

(...) „prawdziwy postęp dokonuje się przez zmierzenie się z problemem.”
K. R. Popper

Eksploracja górnicza w filarze ochronnym dla śródmieścia Bytomia, historia i teraźniejszość

Mining exploitation in safety pillar for the city centre of Bytom, history and the present



Mgr inż. Leonard Klabis*)



Dr hab. inż. Andrzej Kowalski**)

Treść: Artykuł zawiera genezę eksploatacji w filarze ochronnym dla śródmieścia Bytomia, uwarunkowania geologiczne i górnicze, syntetyczną charakterystykę dokonanej eksploatacji, dane o deformacjach powierzchni i wstrząsach górniczych, a także spowodowanych nią szkodach górniczych. Sumarycznie z filara ochronnego dla Bytomia do końca 2013 r. wyeksploatowano ponad 100 mln ton. węgla kamiennego. W ostatnich latach zakres i koncentracja eksploatacji w filarze ochronnym znacznie się zmniejszyły. Podjęcie eksploatacji w filarze śródmieścia było trudnym i ryzykownym przedsięwzięciem. Jak w każdym tego rodzaju przedsięwzięciu zanotowano zarówno doświadczenia pozytywne, jak i negatywne.

Abstract: This paper describes the history of mining exploitation in safety pillar for the city centre of Bytom, geological and mining conditions, synthetic characteristics of conducted mining, data of surface deformations and mining tremors, as well as damage caused by mining. More than 100 million tons of coal from the safety pillar in Bytom city had been exploited to the end of 2013. In recent years, the scope and concentration of mining exploitations in the safety pillar have significantly decreased. Originally, mining exploitation in the safety pillar in the city centre was a difficult and risky operation. Both positive and negative experience was noted as in any such operation.

Słowa kluczowe:

górnictwo, deformacje powierzchni, wstrząsy górnicze, pomiar, szkody górnicze

Key words:

mining, surface deformations, mining tremors, measurement, mining damage

1. Wprowadzenie

W polskim górnictwie węgla kamiennego zmienia się punkt widzenia na prowadzenie eksploatacji pod terenami zabudowanymi. W latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia z filarów ochronnych dla obiektów na powierzchni i dla szybów wydobywcze węgla kamiennego stanowiło około 40 % wydobywania całkowitego.

Od 1989 roku narasta niezadowolenie społeczne z uwagi na występowanie szkód powodowanych działalnością górnictwem, w tym górnictwem węgla kamiennego. Skutkuje to odstępowaniem od eksploatacji górniczej pod terenami zabudowanymi, miastami. W 2014 roku, w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym prowadzi się eksploatację tylko w jednym dużym filarze ochronnym miasta, pod zwartą zabudową Bytomia. Z uwagi na restrukturyzację kopalń Kompanii Węglowej, jaki i uwarunkowania ochrony powierzchni, będzie to ostatni rok eksploatacji pod śródmieściem Bytomia. Jest (była) to eksploatacja na największą skalę w historii polskiego gór-

*) Kompania Węglowa SA Oddział KWK „Bobrek-Centrum ***) Główny Instytut Górnictwa w Katowicach.

nictwa, prowadzona od 1950 roku. W 2011 roku sumaryczne wydobycie z tego filara ochronnego przekroczyło 100 mln ton.

Bytom jest jednym z najstarszych miast Śląska, powstał w 1254 r. w związku z eksploatacją rud srebra i ołowiu występujących blisko powierzchni w warstwach dolomitów kruszonośnych. Eksploatacja zasobnego złoża węgla kamiennego na obrzeżach śródmieścia Bytomia jest prowadzona od połowy XIX wieku.

Celem artykułu jest przedstawienie genezy eksploatacji w filarze ochronnym Bytomia, zakresu dokonanej eksploatacji, powstałych deformacji i wstrząsów górniczych. Scharakteryzowano także problemy występujące współcześnie w mieście w związku z prowadzoną eksploatacją górniczą.

Artykuł przygotowano na podstawie prowadzonych, między innymi w Głównym Instytucie Górnictwa badań i wykonywanych prac dla kopalni „Bobrek-Centrum” dotyczących opiniowania planów ruchu na lata 2012÷2014. Ponadto, wykorzystano także monograficzne opracowanie, z okazji wydobycia 50 mln ton węgla kamiennego z filara ochronnego śródmieścia, z 1977 r. [1, 3, 5, 6, i 10] oraz publikacje oceniającą dokonaną eksploatację w 1993 r. [7].

2. Geneza eksploatacji w filarze ochronnym miasta

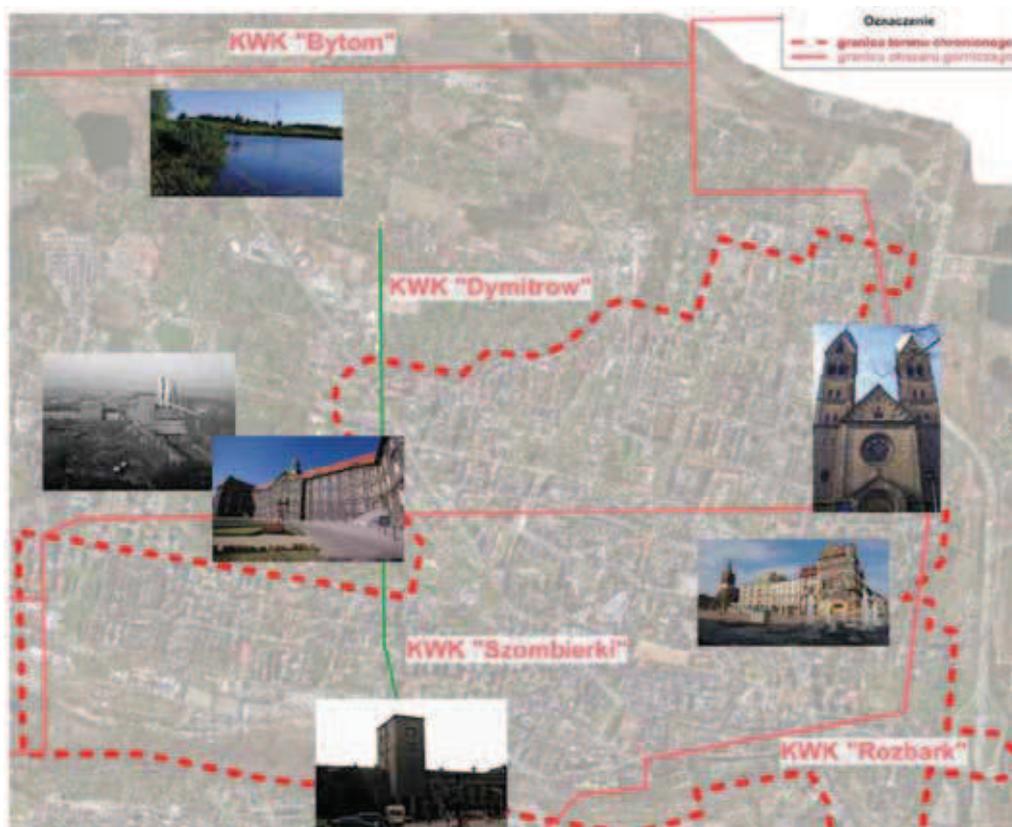
Filar ochronny dla zabudowy śródmieścia Bytomia, w jego aktualnie obowiązującym zakresie, ustanowiono w 1948 roku (rys. 1). Powierzchnia terenu chronionego wynosi 4,25 km², a miasta 38 km². Oszacowane zasoby przemysłowe wysokokalorycznego węgla kamiennego wynosiły około 170 mln ton [1].

Na rysunku 1 przedstawiono charakterystyczne obiekty w mieście, od zachodu poza terenem chronionym szyby ruchu Centrum (wcześniej kopalni „Dymitrow”), staw południowy, Urząd Miasta, a obrębie terenu chronionego, dworzec PKP, rynek i kościół pod wezwaniem św. Jacka.

W rejonie niecki bytomskiej, poza granicami filara ochronnego miasta, eksploatacja węgla kamiennego była prowadzona przez kopalnie: „Szombierki” od 1855 r., „Centrum” – od 1879 r., „Rozbark” – od 1870 r. oraz „Bobrek” i „Miechowice” – od 1902 r. Choć eksploatacja tych kopalń nie naruszała terenu śródmieścia, jej skutkiem były deformacje i uszkodzenia budynków w rejonie późniejszej granicy terenu chronionego.

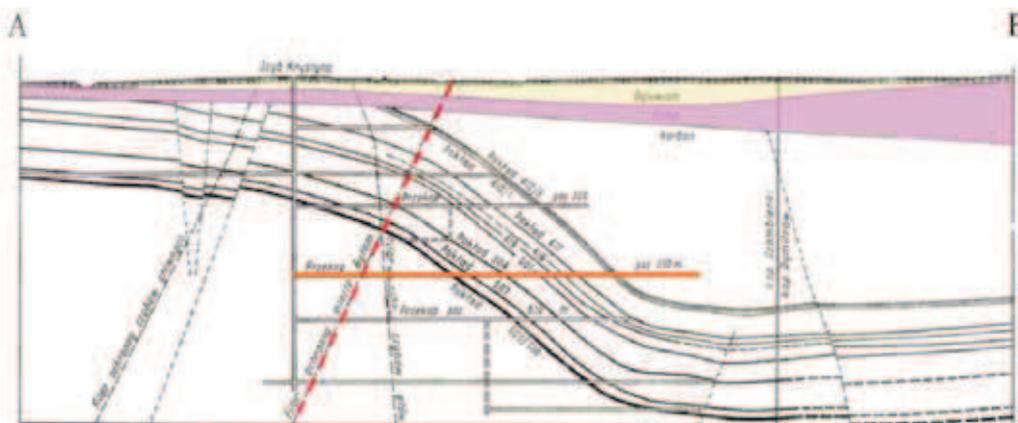
Przed 1945 rokiem rozważano możliwość podjęcia eksploatacji pod miastem. Od tego projektu odstąpiono, ponieważ uważano, że ze względu na skalę przewidywanych szkód będzie konieczne przeniesienie miasta poza nieckę węglową [5]. Projekt został ponownie podjęty w 1949 r. Wykonane wówczas analizy techniczno-ekonomiczne uzasadniały celowość i możliwość eksploatacji górniczej węgla pod miastem. Przewidywane szkody górnicze oceniono za możliwe do bieżącego usuwania [1, 5, 6]. Ważnym krokiem do rozpoczęcia eksploatacji było powstanie polskiej teorii ruchów górotworu spowodowanych podziemną eksploatacją górniczą. Podstawą merytoryczną podjęcia eksploatacji w filarze ochronnym śródmieścia Bytomia była ekspertyza *W. Budryka* i *S. Knothego* z 1949 r.

Podstawowym aktem prawnym zezwalającym na eksploatację pokładów w obrębie filara ochronnego była Uchwała nr 396/55 Prezydium Rządu Polski z 4 czerwca 1955 r. Kolejne plany ruchu obejmujące eksploatację pod miastem były i są opiniowane przez Komisję do spraw Ochrony Powierzchni



Rys. 1. Granice terenu chronionego dla śródmieścia Bytomia i obszarów górniczych kopalń z 1949 r. oraz charakterystyczne obiekty

Fig. 1. Boundaries of the protected area for the city centre of Bytom and mining areas of mines from 1949, and characteristic objects



Rys. 2. Schematyczny przekrój geologiczny przez filar ochronny (południe-północ) [2], lokalizację przekroju przedstawiono na rys. 1 i 3

Fig. 2. Schematic geological cross-section of safety pillar (south-north) [2], the location of section is shown in Fig. 1 and Fig. 3

przy Wyższym Urzędzie Górniczym, najczęściej w odstępach dwu lub trzyletnich.

3. Warunki geologiczne w filarze ochronnym

Bytom jest położony nad niecką geologiczną w warstwach karbońskich, zasobnych w bogate złoża węgla kamiennego. Nad nią zalegają warstwy czwartorzędu i triasu, w którym występowały dolomity kruszczońskie (rys. 2)

Czwartorzęd charakteryzuje się zmiennością wykształcenia litologicznego, miąższości i zalegania. Zbudowany jest głównie z glin zwałowych i piaszczystych, piasków, żwirów i ilów. Miąższość czwartorzędu zmienia się w przedziale $10 \div 20$ m.

Utwory triasu są reprezentowane przez warstwy triasu środkowego (wapień muszlowy) oraz triasu dolnego (pstry piaskowiec), o łącznej miąższości w granicach od 40 m do 170 m. Złoża rud srebra, cynku i ołowiu występuje w warstwach dolomitów kruszczońskich wapienia muszlowego, przeważnie w jednej lub w dwóch ławach, na głębokości $40 \div 100$ m. Miąższość warstwy kruszczońskiej wynosi od kilku centymetrów do kilku metrów.

Karbon stanowi kompleks ilowcowo-mułowcowo-piaszkowcowy z pokładami węglawarstw rudzkich (od 404 do 419), siodłowych (od 501 do 510) i porębskich (najgrubszych 615 i 620). W filarze ochronnym zalegają 22 pokłady węgla kamiennego, z czego prawie połowa jest eksploatowanych w filarze ochronnym. W stropie pokładu 504 zalega ława zwężłego piaskowca o grubości $40 \div 60$ m, a nad pokładami 507 i 510 ława o grubości kilkunastu metrów. Grubości pokładów wynoszą od 0,8 m do 9,0 m. Węgloność warstw karbońskich wynosi 7,2 %. Głębokość zalegania eksploatowanych pokładów wynosi od stu kilkadziesiąt metrów na wychodniach karbonu do ponad 1000 m w dnie niecki geologicznej (pokład 620). Pokład 510 zalega około 900 m, 615 zalega około 180 m pod pokładem 510, a pokład 620 około 40 m pod pokładem 615.

Złożo pod miastem jest wykształcone w formie niecki o dwóch skrzydłach: południowym o nachyleniu do 45° i północnym – do 10° , (rys. 2). Rozciągłość pokładów z uwagi na ich nieckowate zaleganie zmienia się. Oś niecki pod śródmieściem przebiega prawie równoleżnikowo, na powierzchni pokrywa się z ulicą Wrocławską i posiada wznios kilka stopni w kierunku wschodnim.

Złożo w rejonie terenu chronionego jest przecięte dwoma głównymi uskokiemi: radzionkowskim na granicy z kopalnią

„Rozbark” o zrzucie $40 \div 160$ m oraz uskokiemi bytomskim o zrzucie do 20 m i kierunku diagonalnym z południowego zachodu na północny-wschód. Uskokiem nie są zawodnione, górotwór w sąsiedztwie płaszczyzn uskokowych wykazuje spękanie i słabą zwięzłość skał.

4. Dokonana eksploatacja górnicza w filarze ochronnym

4.1. Eksploatacja rudna

Eksploatację złoża rudy cynku i ołowiu prowadzono przede wszystkim w XIX i XX wieku, przed ustanowieniem filara, głównie we wschodniej i północno-wschodniej części miasta.

W latach 1860–1912 eksploatacja była prowadzona w części środkowej i północnej miasta na głębokości $25 \div 80$ m. Została udokumentowana na mapach – Karte des Oberschlesischen Erzbergbaus – wydanych przez Wyższy Urząd Górniczy we Wrocławiu w 1912 r. w skali 1: 10 000.

Po 1949 roku eksploatację złoża rudy prowadziły kopalnie zrzeszone w Kombinacie Górniczo-Hutniczym „Orzeł Biały”. Zakres tej eksploatacji obejmował:

- Część wschodnią filara ochronnego, gdzie do 1964 roku wybierano 2 warstwy o wysokości do 4,5 m, na głębokości 75 m, gdzie robry wypełniano podsadzką utwardzoną.
- Część północno-wschodnią filara ochronnego, gdzie eksploatację prowadzono na głębokości około 100 m, na wysokość 3,5 m, z podsadzką utwardzoną i płynną. Eksploatację zakończono w 1974 roku, a likwidację wyrobisk poziomych i szybków – w 1979.
- Lokalnie w centrum, gdzie eksploatowano z podsadzką hydrauliczną złożo występujące w formie gniazd na głębokości około 50 m. prowadzono ją na wysokość 2,5 m, pasami o szerokości 7,0 m, przedzielonymi pasami calizny o szerokości 3,5 m, były to eksploatacje prowadzone w latach sześćdziesiątych ubiegłego stulecia.

Z przeprowadzonych w 1984 roku analiz wynika, że po likwidacji pustek przez podsadzenie zrobów, w śródmieściu Bytomia nie występuje zagrożenie deformacjami typu zapadliskowego, związanych z podbieranymi wyrobiskami po eksploatacji rudnej [7].

4.2. Eksploatacja złoża węgla kamiennego

Filar ochronny dla miasta został głównie wyznaczony w obszarach górniczych dwóch kopalni, północna część to ob-

szar kopalni „Centrum” a południowa – kopalni „Szombierki”. Na wschodzie i na południowo-wschodnim obrzeżu w nieznacznym zakresie obejmował obszar górniczy kopalni „Rozbark” (rys. 1 ÷ 3).

W późniejszym okresie nazwy kopalń ulegały zmianie. Były one łączone i wydzielano z nich części, które zazwyczaj podlegały likwidacji. Dla przejrzystości, w dalszej części artykułu stosowane są zazwyczaj pierwsze nazwy kopalń. Wyjątkiem jest aktualna sytuacja, gdyż eksploatację w filarze i jego sąsiedztwie prowadziła kopalnia „Bobrek-Centrum”, a jej obszar górniczy obejmuje północną część filara.

Wśród zmian, jakie nastąpiły w trakcie eksploatacji w filarze ochronnym śródmieścia Bytomia należy wymienić:

- 1950 – zmiana nazwy kopalni „Centrum” na „Dymitrow”,
- 1990 – przywrócenie nazwy „Centrum”,
- 1993 – połączenie kopalń „Centrum” i „Szombierki” i utworzenie kopalni „Centrum-Szombierki”,
- 1999 – rozpoczęcie likwidacji KWK „Centrum-Szombierki” i wydzielenie z niej Zakładu Górniczego „Centrum”,
- 2005 – połączenie kopalń ZG „Centrum” i ZG „BYTOM III” (dawniej KWK „Bobrek”) w jedną kopalnię pod nazwą KWK „Bobrek-Centrum”.

4.2.1. Założenia prowadzenia eksploatacji w filarze ochronnym

Zasady eksploatacji w filarze ochronnym, opracowane na podstawie opinii *W. Budryka* i *S. Knothego*, były następujące [2]:

- Stosowanie dobrej podsadzki, zapewniającej współczynnik eksploacyjny $a = 0,12$.
- Utrzymanie deformacji powierzchni, co najwyżej II kategorii terenu górniczego, a graniczne dopuszczalne wartości odkształceń poziomych powinny wynosić $\pm 3,0$ mm/m. Żeby odkształcenia poziome powodowane eksploatacją jednego pokładu lub warstwy były minimalizowane, należało tak dobierać odległości między frontami, aby nie następowało niekorzystne ich sumowanie się.
- Równomierna eksploatacja w rejonie granicy kopalń „Szombierki” i „Dymitrow”. Różnica liczby wybieranych pokładów nie większa niż 2, a odkształcenia poziome nad granicą nie większe od $\pm 3,0$ mm/m.

- Wybieranie bez pozostawienia resztek.

Eksploatację planowano prowadzić w trzech etapach (rys. 3):

1. W etapie I kopalnia „Szombierki” miała eksploatować pokłady w skrzydle południowym niecki geologicznej (w części południowej filara ochronnego), w kierunku na wschód i zachód, do poziomu eksploatacyjnego (wyrobisk udostępniających) 510 m.
2. W etapie II kopalnia „Szombierki” miała eksploatować z głębszych poziomów (w dnie niecki geologicznej – w części środkowej filara), od granicy z kopalnią „Centrum” do zrobów po eksploatacji w etapie I, również w kierunku na wschód i zachód.
3. W etapie III eksploatację w północnej części filara miała prowadzić kopalnia „Centrum”, a w części środkowej – kopalnia „Szombierki”.

4.2.2. Realizacja eksploatacji złoża węgla kamiennego

W etapie I, od 1950 roku kopalnia „Szombierki” prowadziła eksploatację w skrzydle południowym niecki w pokładach 414/3, 417, 419, 501, 504 i 507, w układzie poprzecznym, w kierunku zachodnim i wschodnim, z podsadzką hydrauliczną. Sumaryczna grubość wybranych pokładów wynosiła $16,0 \div 17,4$ m. Rozpoczęcie eksploatacji w południowej części filara i rozprzestrzenienie się jej ku północy zapewniało zachowanie istniejących spadków kanalizacji miasta i jej prawidłowe funkcjonowanie.

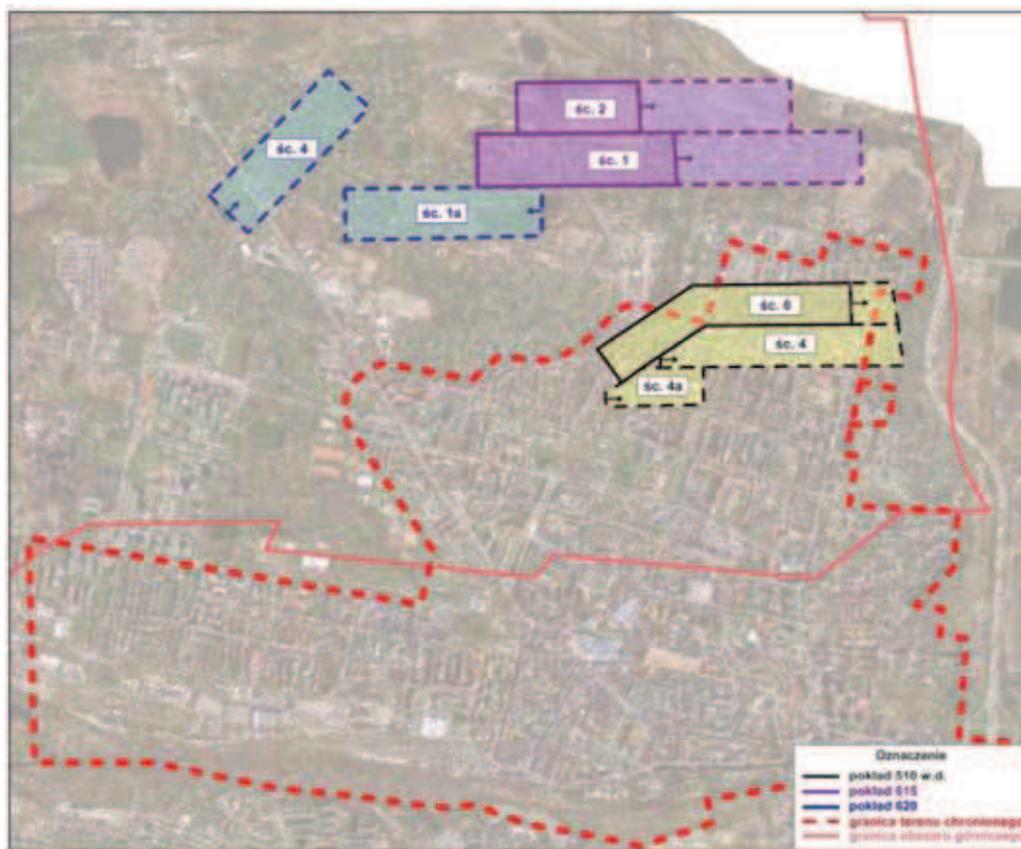
Etap II eksploatacji podsadzkowej rozpoczęła kopalnia „Szombierki” w części środkowej filara, w pokładzie 417 o średniej grubości 2,0 m, podobnie kopalnia „Centrum” w pokładzie 417 w 1962 roku od granicy z kopalnią „Szombierki” w kierunku północno-wschodnim.

Etap III. W części południowej przedmiotem eksploatacji były pokłady 412/3, 414/1 i dwie warstwy pokładu 509/510. Podczas eksploatacji pokładu 504 w części dennej niecki geologicznej na całą grubość, rozpoczętej w 1963 r., z uwagi na pojawiające się zagrożenie tapaniami zmieniono system eksploatacji. W pierwszej kolejności wybrano górną warstwę z podsadzką hydrauliczną na wysokość 2,2 m, a następnie warstwę dolną. Pomimo tego w 1970 roku, w ramach profilaktyki przeciwtapaniowej konieczne było zatrzymanie eksploatacji pokładu 504 i przystąpienie do eksploatacji kolejnego pokła-



Rys. 3. Schemat eksploatacji w filarze ochronnym miasta Bytomia według założeń z 1950 r. [2]

Fig. 3. Diagram of exploitation in safety pillar of Bytom city according to the principles from 1950 [2]



Rys. 4. Eksploatacja kopalni „Bobrek-Centrum” prowadzona i projektowana w okresie 2012÷2014
 Fig. 4. Designed and conducted exploitation of “Bobrek-Centrum” mine in the period 2012÷2014

du 507 na wysokość 2,2 m z zawalem stropu (1976 ÷ 1980). W 1975 roku kopalnia „Szombierki” w najgłębszej części niecki geologicznej, od 850 m do 900 m, podjęła eksploatację górnej warstwy pokładu 509/510 z zawalem stropu na wysokość 1,8 m. Kopalnia „Centrum” kolejno eksploatowała pokłady 418, 419, 501 i 414/1 z podsadzką hydrauliczną. W 1976 roku, podczas eksploatacji pokładu 507 nastąpiła zmiana systemu kierowania stropem. Eksploatowano na przemian ścianami z podsadzką hydrauliczną i zawalem stropu.

W okresie od 1979 do 2004 roku eksploatację w filarze ochronnym w nieznacznym zakresie prowadziła kopalnia „Rozbark” (późniejszy Zakład Górniczy „Bytom II”).

Największa sumaryczna miąższość wybranych pokładów wynosi do 29 m, w części południowej, gdzie eksploatowano z podsadzką hydrauliczną. W części środkowej miąższość kształtowała się od 18,5 m (część zachodnia) do 23,0 m (część wschodnia). Na kopalni „Centrum” sumaryczna miąższość wynosiła od 12,4 m na południu do 19,0 m na północy. W 1999 roku w związku z likwidacją części kopalni „Centrum-Szombierki”, zakończono eksploatację w obszarze górniczym kopalni „Szombierki”. Zmieniono też przebieg południowej granicy obszaru górniczego kopalni „Centrum” (rys. 4).

Poza filarem ochronnym, na północny zachód i na północ, wyeksploatowano złoża o sumarycznej miąższości około 50 m, głównie z zawalem stropu.

Głębokość eksploatacji była największa w części dennej niecki geologicznej, gdzie dochodziła do 900 m, (południowo-zachodnia część filara). Eksploatowane pokłady najpłycej zalegały w części południowej filara – na głębokości od 200 m oraz w części północno-wschodniej od 330 m.

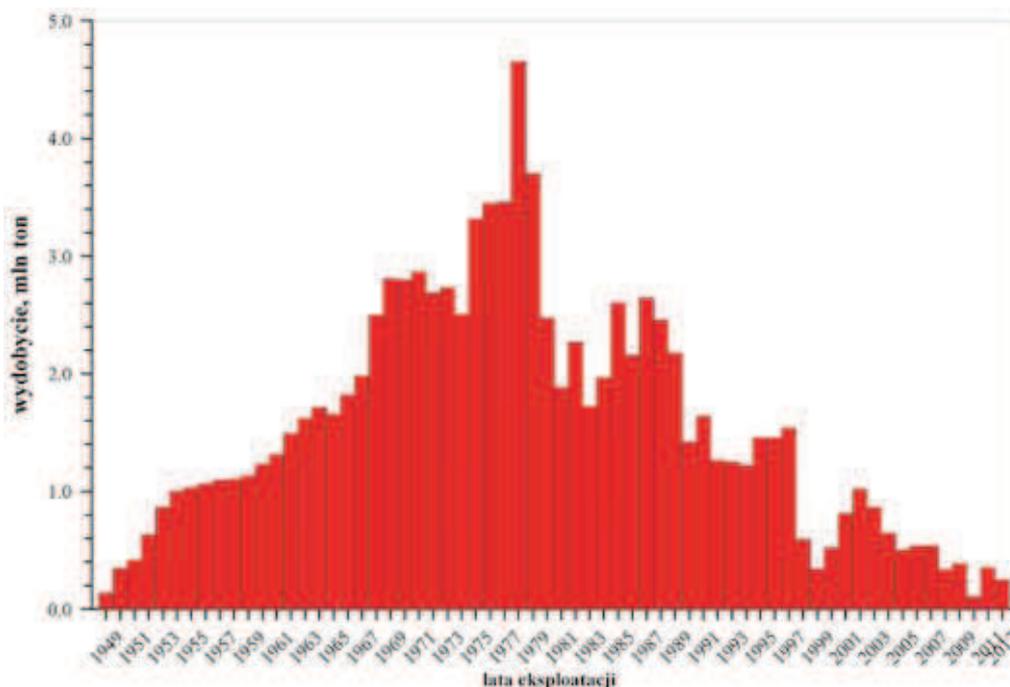
W latach 2007÷2010 na północny zachód od terenu chronionego miasta kopalnia „Bobrek-Centrum” eksploatowała

z zawalem stropu pokład 620, na wysokość 1,8 m, na głębokości 760 ÷ 860 m, nieznacznie naruszającym filar ochronny. Od 2012 roku eksploatuje z zawalem stropu pokład 615, na wysokość 1,8 m, na głębokości 630 ÷ 730 m, rys. 4. Aktualnie, 2014 r., w filarze ochronnym kopalnia „Centrum” eksploatuje jedną ścianą nr 4 z podsadzką hydrauliczną w dolnej warstwie pokładu 510, (rys.4).

Największe wydobycie z filara ochronnego było w latach 1975÷1979, rocznie 3,3 ÷ 4,6 mln ton, (rys. 5). W tym okresie kopalnia „Szombierki” eksploatowała pokłady zagrożone tąpnięciami. Od 1997 r. i później od 2002 r. wydobycie wyraźnie zmniejszało się. W ostatnich pięciu latach (2008÷2013) wydobycie wahało się od 106 tys. do 387 tys. ton/rok (rys. 5). W 2013 r. kopalnia „Bobrek-Centrum” wydobyla sumarycznie na dwu ruchach 1 519 tys. ton węgla, a z filara dla średnicy 341 tys. ton. Oznacza to, że wydobycie z filara ochronnego średnicy stanowi część jej całkowitego wydobywania. Z filara ochronnego dla średnicy Bytomia do końca 2013 roku wyeksploatowano nieco ponad 101 mln ton węgla kamiennego.

Prowadzona eksploatacja ścianą 4 z podsadzką hydrauliczną pokładu 510 w warstwie dolnej zostanie zakończona w pierwszym kwartale 2015 r. Planowana wcześniej (w 2012 r.) eksploatacja kolejnej ściany 4a z podsadzką nie będzie prowadzona. Eksploatacje ścianami 1 i 2 w pokładzie 615, ścianą 1 nieznacznie naruszającą w pokładzie filar ochronny dla średnicy, została zakończona w grudniu 2013 r.

Poza filarem ochronnym kopalnia rozpoczęła w 2014 r. eksploatację z zawalem stropu ścianą 4 w pokładzie 620, w którym będzie kontynuowana, jednak pod terenami niezabudowanymi, na północny-zachód od średnicy Bytomia (rys. 4). Planowana eksploatacja ściany 1a z zawalem stropu z uwagi na uwarunkowania geologiczne, nie będzie prowadzona.



Rys. 5. Wydobycie z filara ochronnego dla śródmieścia Bytomia

Fig. 5. Extraction from safety pillar for the city centre of Bytom

Reasumując, z początkiem 2015 r. eksploatacja górnicza w filarze ochronnym dla śródmieścia Bytomia będzie zakończona!

5. Deformacje powierzchni

5.1. Pomierzone deformacje na terenie chronionym

Na terenie chronionym śródmieścia Bytomia prowadzi się dwa razy w roku, pomiary wysokościowe i długości na liniach wzdłuż głównych ulic. Ostatnią serię, objętą analizą, wykonano w listopadzie 2012 roku. Wyniki pomiarów są każdorazowo opracowane w postaci map izolinii obniżenia i wykresów odkształceń poziomych.

Dokonana eksploatacja górnicza spowodowała na terenie chronionym powstanie niecki o maksymalnym obniżeniu 7 m (rys. 6), które występuje w części centralnej. Większe obniżenia poza terenem chronionym są spowodowane pozafilarną eksploatacją górnica. W ostatnim półroczu 2013 r. przyrost obniżenia w śródmieściu był nieznaczny, wynosił do 0,06 m.

Odształcenia poziome w śródmieściu Bytomia dokumentuje się od około 60 lat. Przy czym wyniki pomiarów, od 30 lat przedstawia się na wykresach za okres ostatnich 10 lat [2]. Zasadę tę wprowadzono wychodząc z założenia, że o ile obiekt nie uległ trwałemu odkształceniu lub uszkodzeniu, to oddziaływanie deformacji zanika z czasem w całości lub częściowo. W okresie od listopada 2002 roku do listopada 2012 roku wartości pomierzone odkształceń poziomych generalnie kształtowały się w granicach od -0,8 do +1,3 mm/m, czyli nie przekroczyły dopuszczalnych dla I kategorii terenu górniczego. Przyrosty półroczne odkształceń poziomych w ostatnich dwóch latach były rzędu $\pm 0,3$ mm/m.

Prowadzenie eksploatacji w większym zakresie poza filarem ochronnym na północny-zachód i na północ od jego granicy, generalnie w terenie niezabudowanym, spowodowało, że obliczone teoretycznie obniżenia poza terenem chronionym wynoszą około 30 m (rys. 8).

5.2. Parametry teorii wyznaczone na podstawie pomierzonych obniżenia

Deformacje powierzchni w obrębie terenu chronionego i poza nim są analizowane w Głównym Instytucie Górnictwa i na Politechnice Śląskiej, także w celu korygowania parametrów teorii *Knotheho-Budryka*, stosowanej do prognozowania deformacji.

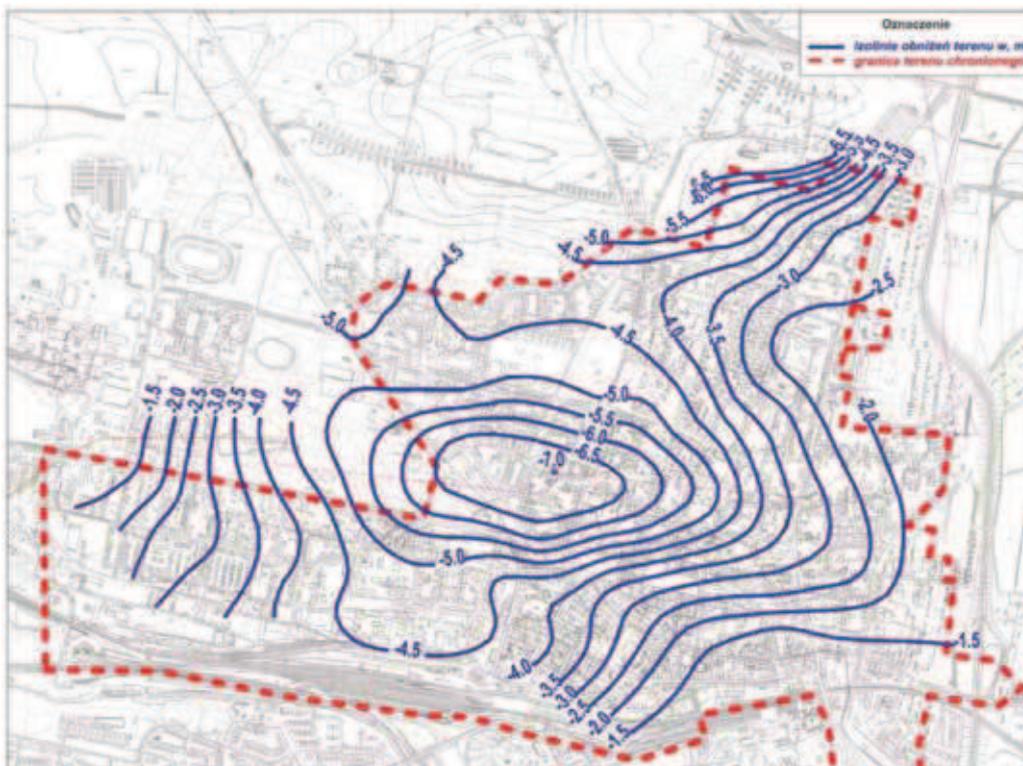
Z wyników pomiarów obniżenia spowodowanych eksploatacją z podsadzką hydrauliczną pokładu 414/1 w latach 1999÷2006 wyznaczono parametry teorii. Eksploatacja ta spowodowała powstanie niecki, z największym obniżeniem 475 mm. Nieckę charakteryzuje duża wartość obrzeża eksploatacyjnego oraz współczynnik eksploatacyjny $a = 0,23$.

Wyznaczony parametr górotworu $tg\beta$ wynosił około jedności, co może wynikać z uwzględnienia w dopasowaniu tzw. obrzeża eksploatacyjnego i oddziaływania na analizowane punkty eksploatacji zewnętrznej. Do prognozowania deformacji spowodowanych eksploatacją z podsadzką stosowano wartość $tg\beta = 1,5$, a współczynnika eksploatacyjnego $a = 0,25$. Pozwalało to uzyskać wyniki obliczeń wskaźników deformacji charakteryzujące się większym stopniem pewności.

5.3. Deformacje obliczone, matematycznie modelowane

W celu pełniejszej oceny wpływu dokonanej eksploatacji na śródmieście Bytomia wykonano obliczenia deformacji, tzw. re prognozę, albo modelowanie matematyczne. Obliczenia dokonano wzorami teorii *Knotheho-Budryka* przy zastosowaniu programu Szkoły wer.5.0, autorstwa E. Jędrzejca, dla następujących wartości parametrów teorii: współczynnika eksploatacyjnego dla podsadzki $a=0,25$, dla zawalu stropu od $a=0,6$ do $a=0,9$, a parametr górotworu od $tg\beta = 1,5$ do $tg\beta = 2,0$. W obliczeniach uwzględniono wpływy eksploatacji dokonanej w sąsiedztwie filara ochronnego oraz sumowanie się deformacji w ujęciu chronologicznym (narastanie deformacji w czasie), a także wpływ nachylenia warstw karbońskich.

Wyniki obliczeń w postaci izolinii ekstremalnych wskaźników deformacji przedstawiono na rysunkach 8÷11, na których znajdują się kolejno obniżenia, nachylenia, odkształcenia



Rys. 6. Izolinie pomierzonych obniżień terenu chronionego śródmieścia Bytomia za okres lat 1949÷2012
 Fig. 6. Isolines of measured subsidence for the protected area of the city centre of Bytom for the years 1949÷2012



Rys. 7. Wykresy pomierzonych odkształceń poziomych za okres lat 2002÷2012
 Fig. 7. Graphs of measured horizontal strains for the years 2002÷2012

poziome o charakterze rozciągania (tzw. maksymalne) i odkształcenia poziome o charakterze ściskania (tzw. minimalne). Z rysunków tych wynika, że:

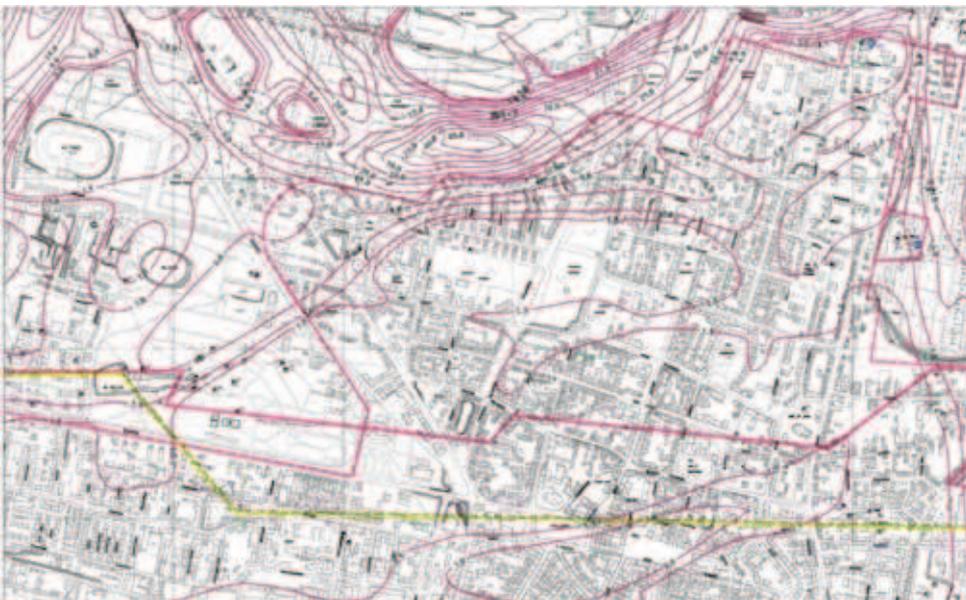
- Obniżenia w granicach terenu chronionego dla śródmieścia wynoszą do 7,0m, a przy północnej granicy terenu chronionego 4,0÷6,0 m, na północ od granic terenu chronionego w terenie niezabudowanym obniżenia wynoszą około 30,0 m. Zarówno jakościowo i ilościowo obliczone obniżenia w obrębie terenu chronionego dla śródmieścia są analogiczne jak pomierzone przedstawione na rysunku 6.
- Maksymalne nachylenia w granicach terenu chronionego wynoszą na znacznej powierzchni od 2,5 do 5,0 mm/m, przy północnej granicy terenu chronionego do 10 mm/m.
- Poza terenem chronionym, w terenie niezabudowanym, nachylenia przekraczają 15 mm/m.
- Zakładając sumowanie się odkształceń poziomych w rejonach krawędzi eksploatacyjnych maksymalne (rozciągające) odkształcenia poziome w granicach terenu chronionego wynoszą od +1,5 do +3,0 mm/m, przy czym przy północnej granicy terenu chronionego wynoszą około +9,0 mm/m. Poza terenem chronionym, w terenie niezabudowanym, odkształcenia poziome przekraczają +15mm/m.
- Odkształcenia poziome minimalne (ściskające) w granicach terenu chronionego wynoszą do -3,0 mm/m. Poza terenem chronionym, w terenie niezabudowanym odkształcenia poziome są znaczne, przekraczają |-15|mm/m.



Rys. 8. Obliczone obniżenia powierzchni
Fig. 8. Calculated area subsidence



Rys. 9. Obliczone maksymalne nachylenia terenu
Fig. 9. Calculated maximum area tilt



Rys. 10. Obliczone maksymalne odkształcenia poziome (o charakterze rozciągania) terenu
Fig. 10. Calculated maximum horizontal strains (loosening) of the area



Rys.11. Obliczone minimalne odkształcenia poziome (o charakterze ściskania) terenu
 Fig. 11. Calculated minimum horizontal strains (compression) of the area

6. Wstrząsy górotworu

W miarę rozwoju eksploatacji w filarze, głównie w partii dennej niecki bytomskiej i zwiększenia się wybranych przestrzeni w pokładach siodłowych zaczęło narastać zagrożenie wstrząsami, które generowały również tąpnięcia, szczególnie w latach 1979÷1982. W dniu 4.06.1982 r. wystąpił największy wstrząs pod śródmieściem, o energii $9 \cdot 10^8$ J [9]. Dlatego w rejonach szczególnie zagrożonych tąpnięciami odstępowano od zasady prowadzenia eksploatacji z podszadką hydrauliczną. Ale przede wszystkim zmniejszono w istotnym zakresie wydobywanie z filara ochronnego (rys. 4).

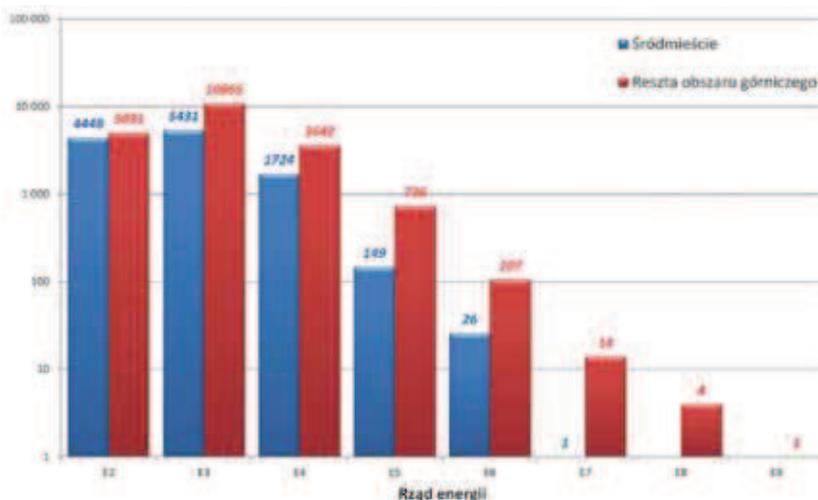
Wykaz ilościowy energii wstrząsów w ostatnim dziesięcioleciu dla eksploatacji w filarze ochronnym i obszaru górniczego kopalni „Bobrek-Centrum” przedstawiono na rysunku 12. W ostatnim dziesięcioleciu liczba wstrząsów wysokoenergetycznych zmalała, co związane jest głównie

z ograniczeniem wydobywania. Wystąpił tylko jeden wstrząs o energii rzędu 10^7 J, podczas gdy na pozostałej części obszaru górniczego wystąpiło 14 wstrząsów.

Na powierzchni jest prowadzona rejestracja drgań, w ostatnich kilku latach na czterech stanowiskach pomiarowych: w Bytomiu i jednym w Piekarach Śląskich. Największe zarejestrowane wartości przyspieszeń drgań powierzchni drgań wynoszą 312 mm/s^2 . Czasy trwania drgań najczęściej wynoszą $1,5 \div 3,0$ s. Według skali GSI-GZW_{KW} drgania te odpowiadają skutkom będącym na granicy I i II stopnia.

7. Szkody powodowane deformacjami i wstrząsami górniczymi

Zabudowę kubaturową śródmieścia w obrębie terenu chronionego tworzą głównie wielorodzinne budynki mieszkalne



Rys. 12. Liczba wstrząsów rejestrowanych w granicach filara ochronnego dla śródmieścia i na obszarze górniczym kopalni „Bobrek-Centrum” w latach 2002÷2012
 Fig. 12. Number of registered mining tremors within the boundaries of safety pillar for the city centre and within the mining area of “Bobrek-Centrum” mine in the period of 2002÷2012

wraz z obiektami użyteczności publicznej. Do większych i najważniejszych obiektów użyteczności publicznej należą:

- Kościół Rzymsko-Katolicki pod wezwaniem św. Barbary przy ul. Chełmońskiego,
- Państwowe Szkoły Budownictwa w Katowicach – Zespół Szkół w Bytomiu oraz Centrum Kształcenia Ustawicznego im. Wojciecha Korfańskiego przy ul. Powstańców Śląskich,
- Zespół Szkół Ogólnokształcących Nr 3 przy ul. Powstańców Śląskich,
- Zespół Szkół Nr 6 przy ulicy Orłąt Lwowskich,
- Szpital Górniczy przy al. Legionów.

Dominującą część zabudowy stanowią stare budynki, wzniesione na początku XX wieku i w okresie międzywojennym. Większość starych budynków mieszkalnych jest usytuowana w zabudowie zwartej, tworząc tzw. ciągi uliczne. Wiele z nich tworzy rozległe kompleksy zabudowy w kształcie czworoboków zamkniętych, z oficynami i przybudówkami wewnątrz. Budynki w ciągach ulicznych często nie mają przerw dylatacyjnych. Niektóre z nich mają wspólne ściany szczytowe lub były dobudowywane na styk do już istniejących. Budynki użyteczności publicznej to przeważnie obiekty wolnostojące, jedno- lub wielosegmentowe. Stare budynki mieszkalne i użyteczności publicznej, w większości zostały wzniesione w technologii tradycyjnej i posiadają: fundamenty kamienne lub ceglane, ściany murowane z cegły z nadprożami ceglanymi, stropy piwnic ceramiczne, sklepione, stropy kondygnacji mieszkalnych drewniane i dachy drewniane. Budynki nowsze to przeważnie obiekty o konstrukcji tradycyjnej ulepszonej. Niektóre z nich zostały zaprojektowane z uwzględnieniem wpływów eksploatacji górniczej. Zabudowie kubaturowej na powierzchni towarzyszy infrastruktura techniczna.

W latach 1979÷1982, na skutek wysokoenergetycznych wstrząsów wystąpił problem uszkodzeń obiektów na powierzchni. Wówczas w trybie pilnym wykonano remonty uszkodzonych obiektów i zabezpieczono zagrożone elementy (kominy, sztukaterie na elewacji, pokrycia dachów).

W ostatnim dziesięcioleciu deformacje powierzchni i wstrząsy górotworu spowodowały uszkodzenia obiektów na powierzchni, w szczególności starych budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej. Większość z nich wykazuje dość znaczne naturalne zużycie elementów konstrukcji i wykończenia. Wiele budynków jest bardzo zaniedbanych. W niektórych widoczne są także stare, nieusunięte uszkodzenia w postaci zarysowań i pęknięć ścian, ceglanych sklepień i tyńku stropów drewnianych. Wpływy eksploatacji górniczej spowodowały intensyfikację istniejących uszkodzeń. Największe, w postaci pęknięć ścian o rozwarości do 20 mm są obecnie widoczne w niektórych budynkach przy ulicach Rudzkiego, Piekarskiej, Woźniaka, Mickiewicza i Witeczaka. W pozostałych uszkodzenia tego typu mają charakter pojedynczych rys o rozwarości do 3 mm.

Pomimo przystosowania infrastruktury komunikacyjnej, wodociągowo-kanalizacyjnej, energetycznej i ciepłowniczej do przejęcia deformacji występowały awarie, uszkodzenia i uciążliwości dla mieszkańców.

W celu zapewnienia bezpiecznego przejęcia przez obiekty zabudowy powierzchni wpływów projektowanej eksploatacji górniczej prowadzone są doraźne prace naprawcze i zabezpieczające. Ważniejsze obiekty kubaturowe, w tym niektóre ciągi zwartej zabudowy mieszkaniowej, są objęte nadzorem budowlanym, przez specjalistów budowlanych w trakcie ujawniania się deformacji.

Wszystkie gazociągi w czasie ujawniania się wpływów eksploatacji górniczej są, w uzgodnieniu z ich zarządcą, objęte dodatkowymi obchodami kontrolnymi, w szczególności gazociągi stalowe. Awaryjne w obiektach infrastruktury technicznej są usuwane na bieżąco.

8. Ocena dokonanej eksploatacji w aspekcie zgodności z założeniami

Pierwszą ocenę eksploatacji w filarze ochronnym przedstawił w 1977 roku prof. S. Knothe [1], stwierdzając, że szereg trudności zaburzyło realizację założoną koncepcją eksploatacji. Były to następujące problemy:

- a. Znaczne opóźnienie otwarcia przez kopalnię „Szombierki” głębszych poziomów eksploatacyjnych, co powodowało prowadzenie eksploatacji głównie do poziomu 510 (rys. 2) a także zwiększenie liczby wybieranych pokładów i przejściowe usytuowanie na tym poziomie większej liczby granic parcel eksploatacyjnych. Przy mniejszych od zakładanych odległościach między nimi w pasie równoległym do poziomu 510 wystąpiły odkształcenia większe od przewidywanych.
- b. W południowym skrzydle niecki, w obszarze jej przegięcia (rejon poniżej poziomów eksploatacyjnych 510 i 630), trudne było utrzymanie stropu i wyrobisk, co skutkowało pozostawianiem niewybranych partii pomiędzy poziomem 510 a eksploatacją prowadzoną z niższych poziomów. Likwidacja tych resztek postępowała bardzo wolno, w części nie udało się ich zlikwidować.
- c. Złe warunki eksploatacyjne w zachodniej części filaru ochronnego dla miasta, poniżej poziomu 510 doprowadziły do opóźnienia eksploatacji w tej partii.
- d. Zagrozenia tapaniami powodowały konieczność zmiany kolejności eksploatacji części pokładów oraz wybranie pewnych partii pokładów z zawałem stropu.

W 1993 roku kolejną ocenę prowadzenia eksploatacji w filarze ochronnym śródmieścia Bytomia przedstawili R. Ogłodek i T. Zygałowicz [7]. Po okresie wystąpienia wstrząsów wysokoenergetycznych stwierdzili, że:

- Podjęcie eksploatacji w filarze śródmieścia było przedsięwzięciem trudnym i ryzykownym. Notowano pozytywne doświadczenia, niestety były także i negatywne.
- Eksploatacja powodowała uciążliwości w życiu miasta i jego mieszkańców, co wynikało w części z tego, że zabudowa była stara i mało odporna na wpływy górnicze.

Po 1993 roku problemy nie zmniejszyły się, pomimo, że kopalnie zaczęły ograniczać wydobycie, odstępując od eksploatacji niektórych pokładów w partii środkowej, a także ograniczając wydobycie w północnej części filaru ochronnego.

Obecnie (2014r.) w filarze ochronnym jest prowadzona jedna ściana z podszatką hydrauliczną, przyrosty deformacji powierzchni i jej oddziaływanie na zagospodarowanie powierzchni są nieznaczne, mimo tego opinia mieszkańców jest krytyczna dla eksploatacji górniczej. Na ocenę eksploatacji pod śródmieściem mają z pewnością wpływ doświadczenia związane z usuwaniem dawnych szkód w obrębie śródmieścia i w jego sąsiedztwie.

9. Wnioski

1. Wydobycie węgla kamiennego w polskim górnictwie z filarów ochronnych pod terenami zabudowanymi jest ograniczane. Podobnie jest w kopalni „Bobrek-Centrum”, w której w ostatnich dziesięciu latach wydobycie z filara ochronnego dla śródmieścia Bytomia zmniejszyło się w sposób zasadniczy, w ostatnich pięciu latach z 1mln/rok do maksymalnie 0,4 mln/rok. Z początkiem 2015 r. eksploatacja w filarze ochronnym dla śródmieścia zostanie zakończona.
2. Stan zabudowy i uzbrojenia powierzchni śródmieścia oraz dotychczasowe wpływy powodują, że nawet małe przyrosty deformacji na terenie chronionym i generowane

przez eksploatację wstrząsy są zauważalne dla użytkowników powierzchni i stanowią dla nich uciążliwość. Z tego powodu w trakcie prowadzenia eksploatacji górniczej prowadzone są naprawy szkód, obserwacje oraz nadzór budowlany, których celem jest eliminowanie zagrożenia dla bezpieczeństwa użytkowania obiektów na powierzchni.

3. Kopalnia „Bobrek-Centrum” eksploatuje w złożonych warunkach geologicznych i górniczych (zagrożenia tapaniami i pożary) oraz ochrony powierzchni, dlatego prowadzi eksploatację zarówno z zawałem stropu i podsadzką hydrauliczną. W filarze ochronnym dla śródmieścia, gdzie zalega węgiel kamienny, o dobrej jakości, prowadzi eksploatację z podsadzką hydrauliczną. Eksploatację z zawałem stropu prowadzi poza terenem chronionym dla śródmieścia. Dzięki temu możliwe jest prowadzenie eksploatacji górniczej, która może sprostać wymogom gospodarki rynkowej, jeśli chodzi o produkt końcowy. Ponadto kopalnia w ramach podjętej strategii powiększyła obszar górniczy, wychodząc poza zwartą aglomerację miejską. To również przyczynia się do ograniczenia deformacji w terenach zabudowanych. Selektowność i dekoncentracja, a także przygotowanie powierzchni na prognozowane deformacje i wstrząsy są zasadą prowadzonej i projektowanej eksploatacji kopalni.

4. Ocenę eksploatacji z filara ochronnego pod terenami zabudowanymi, nie tylko miasta Bytomia, można dokonać w dwóch aspektach:

- efektów ekonomicznych – działalność kopalni powinna być rentowna
- ochrony powierzchni terenów górniczych – ich mieszkańcy nie chcą uciążliwości powodowanych działalnością górniczą, więc należy je minimalizować.

Dlatego szczególnie ważnym jest współdziałanie urzędów górniczych, władz miast i kierownictwa kopalń w zakresie zapobiegania powstawaniu szkód i naprawy uszkodzonych obiektów. Problem eksploatacji pod Bytomiem obecnie jest głównie problemem społecznym (ograniczenie bezrobocia w Bytomiu, oraz uciążliwości szkód dla jego mieszkańców), dlatego czasami jest wykorzystywany dla celów politycznych.

Literatura:

1. *Knothe S.*: Założenia, dorobek poznawczy i praktyczny w zakresie ochrony powierzchni i eksploatacji w filarach ochronnych na przykładzie eksploatacji pod miastem Bytomiem. Zbiór referatów Sesji naukowo-technicznej z okazji wydobycia 50 mln tony węgla z filara ochronnego pod miastem Bytom. Bytom 1978
2. *Knothe S.*: Eksploatacja górnicza w filarze ochronnym dla miasta Bytomia. W. Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi. Wyd. Śląsk . 1980, str. 452-457
3. *Kociela W., Krajewski K., Baciński M.*: Przebieg działalności górniczej, jej aktualny stan i perspektywy na tle warunków geologiczno-górniczych. Zbiór referatów Sesji naukowo-technicznej z okazji wydobycia 50 mln tony węgla z filara ochronnego pod miastem Bytom. Bytom 1978
4. *Kulczycki Z., Zgraja Z.*: Eksploatacja górnicza pod terenami chronionymi w 1996r. Bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w górnictwie. Miesięcznik Wyższego Urzędu Górniczego. Nr 11 (39). 1997
5. *Lejczak W.*: Geneza i podstawy oraz gospodarczo-społeczne rezultaty eksploatacji górniczej pod miastem Bytom. Zbiór referatów Sesji naukowo-technicznej z okazji wydobycia 50 mln tony węgla z filara ochronnego pod miastem Bytom. Bytom 1978
6. *Naglik W.*: Doskonalenie techniczno-organizacyjnych warunków prowadzenia eksploatacji oraz zasad skutecznej ochrony powierzchni przed szkodami górniczymi dla miasta Bytomia. Zbiór referatów Sesji naukowo-technicznej z okazji wydobycia 50 mln tony węgla z filara ochronnego pod miastem Bytom. Bytom 1978
7. *Ogłodek R., Zygałowicz T.*: Eksploatacja górnicza w obrębie filara ochronnego śródmieścia Bytomia. Bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w górnictwie. Kwartalnik Wyższego Urzędu Górniczego. Nr 3 (7). 1993
8. *Osiecki A., Trzcionka P.*: Obserwacje geodezyjne wpływów eksploatacji pokładów zalegających pod grubą ławą piaskowca. Ochrona Terenów Górniczych nr 80/2. Kwartalnik Wyższego Urzędu Górniczego. 1987.
9. Praca zbiorowa red. J. Kwiatek. Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Wyd. Głównego Instytutu Górnictwa. Katowice 1997
10. *Spyra P.*: Doświadczenia i efekty ochrony obiektów i urządzeń m. Bytomia objętego wpływami wieloletniej eksploatacji górniczej. Zbiór referatów Sesji naukowo-technicznej z okazji wydobycia 50 mln tony węgla z filara ochronnego pod miastem Bytom. Bytom 1978.