych przed 2003 rokiem.

## 6. Podsumowanie i wnioski

Zabytkowy szyb Górsko położony jest w lokalnym obniżeniu terenu. Powoduje to gromadzenie się wód opadowych i roztopowych w otoczeniu szybu zarówno na powierzchni terenu, jak i w utworach gruntowych.

Nagle pojawienie się szczelin w budynku nadszybia w grudniu 2002 roku wskazywało na rozwój deformacji w jego podłożu. W celu obserwacji rozwoju tych procesów założono lokalną sieć obserwacyjną. W artykule przedstawiono analizę zmian przemieszczeń znaków pomiarowych umieszczonych na nadszybiu szybu Górsko, budynku nadszybia, kilku pobliskich budynkach i reperów ziemnych. Wyodrębniono trzy okresy intensywności przemieszczeń pionowych. W miesiącach styczeń – luty 2003 roku wystąpiły największe obniżenia, następnie spadek prędkości obniżeń, a od roku 2014 wyrównywanie prędkości przemieszczenia wszystkich mierzonych punktów. Prędkości obniżeń w ostatnim okresie zbliżyły się do prędkości obniżeń terenu wywołanych oddziaływaniem wyrobisk kopalni Wieliczka.

Wyniki obserwacji wskazują, że zrealizowane w 2012 roku przez Kopalnię inżynierskie roboty iniekcyjne skutecznie uszczelniały ośrodek gruntowy w otoczeniu szybu.

Przeprowadzona analiza wskazuje również na znaczenie

wszczęcia obserwacji geodezyjnych niezwłocznie po zauważeniu symptomów zagrożenia i ich prowadzenia aż do ustąpienia skutków zaistniałych uszkodzeń.

*Autorzy dziękują Kopalni Soli „Wieliczka” S.A. za udostępnienie materiałów oraz umożliwienie opublikowania artykułu, który inspirowany jest wykonaną na zlecenie Kopalni pracą pt.: „Analiza hydrogeologiczna i górnicza rejonu szybu Górsko”.*

## Literatura

- D'OBYRN K., KOKOT B., KUCHARZ J. 2011 - Doszczelnienie zlikwidowanego szybu Górsko w kopalni soli „Wieliczka”. *Górnictwo i Geoinżynieria*. R. 35, z. 4, s. 41-48.
- HREBENDA M. 2005 - Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla rejonu szybu Górsko w Wieliczce. Krakowskie Przedsiębiorstwo Geologiczne „ProGeo” Sp. z o.o. Kraków. (praca niepublikowana).
- KOKOT B., D'OBYRN K., KUCHARZ J. 2012 - Rewitalizacja nadszybia szybu Górsko w kopalni soli Wieliczka. *Narodowy Instytut Dziedzictwa. Ochrona Zabytków*. 2012, z. 3-4, s. 37-42.
- KORTAS G., BRUDNIK K. 2019 - Analiza hydrogeologiczna i górnicza rejonu szybu Górsko. ZBP GeoConsulting, Kraków. (praca niepublikowana)
- LASOŃ A. 2003 - Technologia doszczelnienia głowicy szybu Górsko. Zakład Robót Górniczych i wysokościowych „AMC”. (praca niepublikowana)
- PARCHANOWICZ J., KOKOT B. 2011 - Projekt techniczny doszczelnienia szybu „Górsko” w przedziale głębokości od 0 do 18 m. KGHM CUPRUM Centrum Badawczo-Rozwojowe, Wrocław. (praca niepublikowana).

Artykuł wpłynął do redakcji – kwiecień 2020

Artykuł akceptowano do druku – 15.06.2020