



Wykorzystanie systemów automatyki do obserwacji zmian środowiska wodnego i parametrów klimatycznych w rejonie KWB Belchatów

The use of automation systems to observe changes in the water environment and climatic parameters in the region of KWB Belchatow

Mgr inż. Zbigniew Stobiecki *

Treść: W artykule przedstawiono praktyczne aspekty wykorzystania nowoczesnych systemów automatyki wdrożonych w Kopalni Belchatów do kontroli zmian warunków hydrograficznych, hydrogeologicznych i czynników atmosferycznych w otoczeniu wyrobisk eksploatacyjnych. Omówiony został system nadzoru nad parametrami studni odwadniających i piezometrów, monitoring zrzutu wód do sieci hydrograficznej, a także pokazano w jaki obecnie sposób prowadzone są obserwacje w stacji meteorologicznej Chabielice. Dzięki wdrożeniu automatyki do monitoringu środowiska naturalnego pozyskiwane są obecnie ogromne ilości interesujących danych, które po odczytaniu są archiwizowane, a następnie poddawane obróbce w specjalistycznych programach, pozwalających na dokładniejszą ocenę i obserwację zjawisk zachodzących w środowisku naturalnym, a także ich zrozumienie. Wdrożenie do praktycznego użytkowania opisanych w artykule systemów poprawiło pracę kopalni Belchatów poprzez podniesienie efektywności i sprawności użytkowanych dotychczas systemów nadzoru nad środowiskiem. Przełożyło się to z kolei na optymalizację procesu monitoringu środowiska, co w konsekwencji spowodowało zmniejszenie ilości zużytej energii elektrycznej w procesie odwadniania wyrobisk, a także zmniejszenie kosztów osobowo-sprzętowych związanych z obsługą starszego typu urządzeń.

Abstract: The article presents the practical aspects of using modern automation systems implemented in the Belchatow Mine to control changes in hydrographic, hydrogeological and atmospheric conditions in the vicinity of mining excavations. The system of supervision over the parameters of drainage wells and piezometers was discussed, as well as the monitoring of water discharge into the hydrographic network, and the current observations at the Chabielice meteorological station were shown. Thanks to the implementation of automation for environmental monitoring, huge amounts of interesting data are now obtained, which, after reading, are archived and then processed in specialized programs, allowing for a more accurate assessment and observation of phenomena occurring in the natural environment, as well as their understanding. The implementation for practical use of the systems described in the article improved the work of the Belchatów mine by increasing the effectiveness and efficiency of the environmental supervision systems used so far. This, in turn, translated into the optimization of the environmental monitoring process, which in turn resulted in a reduction in the amount of electricity used in the process of drainage of excavations, as well as a reduction in personnel and equipment costs related to the operation of older types of devices.

Słowa kluczowe:

monitoring, automatyka, lej depresji, zrzut wód kopalnianych, eksploatacja górnicza, studnia odwadniająca, piezometr, czynniki klimatyczne

Keywords:

monitoring, automation, depression cone, mine water discharge, mining exploitation, drainage well, piezometer, climatic factors

1. Wprowadzenie

Monitoring środowiska naturalnego polega na prowadzeniu w wybranych, charakterystycznych punktach obserwacyjnych powtarzalnych pomiarów i badań stanu (głębokości zalegania) zwierciadła wód podziemnych i innych elementów klimatycznych oraz interpretacji ich wyników w aspekcie ochrony środowiska wodnego. Celem monitoringu wód podziemnych jest wspomaganie działań zmierzających do likwidacji lub ograniczenia ujemnego wpływu czynników antropogenicznych na wody podziemne. Kopalnia Węgla Brunatnego Belchatów od początku swojej działalności

prowadzi szczegółowy monitoring środowiska naturalnego w zakresie gospodarki wodnej i zmian klimatycznych w rejonie zlewni Widawki.

2. Sposób odwadniania złoża

System odwodnienia wyrobisk Kopalni „Belchatów” przy pomocy studni wielkośrednicowych odwierconych w liniach barier wzdłuż północnej i południowej granicy wyrobiska został dostosowany do budowy geologicznej złoża oraz występowania i zasobności utworów wodonośnych w jego otoczeniu. Dodatkowymi czynnikami uwzględnionymi przy wyborze systemu odwadniania były: rozmiary wyrobisk górniczych, ich powierzchnie i relatywnie duże głębokości.

*) PGE GiEK SA O/KWB Belchatów

Główną zasadą odwodnienia wyrobisk w KWB Bełchatów jest obniżenie zwierciadła wód podziemnych w poszczególnych kompleksach wodonośnych z wyprzedzeniem czasowym co najmniej jednorocznym w stosunku do udostępnianych poziomów górniczych. Wody pochodzące z odwodnienia wgłębnego kierowane są do rowów i kanałów na powierzchni terenu, którymi odprowadzane są do rzeki Widawki bezpośrednio lub przez jej dopływy. Wody z odwodnienia powierzchniowego po oczyszczeniu zrzucają się również do tej rzeki. System rowów i kanałów na powierzchni terenu obejmujący praktycznie cały obwód wyrobiska pełni również rolę ochronną przed dopływem do wyrobiska wód opadowych ze zlewni. (Motyka i in. 2007). W ujęciu hydrograficznym średnio w roku 2019 zrzuty wód kopalnianych z odwodnienia Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów” odprowadzane były do:

- rzeki Widawka powyżej zbiornika Słok - 56 m³/min
 - do Kanału Struga Żłobnicka - 51 m³/min
 - rowu Struga Aleksandrowska - 67 m³/min
 - do Krasówki - 208 m³/min.
- (Stachowicz i in. 2019).

3. Zagrożenia dla środowiska wodnego

Odwodnienie złoża, niezbędne dla zapewnienia bezpiecznych warunków eksploatacji górniczej może mieć wpływ na środowisko wód podziemnych i powierzchniowych przejawiające się zmianami w stosunkach hydrodynamicznych zarówno w wyrobisku, jak i w jego otoczeniu. Zmiany hydrodynamiczne związane z drenażem wód w obrębie wyrobiska mogą ujawniać się poprzez rozwój leja. Jego zasięg wyznacza izolinia 1,0 m. obniżenia zwierciadła wody w stosunku do położenia naturalnego określonego przed rozpoczęciem pompowania wody. Dynamika rozwoju leja depresji jest uzależniona od następujących czynników:

- wydatku systemu odwodnienia Kopalni,
- budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych terenu otaczającego wyrobisko,
- czynników meteorologicznych - głównie wielkości opadów (Stachowicz i in. 2019).

Rozwój leja depresji może powodować:

- obniżenie ciśnienia podziemnych wód w piętrach i poziomach wodonośnych bezpośrednio odwadnianych;
- obniżenie ciśnienia wód podziemnych w piętrach i poziomach wodonośnych znajdujących się pod wpływem systemu odwadniania, tj. połączonych z formacjami bezpośrednio odwadnianymi;
- zmniejszenie przepływu w ciekach powierzchniowych na skutek malejącego dopływu wód podziemnych i powierzchniowych,
- potencjalne odkształcenia podłoża na skutek odwodnienia górotworu, gdzie dotychczasowe obserwacje prowadzone w KWB Bełchatów wskazują na niewielką intensywność tego zjawiska, a zauważalne deformacje podłoża zachodzą jedynie w bliskim sąsiedztwie wyrobiska górniczego. (Motyka i in. 2007).

4. Monitoring środowiska naturalnego w KWB Bełchatów

W roku 2018 sieć hydrometryczna, na podstawie której prowadzony jest monitoring środowiska naturalnego obejmowała ogółem 29 stacji wodowskazowych, z czego 6 wchodziło w skład sieci podstawowej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB), a pozostałe 23 należały do sieci specjalnej (Stachowicz i in. 2019).

Obserwacje wodowskazowe i obsługa limnigrafów na kanałach i rowach kopalnianych oraz na części stacji na rzekach prowadzona jest przez Dział Odwodnienia Kopalni. Istotnym zagadnieniem badań, umożliwiającym dokładniejszy pomiar ilości zrzutów wód kopalnianych, jest prowadzenie ciągłej rejestracji stanów wody na stacjach limnigraficznych poprzez zainstalowane w roku 2009 przez Kopalnię nowe czujniki pływakowe do pomiaru poziomu wody z rejestratorem cyfrowym. Umożliwiają one rejestrację zmian położenia wody w kanałach, rowach i rzekach z dokładnością 1 cm.

Materiały pomiarowo-obszaryjne ze stacji wodowskazowych na rzekach, kanałach i rowach przekazywane są do IMGW-PIB, gdzie podlegają dalszemu opracowaniu. W profilach wodowskazowych na rzekach, rowach i kanałach wykonywane są okresowo pomiary natężenia przepływu, których zadaniem jest ustalenie relacji stanu wody i przepływu. Aktualnie kontrola przepływu prowadzona jest w 66 profilach (Stachowicz i in. 2019).

Zgodnie z obowiązującym pozwoleniem wodnoprawnym pomiar ilości wód kopalnianych pochodzących z odwadniania Kopalni Bełchatów prowadzony musi być w 19 stacjach wodowskazowych (Stachowicz i in. 2015). W 16 punktach pomiarowych prowadzony jest zapis w sposób ciągły za pomocą elektronicznych rejestratorów cyfrowych, dla pozostałych prowadzone są obserwacje okresowe z częstotliwością 1x dzień.

Pomiary i obserwacje meteorologiczne prowadzone są od lat 80. XX wieku stacji w Rogowcu, wchodzącej w skład sieci specjalnej, pracującej dla potrzeb Kopalni. Stacja ta poprzez ciągłą rejestrację czynników meteorologicznych dostarcza na bieżąco dane dla Kopalni. Dodatkowo od grudnia 2013 roku rozpoczęto prowadzenie pomiarów i obserwacji w stacji meteorologicznej w Chabielicach (Stachowicz i in. 2019).

W zakresie monitoringu środowiska wodnego parametrami, które zostały objęte szczegółową obserwacją są:

a) położenie zwierciadła wód podziemnych

Badania wpływu odwodnienia na środowisko naturalne oceniane jest poprzez pomiary położenia zwierciadła wody w otworach obserwacyjnych. Dzielą się one umownie na piezometry sieci wewnętrznej, służące do kontroli stanu odwodnienia w obszarze odwadniania oraz piezometry sieci zewnętrznej, umożliwiające pomiary w zakresie kształtowania się leja depresji, w tym w szczególności określania zasięgu jego granic. Według stanu na 31.12.2019 r. w KWB Bełchatów znajdowało się:

- studnie głębinowe - 803 sztuk,
- piezometry sieci wewnętrznej - 1077 sztuk,
- piezometry sieci zewnętrznej - 671 sztuk.

W kopalni Bełchatów w 2016 roku zakończył się proces wdrażania monitoringu i automatyzacji całego systemu odwodnienia wgłębnego złoża węgla brunatnego „Bełchatów”.

Projekt ten objął:

- automatyzację 469 studni głębinowych,
- monitoring 1309 piezometrów wewnętrznych i zewnętrznych (Urbański, Stobiecki 2016).

b) wielkości poboru wody z górotworu

Dla prawidłowego funkcjonowania systemu studziennego od początku eksploatacji wykonuje się pomiary wydajności i wywołanej depresji w każdej eksploatowanej studni odwadniającej. Poprawność i dokładność tych pomiarów warunkuje prawidłową pracę systemu odwadniania i właściwą, miarodajną ocenę stopnia odwodnienia górotworu. Im lepsza jest jakość danych tym większe są oszczędności uzyskiwane w aspekcie całego procesu odwadniania.

c) obserwacje meteorologiczne w KWB Bełchatów

Stacje meteorologiczne w Rogowcu i Chabielicach (od

2013 r.) monitorują parametry klimatyczne w zakresie:

- temperatury powietrza (2 m n.p.g.),
- wilgotności względnej powietrza (2 m n.p.g.),
- temperatury powietrza przy powierzchni gruntu (5 cm n.p.g.),
- temperatury gruntu na głębokości 20 cm,
- temperatury gruntu na głębokości 50 cm,
- temperatury gruntu na głębokości 100 cm,
- sumy opadów atmosferycznych,
- sumy czasu usłonecznienia,
- ciśnienia atmosferycznego,
- kierunku i prędkości wiatru (Dokumentacja ... 2018).

5. Automatyzacja monitoringu parametrów środowiska naturalnego w KWB Bełchatów

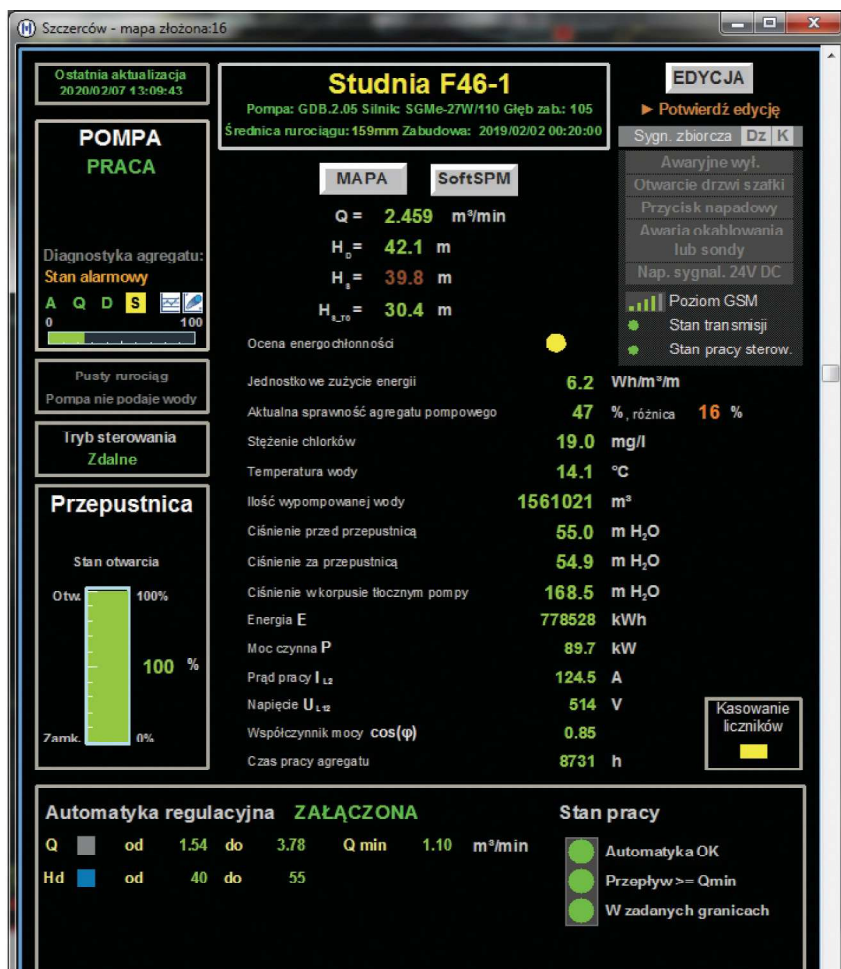
W początkowym okresie prowadzenie monitoringu środowiska naturalnego wymagało od służb Kopalni dużego zaangażowania osobowego i sprzętowego. Wynikało to z ogromnej liczby punktów pomiarowych rozmieszczonych na ogromnej przestrzeni, generujących tysiące różnorodnych danych, które trzeba było najpierw odczytać w terenie, a następnie wpisać w użytkowane systemy i opracowywać. Dopiero zautomatyzowanie systemów monitoringu dało służbom kopalni nowoczesne narzędzie do łatwiejszego śledzenia szeregu parametrów hydrogeologicznych, hydrologicznych oraz zmian klimatycznych. Dotychczas w KWB Bełchatów zostały wdrożone:

a) system nadzoru nad parametrami studni odwadniających

Studnie odwodnieniowe są istotnym elementem systemu odwodnienia. Poprawne ich działanie zapewnia możliwość realizacji podstawowych zadań kopalni. Dla uzyskania optymalnego nadzoru nad systemem odwodnienia stworzono przejrzysty interfejs użytkownika w postaci odwzorowania studni na mapie. W systemie nadzorującym pracę studni głębinyowych wykorzystuje się generowaną z częstotliwością 1x miesiąc mapę wyrobisk górniczych Pola Bełchatów i Szczerców, która zawiera szczegółowe dane dotyczące stanu wyrobiska. Program systemu umożliwi nadzorowanie każdego znajdującego się w nim elementu. Po wyborze nazwy studni następuje przekierowanie do szczegółowego zestawienia jej stanu i parametrów pracy. Przykładowy panel eksploatacyjny pojedynczej studni przedstawiono poniżej (rys. 1) (Stobiecki 2017).

W środkowej części okna (rys. 1) znajdują się parametry technologiczne i hydrogeologiczne studni, a mianowicie:

- aktualna wydajność Q [m^3/min],
- głębokość do zwierciadła dynamicznego H_d w [m ppt],
- zwierciadło statyczne H_s ,
- zwierciadło wody statyczne w chwili uruchomienia HS_T0 ,
- stężenie chlorków [mg/l],
- temperatura wypompowanej wody [st. C],
- ilość wypompowanej wody od momentu uruchomienia danej pompy w studni [m^3],



Rys. 1. Panel eksploatacyjny studni odwodnieniowej z pomiarami / Studnia w automatyce (foto. Stobiecki)
Fig. 1. Operation panel of a drainage well with measurements / Well in automation. (photo Stobiecki)

- parametry energetyczne - moc czynna, prąd pracy, napięcie, współczynnik mocy (Stobiecki 2017).

b) system nadzoru nad parametrami otworów obserwacyjnych

Kolejną grupę obiektów systemu odwodnienia w górnictwie objętych automatyzacją są piezometry sieci wewnętrznej i zewnętrznej, służące do kontroli stanu odwodnienia w obszarze odwadniania oraz piezometry sieci zewnętrznej, służące do kontroli kształtowania się lejów depresyjnych, a przede wszystkim określaniu zasięgu jego granic. Pomiar głębokości do zwierciadła wody, poziom naładowania baterii z powyższych obiektów są przesyłane przez sieć GSM do systemu nadrzędnego, a następnie trafiają do systemu technologicznego nadzorującego pracę obiektów odwadniania kopalni - SoftSPM, gdzie są archiwizowane i podlegają dalszemu opracowaniu (Stobiecki 2017). Na rys. 2 przedstawiono schemat piezometru z oprzyrządowaniem zabudowanym wewnątrz rurki piezometrycznej służące do pomiaru położenia poziomu zwierciadła wody.

c) system monitoringu zrzutu wód do sieci hydrograficznej KWB Bełchatów

Ze względu na obowiązujące przepisy i ochronę środowiska monitorowana jest wielkość zrzutów wód kopalnianych do

cieków znajdujących się w rejonie kopalni. Pierwsze pomiary odczytywano z lat wodowskazowych. Kolejnym etapem było wprowadzenie limnigrafów (stanowiska do pomiaru stanu wód w ciekach) z mechanicznym zapisem zegarowym na papierowych paskach. W ostatnich latach zmodernizowano limnigrafy wprowadzając cyfrowy zapis wielkości poziomu wody (rys. 3).

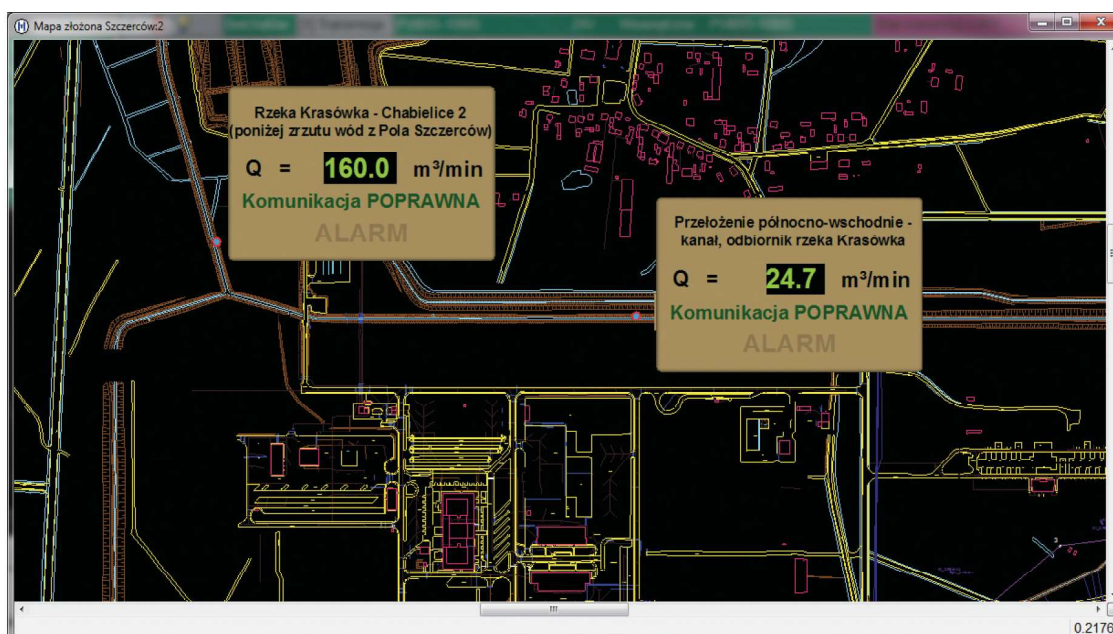
Pomiary zapisywane są lokalnie w pamięci urządzenia, systematycznie odczytywane i przesyłane za pomocą GSM do serwera kopalni, skąd są przekazywane do wdrożonego „Systemu monitoringu zrzutu wód do sieci hydrograficznej KWB Bełchatów” celem dalszego opracowania. Poszczególne punkty pomiarowe monitorujące wielkość zrzutów są wizualizowane na mapie (rys. 4). Przykładowy wykres z obserwacji zmian poziomu wody zarejestrowanych w punkcie pomiarowym przedstawiono na rys. 5 (Dokumentacja ... 2018).



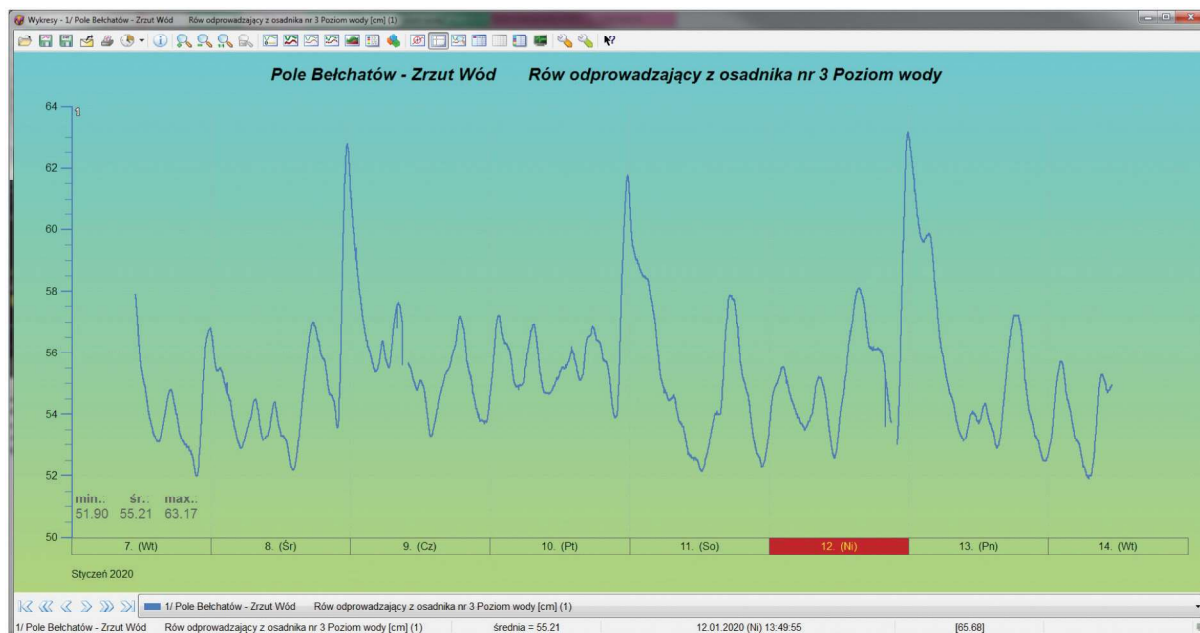
Rys. 2. Panel piezometru z wynikami pomiaru/ Piezometr z oprzyrządowaniem do monitoringu w terenie (foto Stobiecki)
Fig. 2. Piezometer panel with measurement results / Piezometer with instrumentation for field monitoring (photo Stobiecki)



Rys 3. Limnigraf na rzece Krasówce - widok ogólny z zastosowanym systemem rejestracji (foto Stobiecki)
 Fig. 3. Limnigraf on the Krasówka river - general view with the registration system used (photo Stobiecki)



Rys. 4. Wizualizacja punktów pomiarowych monitorujących wielkość zrzutów na mapie cyfrowej (foto Stobiecki)
 Fig. 4. Visualization of measuring points monitoring the size of discharges on a digital map (photo Stobiecki)



Rys. 5. Przykładowy wykres monitoringu zmiany poziomu wody w doprowadzalniku (foto Stobiecki)

Fig. 5. Example of a monitoring chart of water level changes in the inlet feeder (photo Stobiecki)

d) stacje meteorologiczne

W KWB Belchatów funkcjonują dwie stacje meteorologiczne: Rogowiec w rejonie Pola Belchatów i Chabielice w rejonie Pola Szczerców.

Obsługa stacji w Chabielicach prowadzona jest przez Oddział Odwodnienia Pola Szczerców. Stacja automatycznie przekazuje wyniki pomiarów do Centrum Kierowania Ruchem Kopalni oraz do systemu nadrzędnego PGEAGGR. Stacja ta wyposażona jest w następujące urządzenia pomiarowe:

- czujnik temperatury i wilgotności powietrza HT-125 (2 m n.p.g.),
- wiatromierz W-104,
- czujnik temperatury przygruntowej Pt 100 (5 cm n.p.g.),

- czujniki temperatury gruntu Pt 100, (umieszczone na głębokości 20, 50, 100 cm p.p.t.),
- czujnik wilgotności gruntu SM-300 (umieszczony na głębokości 50 cm p.p.t.),
- deszczomierz TPG-124-H230,
- czujnik nasłonecznienia CSD3,
- barometr analogowy PTB-110,
- czujnik techniczny (zasilanie sieciowe oraz pomiar wielkości napięcia zasilania) (Dokumentacja ... 2013).

Widok ogólny stacji meteo w Chabielicach z zamontowanymi tam (opisanymi powyżej) urządzeniami pomiarowymi przedstawiono na rys. 6.



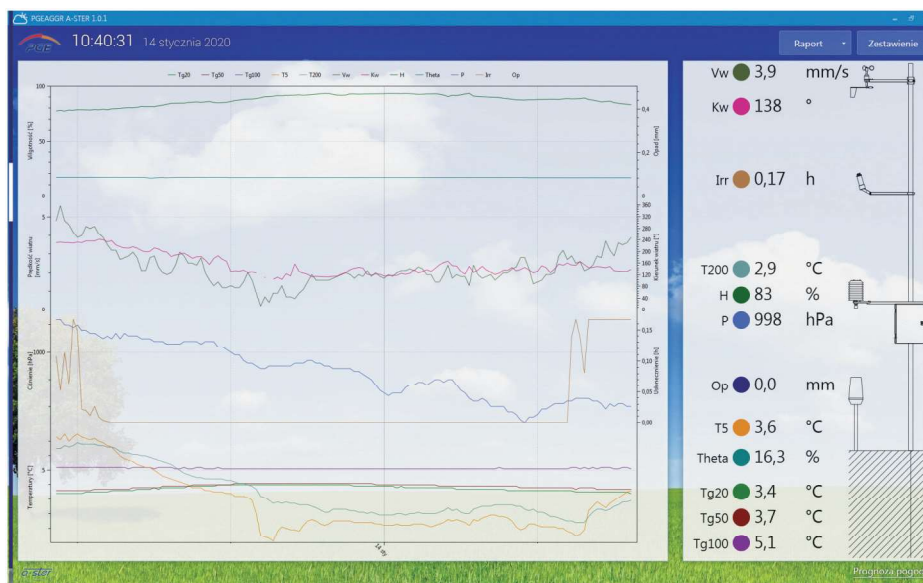
Rys. 6. Widok ogólny stacji meteo w Chabielicach z widocznymi urządzeniami pomiarowymi (foto Stobiecki)

Fig. 6. General view of the weather station in Chabielice with visible measuring devices (photo Stobiecki)

Uzyskane parametry są przesyłane do systemu obsługującego stację meteorologiczną o nazwie PGE AGGR, gdzie są archiwizowane i poddawane dalszemu opracowywaniu. Wizualizację prowadzonych pomiarów klimatycznych przedstawiono na rys. 7, a przykładowe zestawienia raportowe zamieszczono na rys. 8. Zarejestrowane i zestawione raportowo dane są przesyłane do jednostki wykonującej kompleksową analizę parametrów klimatycznych w danym roku meteorologicznym dla Kopalni Bełchatów. Stacje meteorologiczne w Rogowcu i Chabielicach są elementem sieci hydrometrycznej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB) (Stachowicz i in. 2019).

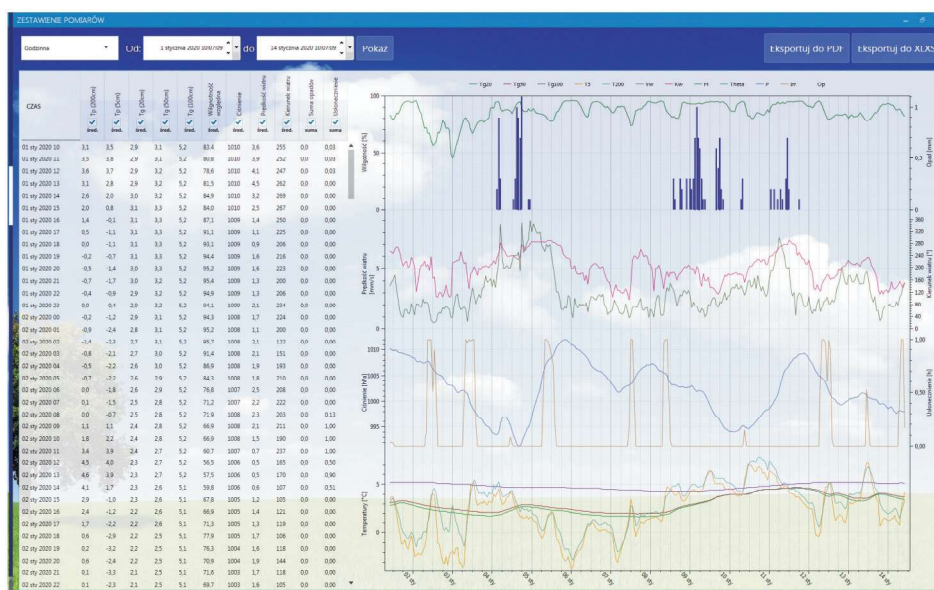
6. Podsumowanie i wnioski końcowe

- Obserwacja oddziaływania odwadniania kopalni na środowisko naturalne możliwa jest dzięki stworzeniu sieci monitoringu parametrów hydrogeologicznych, hydrometrycznych i meteorologicznych. Uzyskane w niej pomiary muszą być następnie kompleksowo ocenione i opracowywane.
- Kopalnia Bełchatów od samego jej początku prowadzi monitoring wpływu działalności na środowisko naturalne, tworząc sieć piezometrów, prowadząc kontrolę sieci hydrograficznej oraz śledząc zmiany parametrów hydrogeologicznych i meteorologicznych. Mając na uwadze



Rys. 7. Panel programu PGE AGGR monitorującego parametry klimatyczne (foto Stobiecki)

Fig. 7. Panel of the PGE AGGR program monitoring climate parameters (photo Stobiecki)



Rys. 8. Przykładowe zestawienie raportowe parametrów ze stacji meteo Chabielice (foto Stobiecki)

Fig. 8. Report of parameters from weather station Chabielice (photo Stobiecki)

potrzebę uzyskiwania jak najlepszej jakości danych, Kopalnia Bełchatów wdrożyła systemy automatyki w celu pomiaru w sposób ciągły szeregu parametrów, upraszczając jednocześnie sposób ich pozyskiwania, archiwizowania i opracowywania.

- Monitoring środowiska naturalnego w rejonie kopalni Bełchatów to pozyskiwanie ogromnej ilości interesujących parametrów, które muszą być odczytane, archiwizowane, a następnie poddane obróbce. Przed wprowadzeniem do użytkowania w kopalni systemów automatyki proces ten był bardzo pracochłonny i wymagał znacznego zaangażowania sprzętowego i osobowego, np. pozyskiwanie danych z piezometrów sieci zewnętrznej zlokalizowanych w promieniu do kilkudziesięciu km wokół kopalni trwał około 1 miesiąca - przy zaangażowaniu 2 samochodów terenowych i kilku pracowników, obsługa zegarów limnigrafów w wersji z zapisem analogowym wymagała regularnej, cotygodniowej wymiany pasków papierowych, na których jakość zapisu czasami była mało czytelna.
- Automatyzacja i monitoring umożliwiają stały nadzór nad pracą studni odwadniających P/Bełchatów i P/Szczerców, pozwalają zminimalizować prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji awaryjnych. Z drugiej strony wspomagają służby kopalni w podnoszeniu efektywności i sprawności użytkowanych systemów. Przekłada się to z kolei na optymalizację i w konsekwencji zmniejszenie zużycia ilości energii elektrycznej w procesie odwadniania kopalni.
- Zautomatyzowane systemy dają służbom Kopalni nowoczesne narzędzie do monitoringu środowiska wodnego zarówno w bezpośrednim rejonie prowadzonych robót górniczych, jak i najbliższym otoczeniu kopalni. Obecnie w sposób ciągły (on-line) możemy obserwować zmiany w położeniu zwierciadła wody, kontrolować wielkości przepływu w poszczególnych hydrograficznych punktach pomiarowych, tj. rowach, kanałach i rzekach oraz rejestrować szereg parametrów klimatycznych. Wdrożenie automatyki w procesach wspomagających wydobycie węgla brunatnego jest nie tylko realizacją zaleceń zawartych w obowiązujących kopalnię decyzjach, lecz wprowadziło proces zarządzania uzyskiwanymi danymi hydrograficznymi, hydrogeologicznymi i atmosferycznymi na wyższy, efektywniejszy poziom w procesie oceny zjawisk zachodzących w środowisku naturalnym w rejonie kopalni Bełchatów.

Literatura

- Dokumentacja** powykonawcza Odtworzenie i rozbudowa systemu monitoringu zrzutu wód do sieci hydrograficznej kopalni w zakresie stacji telemetrycznych, Poznań 2018 (niepublikowane).
- Dokumentacja** powykonawcza Stacja pomiarów meteorologicznych w rejonie Pola Szczerców (Chabielice), Kraków 2013 (niepublikowane).
- MOTYKA, J. CZOP, M. JOŃCZYK, W. STACHOWICZ, Z. JOŃCZYK, I. MARTYNIAK, R. 2007 - Wpływ głębokiej eksploatacji węgla brunatnego na zmiany środowiska wodnego w rejonie Kopalni „Bełchatów” *Górnictwo i Geoinżynieria*, R. 31, z. 2, s. 477-487.
- STACHOWICZ Z., MISZCZUK P., MALINOWSKI M., BOŁWACH A. 2015 - Operat wodnoprawny na odwodnienie Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów”, Poltegor-Projekt Sp. z o.o., Wrocław 2015 (niepublikowane).
- STACHOWICZ G., MISZCZUK P., MALINOWSKI M., BOŁWACH A. 2019 - Rocznik meteorologiczny i hydrologiczny obszaru oddziaływania odwodnienia KWB „Bełchatów” SA, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej O/Poznań, Poznań (niepublikowane).
- STOBIECKI Z. 2017 - Praktyczne aspekty zastosowania automatyki w monitoringu środowiska wodnego w rejonie KWB „Bełchatów” monografia konferencji „Hydrogeologia w Praktyce – Praktyka w Hydrogeologii”, Polanica –Zdrój.
- URBAŃSKI P., STOBIECKI Z. 2016 - Automatyzacja systemu odwodnienia węgelnego w PGE GiEK S.A. Oddział KWB Bełchatów. Monografia IX Międzynarodowego Kongresu Górnictwa Węgla Brunatnego. Bełchatów 11-13 kwietnia 2016 r. Wydawca AGH Wydział Górnictwa i Geoinżynierii.

Artykuł wpłynął do redakcji – czerwiec 2020

Artykuł zaakceptowano do druku – 25.07.202