

GRZEGORZ WĄS  
ADAM KLUSKA  
MAREK SOBOŁOWSKI  
MARCIN GARBACZ  
MARCIN PAŁKA  
MAREK WOJTAS

## System monitoringu i wizualizacji wód dołowych w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit

*W artykule przedstawiono system monitorowania sieci rurociągów w kopalni Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit, który został wdrożony w lutym 2023 r. System obejmuje monitoring rurociągów systemów: przeciwpożarowego, odwadniania oraz wody pitnej. Ruch Ziemowit jest samowystarczalny w zakresie zużycia wody zarówno do celów technologicznych, jak i bytowych. Precyzyjny monitoring rurociągów pozwala na zapewnienie parametrów instalacji dla celów technologicznych i bezpieczeństwa pożarowego kopalni. System pozwala również na wykrywanie stanów awaryjnych, monitoring poziomu wody w zbiornikach wyrównawczych, a pod względem hydrogeologicznym stosowany jest do bilansowania wód. Przepływomierze zainstalowane przy pompach pozwalają na faktyczny pomiar ich wydajności, określenie ich sprawności, a tym samym pozwalają na diagnostykę wyprzedzającą przyszłe awarie oraz podjęcie działań zapobiegawczych. Wizualizacja pracy systemu dostępna jest z poziomu przeglądarki internetowej i pozwala na wygodną oraz intuicyjną konfigurację pod bieżące potrzeby użytkownika związane z wprowadzaniem zmian w instalacji. Aplikacja wizualizacyjna posiada rozbudowaną funkcjonalność do podglądu bieżącego i analizy zdarzeń historycznych oraz diagnostyki stanów awaryjnych.*

Słowa kluczowe: *monitoring, wody kopalniane, odwodnienie, wizualizacja*

### 1. WSTĘP

Występujące w ostatnich latach globalne zjawiska, między innymi pandemia, spowodowały popularyzację pojęcia cyfryzacji. Usługi związane z transformacją cyfrową i Internetem Rzeczy, znane wcześniej w środowisku zajmującym się Przemysłem 4.0, stały się nagle elementami codziennego użytku. Wielu z nas doświadczyło osobiście pracy zdalnej lub zdalnego nauczania. Była to cyfryzacja gwałtowna, ale jednak powierzchowna.

Sytuacja międzynarodowa, wojna za wschodnią granicą, kryzys energetyczny – wszystko to spowodowało, że staramy się zintensyfikować wydobycie własnych surowców energetycznych.

Istnieje też trzeci czynnik wpływający na opisywany stan – rosnące wymagania dotyczące ochrony środo-

wiska powodują, że w przemyśle wydobywczym zwracamy szczególną uwagę nie tylko na to, ile węgla eksploatujemy, ale również na to, co razem z nim wydobywamy spod ziemi. W ostatnim czasie wyjątkowe zainteresowanie wzbudza woda pompowana z wyrobisk i użytkowana w zakładach górniczych oraz wpływ wód pochodzących z odwadniania kopalń na biocenozę potoków i rzek.

Takie kopalnie jak KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit ze względu na posiadanie podziemnych ujęć wody o parametrach wody słodkiej potrafią być samowystarczalne pod względem wody użytkowej, technologicznej, ppoż., a nawet mogą zasilać innych odbiorców. Jednakże, by z jednej strony prowadzić właściwie proces technologiczny, zapewnić ciągłość dostaw wody do celów zarówno ppoż., jak i technologicznych, a z drugiej strony, by ekonomicznie gospo-

darować posiadanymi zasobami, niezbędna jest wiedza o stanie rurociągów, ilościach przepływającej wody w poszczególnych rurociągach czy o stanach awaryjnych.

Poza rozbudowaną siecią rurociągów systemu ppoż. kopalnia eksploatuje ważny dla prowadzenia ruchu i bezpieczeństwa układ odwadniania składający się z sieci rurociągów systemu odwadniania wraz z pompowniami głównymi, pomocniczymi i rejonowymi o wydajnościach pozwalających na zabezpieczenie wyrobisk przed zatopieniem. Bieżąca ocena stanu technicznego rozbudowanego systemu odwodnienia bez systemów wspomagających wydłuża czas reakcji służb technicznych w wypadku stanów awaryjnych, co wpływa znacząco na koszty eksploatacji. Potwierdziły to wnioski z eksploatacji pierwszego systemu nadzoru SMOk-2 firmy SOMAR uruchomionego w celu m.in. kontroli i monitoringu parametrów technologicznych kopalnianej sieci rurociągów systemu przeciwpożarowego i przepływów wody w kopalnianych rurociągach systemu odwadniania. Wskazywały one też na konieczność rozbudowy systemu i objęcia nim wszystkich najważniejszych rejonów kopalni, w których zainstalowano rurociągi systemu odwadniania [1].

I tutaj pojawia się pole do aktywniejszego wprowadzenia cyfryzacji już nie tylko „pod strzechy”, ale również „pod ziemię”. W związku z rozbudową sieci światłowodowych oraz stanowisk komputerów zabudowanych w wyrobiskach dołowych dotyczy to przede wszystkim takich działań podejmowanych przez spółki górnicze, jak: monitoring różnych mediów, w tym wody, wdrożenie „Elektronicznego Notesu Sztęgara” (aplikacja komputerowa firmy COIG), a także modernizacje dotychczas istniejących systemów akwizycji danych czy planowane wdrożenia automatyzacji ścianowych obudów zmechanizowanych.

W ramach modernizacji został zabudowany nowy system monitoringu i wizualizacji wód dołowych w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit o kodowej nazwie SYSMON, zrealizowany przez firmę Elsta Elektronika Sp. o.o.

## 2. OPIS MONITOROWANEGO OBIEKTU

Woda w procesie technologicznym wydobycia w ruchu zakładu górniczego z jednej strony jest zagrożeniem, ponieważ pojawia się z górotworu w procesie wykonywania wyrobisk, jak również w trakcie urabiania pokładu węgla. Wówczas woda taka musi być szybko usunięta z wyrobisk. Do tego celu służą sieci

rurociągów systemu odwadniania, łączących pompownie rejonowe, oddziałowe i pomocnicze oraz pompownie główne. Z drugiej jednak strony jest to niezawodny środek gaśniczy i musi być doprowadzany w każdy rejon prac górniczych.

KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit posiada trzy pompownie głównego odwadniania zlokalizowane na poziomie I przy Szybie I, poziomie II przy Szybie I i na poziomie III (w rejonie przekopu C-1). Wody dołowe z pompowni głównych odprowadzane są na powierzchnię rurociągami do osadnika wód dołowych słodkich o pojemności 115 000 m<sup>3</sup> oraz do dwóch osadników wód dołowych słonych o pojemnościach 290 000 m<sup>3</sup> i 104 000 m<sup>3</sup>.

Pompownia głównego odwadniania na poziomie I wyposażona jest w siedem agregatów pompowych typu OW-300/4, każdy o wydajności nominalnej 11,0 m<sup>3</sup>/min. Pompownia posiada dwa niezależne systemy chodników wodnych zapewniające ujęcie 12-godzinnego dopływu wód do wyrobisk. Woda pompowana jest dwoma rurociągami DN350, Szybem I na powierzchnię. Praca jednego agregatu pompowego zapewnia odpompowanie dobowego dopływu wody w czasie poniżej 20 godzin. Ponieważ woda gromadzona w chodnikach wodnych na poziomie I (200 m) jest wodą słodką, wykorzystywana jest częściowo do instalacji przeciwpożarowych na poziomie II (460 m) i poziomie III (640 m).

Pompownia głównego odwadniania na poziomie II wyposażona jest w siedem agregatów pompowych, z których cztery są typu OW-300/8 o wydajności znamionowej 11,0 m<sup>3</sup>/min, a pozostałe trzy są typu WPW-300/8 o wydajności nominalnej 12,0 m<sup>3</sup>/min. Pompownia posiada dwa niezależne systemy chodników wodnych zapewniające ujęcie 12-godzinnego dopływu wód do wyrobisk. Woda pompowana jest trzema rurociągami: w Szybie I rurociągiem DN500, a w Szybie II rurociągiem DN400 i DN450 na powierzchnię. Praca zespołu składającego się z dwóch agregatów pompowych zapewnia odpompowanie dobowego dopływu wody w czasie poniżej 20 godzin.

Pompownia głównego odwadniania na poziomie III wyposażona jest w dziewięć agregatów pompowych, z których sześć jest typu OWH-200/10 każdy o wydajności nominalnej 5,2 m<sup>3</sup>/min, a pozostałe trzy są typu 25H47/10 o wydajności nominalnej 8,3 m<sup>3</sup>/min. Pompownia posiada dwa niezależne systemy chodników wodnych zapewniające ujęcie 12-godzinnego dopływu wód do wyrobisk. Woda pompowana jest trzema rurociągami DN400: w Szybie I dwoma rurociągami, w Szybie II jednym rurociągiem na powierzchnię.

Praca zespołu składającego się z trzech agregatów zapewnia odpompowanie dobowego dopływu wody w czasie poniżej 20 godzin. Pompownia zasilana jest z rozdzielni 6 kV RD-III.

Dodatkowo w Ruchu Ziemowit eksploatowana jest również pompownia odwadniania pomocniczego na poziomie minus 147 (408 m). Dopływy naturalne ujmowane są w dwa systemy chodników wodnych, wody przemysłowej i pitnej.

Woda słodka przemysłowa pompowana jest na powierzchnię rurociągiem DN400 w Szybie W-I do osadnika  $V = 95\ 100\ \text{m}^3$  (Olszyce), dalej do Potoku Ławeckiego, rzeki Mlecznej i do Wisły.

Woda słodka pitna pompowana jest na powierzchnię rurociągiem DN400 w Szybie W-I, do stacji uzdatniania wody, gdzie podlega uzdatnieniu i zużyciu na cele własne oraz sprzedaży do miasta. Niewykorzystana woda – zarówno surowa, jak i uzdatniona – jest kierowana do osadnika  $V = 115\ 000\ \text{m}^3$ .

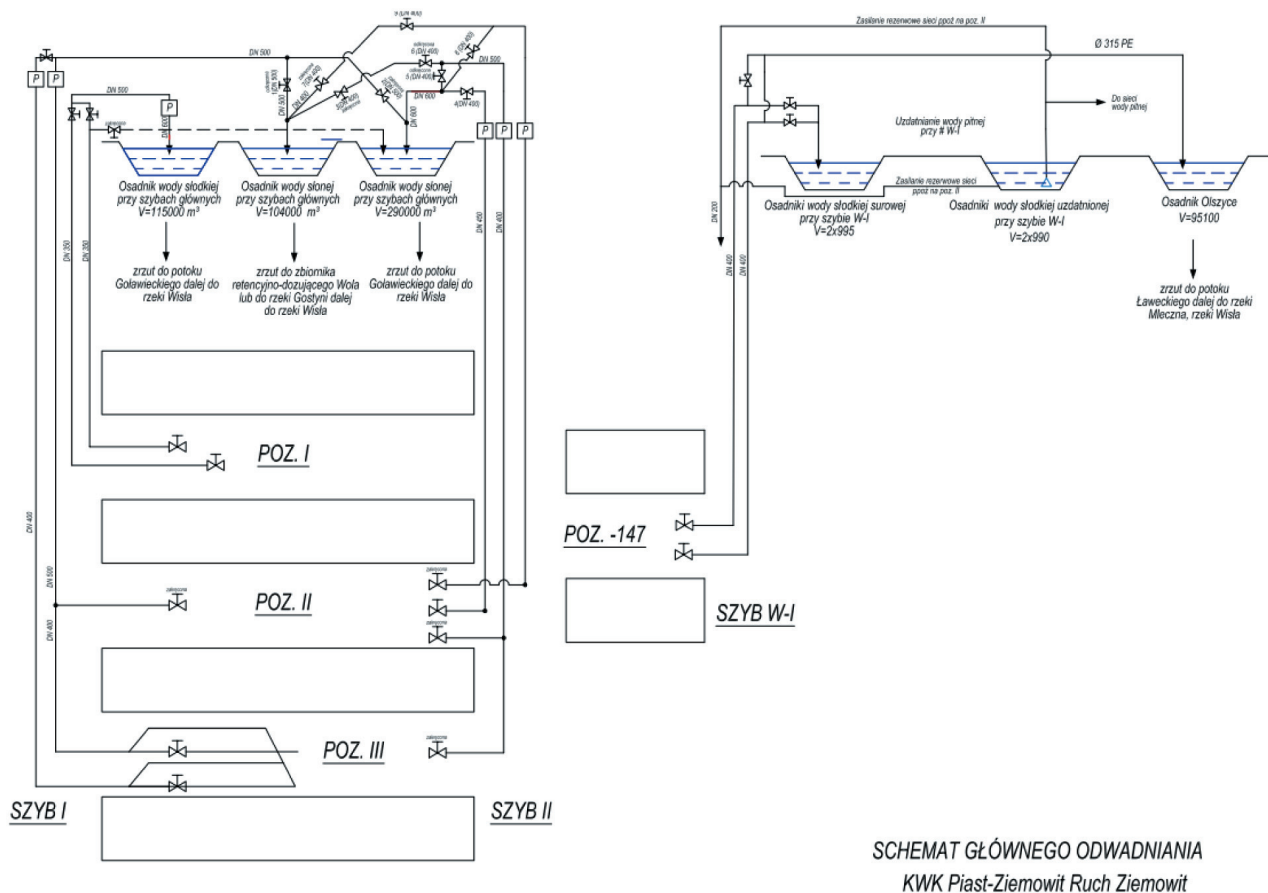
Zasilanie głównych sieci rurociągów systemu przeciwpożarowego wyrobisk dołowych odbywa się następująco:

- Głównym zasilaniem sieci ppoż. jest układ głównego odwadniania – z odczepu z kolektora głównego na pompowni poprzez zawór redukcyjny do sieci ppoż. na poziomie I; zasilanie w Szybie I ma charakter rezerwowy.
- Na poziom minus 120 (360 m) w rejonie peryferyjnego Szybu „Szewczyk” woda dostarczana jest „od dołu” z sieci rurociągów przeciwpożarowych na poziomie II (460 m) rurociągiem DN150 w Szybie „Szewczyk”.
- Na poziom II (460 m) woda dostarczana z dwóch systemów chodników wodnych na poziomie I (200 m) poprzez stację filtrów i przewiertem DN300 do Szybu I. Następnie rurociągiem DN300 w Szybie I poprzez zbiornik przelewowy pod poziomem I (około 298 m od zrębu szybu) do poziomu II (460 m). Pojemność zbiornika przelewowego pod poziomem I wynosi  $V = 15,5\ \text{m}^3$ , a jego funkcja ogranicza się tylko do redukcji ciśnienia wody w rurociągu zasilającym. Poziom wody w zbiorniku przelewowym regulowany jest za pomocą dwóch zaworów pływakowych w zakresie od poziomu min. 0,8 m do poziomu maks. 1,3 m. W awaryjnych przypadkach zwiększonego zapotrzebowania wody na podszybiu Szybu I poziomu I zainstalowany jest agregat pompowy z pompą wirową typu PH 150 o wydajności  $5,25\ \text{m}^3/\text{min}$ , który zasysa wodę bezpośrednio z chodnika wodnego z pominięciem stacji filtrów i pompuje ją do rurociągu DN300 w Szybie I.

- Na poziom minus 300 (580 m) w rejonie peryferyjnego Szybu „Szewczyk” woda dostarczana jest z sieci rurociągów przeciwpożarowych na poziomie II (460 m) poprzez zbiornik przelewowy zainstalowany na poziomie II przy Szybie „Szewczyk” o pojemności  $V = 2\ \text{m}^3$  rurociągiem DN150 w Szybie „Szewczyk”.
- Na poziom III (640 m) woda dostarczana jest z sieci rurociągów przeciwpożarowych na poziomie II (460 m) poprzez przyszybowy zbiornik przelewowy zainstalowany pod poziomem II (około 465 m od zrębu szybu) dwoma rurociągami DN150. Pojemność zbiornika przelewowego pod poziomem II wynosi  $V = 105\ \text{m}^3$ , a jego funkcja ogranicza się tylko do redukcji ciśnienia wody w rurociągu zasilającym. Poziom wody w zbiorniku przelewowym regulowany jest za pomocą dwóch zaworów pływakowych w zakresie od poziomu min. 1,0 m do poziomu maks. 1,5 m.

Zasilanie rezerwowe instalacji przeciwpożarowej Ruchu Ziemowit realizowane jest ze zbiornika powierzchniowej stacji uzdatniania wody o pojemności  $V = 2000\ \text{m}^3$  rurociągiem DN200 w Szybie W-I poprzez zawór redukcyjny zabudowany na poziomie II (460 m) do przekopu P-1 na poziomie II. Dodatkowo istnieje również możliwość zasilania instalacji przeciwpożarowej na poziomie II z rurociągu tłocznego pompowni głównego odwadniania na poziomie II poprzez pompę OS 150/5 o wydajności  $Q = 2,5\ \text{m}^3/\text{min}$ .

Aktualnie Ruch Ziemowit jest w trakcie realizacji zadania dotyczącego budowy rurociągu ppoż. w Szybie I od poziomu I do poziomu II. Nowo budowany rurociąg ma zastąpić istniejący rurociąg przeciwpożarowy w Szybie I. Rurociąg DN300 przeciwpożarowy, szybowy, będzie przekazywał wodę ze zbiornika przelewowego zlokalizowanego na poziomie I (200 m) do poziomu II (460 m), do zdublowanej stacji redukcyjno-zabezpieczającej obniżającej wartość ciśnienia. Stacja zostanie zakończona kolektorem rozdzielczym, który posłuży do rozprowadzenia wody na podszybiu do rurociągów przeciwpożarowych oraz do zasilania poziomu III również z pominięciem zbiornika przelewowego pod poziomem II (zastosowany zostanie układ zaworów SUPRA zarówno do zasilania poziomu II, jak i poziomu III, celem jest wyeliminowanie wszystkich zaworów pływakowych w zakładzie, ponieważ są mocno zawodne). Na rysunku 1 przedstawiono opisywany schemat odwodnienia Ruchu Ziemowit.



Rys. 1. Schemat głównego odwadniania KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit

Zgodnie z obowiązującymi przepisami w zakładzie górniczym dokonuje się co najmniej dwa razy w roku pomiarów dopływu wód do wyrobisk górniczych (§ 449 ust. 1 Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych, Dz.U. z 2017 r. poz. 1118) [2]. Z uwagi na bezpieczeństwo prowadzonych robót górniczych wielkość dopływów wody do wyrobisk górniczych monitoruje się na bieżąco.

### 3. BUDOWA SYSTEMU SYSMON

System monitoringu i wizualizacji wód dołowych w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit (SYSMON) zbudowany jest w części dołowej jako hierarchiczna struktura z dwoma koncentratorami (SK-01, SK-02), gdzie każdy koncentrator odpowiada za akwizycję danych ze swojego obszaru (poziom II i poziom III). Do koncentratorów podłączonych jest 13 szafek pomiarowo-komunikacyjnych (SPK), a w przypadku koncentratora SK-01 przyłączone są dwa najbliższe punkty pomiarowe. Łączna liczba punktów pomiarowych w systemie

to 20 punktów podwójnych (strumień objętości i ciśnienie) oraz dwa punkty pojedyncze (pomiar poziomu wody). Szafki SPK występują w różnych konfiguracjach zależnych od liczby punktów pomiarowych (od 1 do 3) podłączonych do danej szafki oraz od liczby zabudowanych podwójnych wyświetlaczy na elewacji szafki. W większości przypadków szafki SPK zabudowane są w rejonie punktów pomiarowych, dzięki czemu istnieje możliwość lokalnego odczytu zmierzonych wartości strumienia objętości, ciśnienia lub poziomu. W czterech przypadkach, ze względu na zbyt dużą odległość punktu pomiarowego, w rejonie przepływomierzy i czujników ciśnienia zabudowano szafki pomiarowe SP umożliwiające odczyt danych i przesłanie ich do SPK za pośrednictwem protokołu MODBUS RTU. Łączność pomiędzy szafkami SPK a koncentratorami odbywa się z wykorzystaniem technologii SHDSL. W tabeli 1 przedstawiono specyfikację punktów węzłowych oraz punktów pomiarowych.

Transmisja danych na powierzchnię wykorzystuje miedzianą sieć telekomunikacyjną oraz światłowódową sieć Ethernet. W części powierzchniowej sercem systemu jest serwer z bazą danych będący jednocześnie webserwerem dla aplikacji wizualizacyjnej.

**Tabela 1**

Wykaz punktów węzłowych i punktów pomiarowych systemu monitoringu

Szafka	Nr pkt	DN	PN	Lokalizacja punktów pomiarowych	Przyrząd pomiarowy
SPK-02 #01	1	DN200	PN25	poziom minus 147 – woda pitna Szyb Piast II	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
	3	DN200	PN25	poziom minus 147 – woda przemysłowa Szyb Piast II	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
SPK-01 #02	2	DN150	PN25	poziom minus 147 – woda pitna Szyb Hołdunów	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
Koncentrator SK-01#03	4	DN200	PN25	chodnik dojściowy do # I	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
	22	–	–	poziom wody przy #I	– sonda poziomą
SPK-02R #04	5	DN200	PN25	przekop E-1 p.o. 600 m	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
	10	DN200	PN25	przekop P-1 – rurociąg odwadniający	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
	9	DN150	PN16	przekop P-1 p.o. 200 m	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
SPK-01 #05	6	DN150	PN16	skrzyżowanie przekopów kołowych E-1/E2	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
SPK-01 #06	7	DN150	PN16	przekop E-3 p.o. 3650 m	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
SPK-01 #07	8	DN150	PN16	skrzyżowanie przekopu P-1 z przekopem K-2	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
SPK-01 #08	11	DN200	PN25	splływ wody z pokładu 215	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
SPK-02 #09	12	DN150	PN16	#I strona wozów pustych	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
	13	DN150	PN16	#I strona wozów pełnych	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
SPK-02 #10	14	DN150	PN16	przekop taśmowy C-1	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
	15	DN150	PN16	przekop taśmowy C-4	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
SPK-01 #11	16	DN150	PN16	przekop do Szybu „Szewczyk”	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
SPK-01 #12	18	DN200	PN25	przekop kołowy C-2 p.o. 300	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
SPK-02 #13	17	DN300	PN16	rurociąg systemu odwadniania w przekopie taśmowym C-4	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
	19	DN200	PN25	rurociąg systemu odwadniania w pochylni 950	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
SPK-00 #14	20	DN250	PN16	przekop kołowy C-4 przed chodnikiem 1203	– przepływomierz – przetwornik ciśnienia
SPK-01 #15	21	–	–	poziom I – poziom wody	– sonda poziomą
Koncentrator SK-02#16	–	–	–	–	–



W przypadku awarii zasilania układ przechodzi na zasilanie akumulatorowe, dzięki czemu przez czas nie krótszy niż 60 minut dane mogą być nadal rejestrowane i przesyłane do serwera na powierzchnię. W związku z brakiem urządzeń aktywnych pomiędzy koncentratorami danych a szafkami SPK po zaniku napięcia transmisja odbywa się bezprzerwowo z najdalszych rejonów kopalni. Awaria zasilania (a tym samym praca przy zasilaniu z zasilacza awaryjnego) jest również sygnalizowana na podstawowym ekranie synoptycznym. Również wszelkie awarie układu transmisji są rejestrowane i sygnalizowane w systemie. Brak transmisji nie powoduje przerw w lokalnym odczycie danych, dlatego w przypadkach lokalizacji uszkodzenia linii transmisyjnej nadzór nad siecią rurociągów odbywa się w miejscu zabudowy czujników pomiarowych przez pracowników kopalni.

Cały system został zaprojektowany, wyprodukowany i zainstalowany przez firmę Elsta Elektronika Sp. z o.o. przy ścisłej współpracy ze służbami Ruchu Ziemowit.

#### 4. WIZUALIZACJA I RAPORTOWANIE

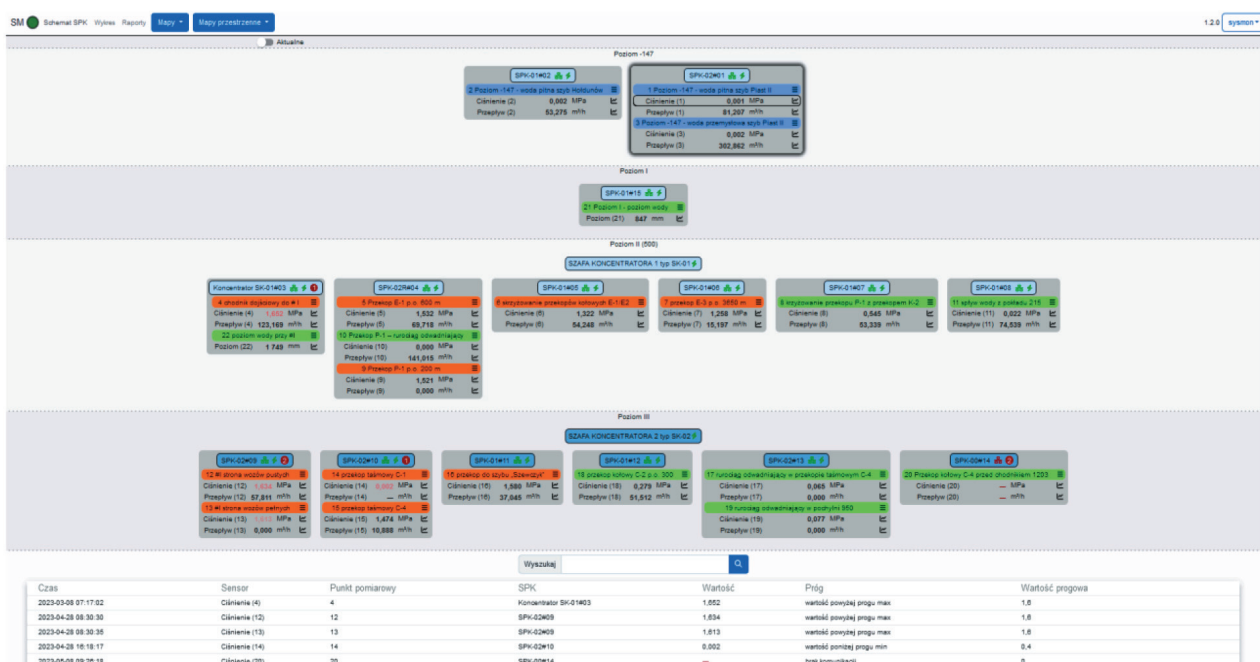
Wizualizacja pracy systemu SYSMON dostępna jest z poziomu przeglądarki internetowej. Aplikacja

wizualizacyjna posiada rozbudowaną funkcjonalność do podglądu stanu bieżącego zarówno na schemacie systemu, jak i mapach płaskich oraz przestrzennych, a także analizy zdarzeń historycznych oraz diagnostyki stanów awaryjnych. Na wykresach można jednocześnie umieścić wiele parametrów za dowolnie wybrany okres, co pozwala na wykrycie ewentualnych korelacji pomiędzy nimi.

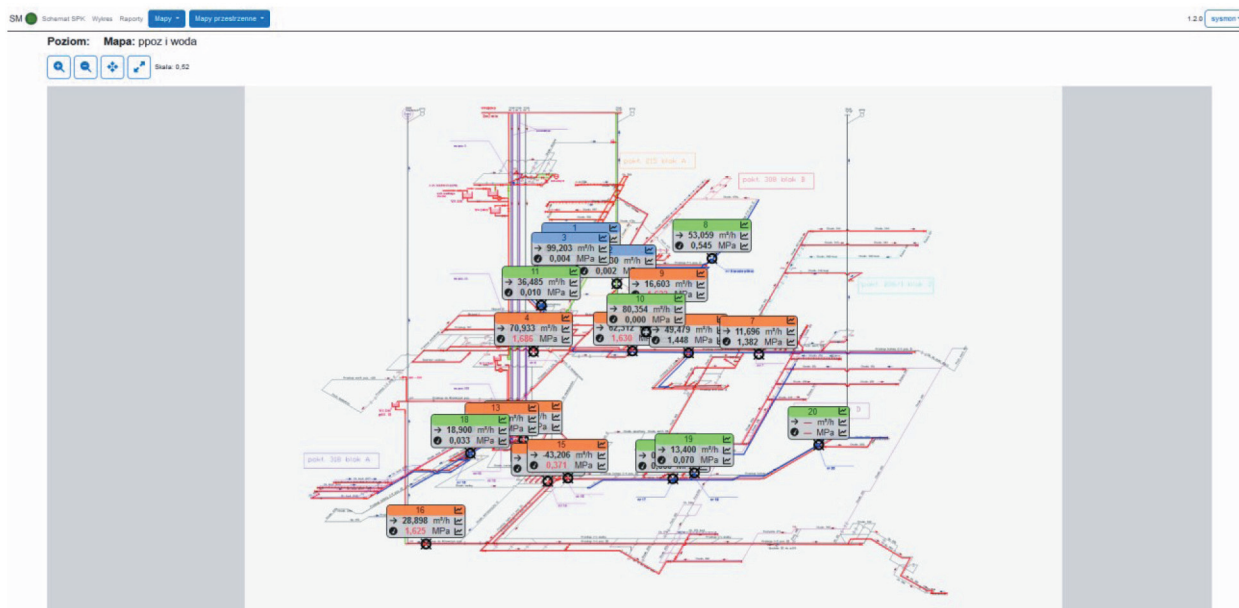
Z podstawowego ekranu synoptycznego (rys. 2), którym jest schemat całego systemu, dzięki elementom interaktywnym można przejść bezpośrednio do ekranów z mapami rejonów lub do wykresów danego parametru. Na ekranie pod schematem jest wydzielony obszar dla bieżących komunikatów, zdarzeń i alarmów. Na ekranach synoptycznych odpowiednimi kolorami oznaczono rurociągi systemów poż., odwadniania i wody pitnej.

Na tym samym ekranie, ale w innym widoku (rys. 3) można uzyskać sumaryczne wskazania strumienia objętości na przepływomierzach, również z podziałem na sumaryczne przepływy zgodne z planowanym kierunkiem strumienia oraz przepływy w kierunku odwrotnym.

Mapa przestrzenna (rys. 4) jest mapą interaktywną, pozwala na przybliżanie i oddalanie obserwowanych obszarów oraz na przejście do wykresów parametrów wskazanego punktu pomiarowego.



Rys. 2. Widok podstawowego ekranu synoptycznego aplikacji wizualizacyjnej systemu SYSMON ze wskazaniami bieżącymi przyrządów pomiarowych w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit



Rys. 3. Widok podstawowego ekranu synoptycznego aplikacji wizualizacyjnej systemu SYSMON ze wskazaniami sumarycznymi przepływomierzy w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit



Rys. 4. Ekran prezentujący mapę przestrzenną rurociągów systemów przeciwpożarowego, odwadniania oraz wody pitnej

Cały system rurociągów został podzielony na rejony i dla każdego rejonu istnieje oddzielna szczegółowa mapa (rys. 5) przedstawiona na wydzielonym ekranie synoptycznym z prezentacją parametrów mierzonych w danym rejonie. Interaktywne elementy oznaczające poszczególne punkty pomiarowe umożliwiają przejście do wykresów parametrów wybranego punktu.

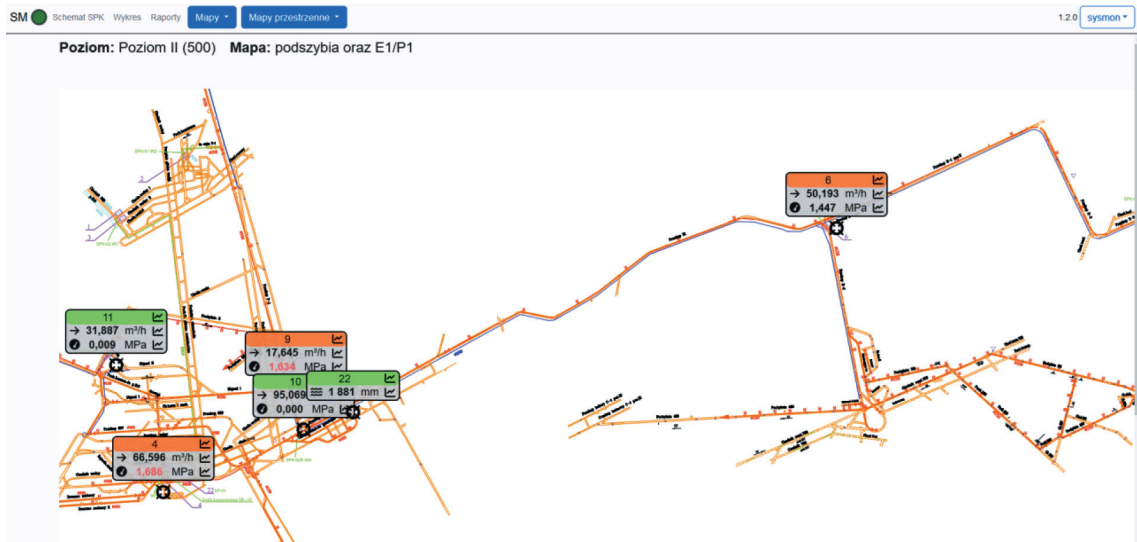
Dane na wykresach mogą być prezentowane w kilku trybach:

- „aproksymacja” na liście wyboru oznacza uśrednianie wartości z wybranych przedziałów danych –

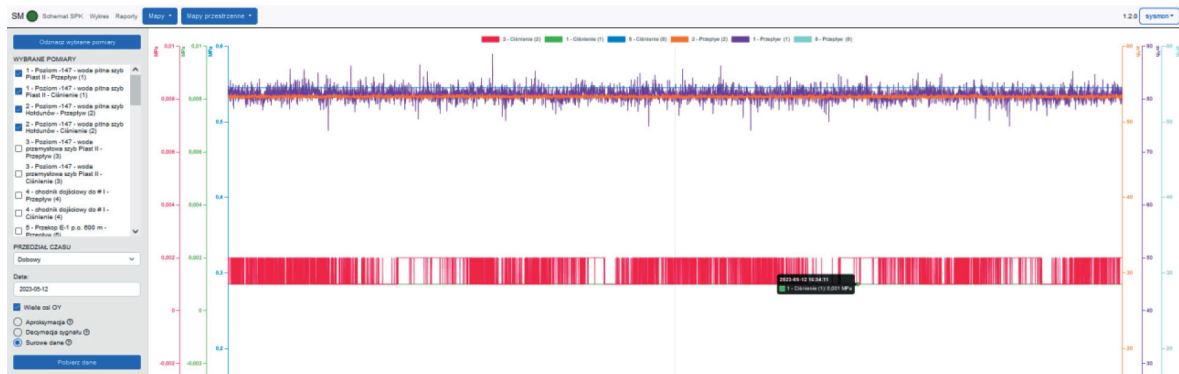
dzięki temu przy dużej ilości danych uzyskujemy wykres pokazujący tendencję zmian;

- „decymacja”, czyli inaczej downsampling (w dosłownym tłumaczeniu „próbkiowanie w dół”) to wybieranie pewnej liczby próbek, tak aby ogólny obraz wykresu pozostał bez zmian, dzięki czemu wykres dla dużej ilości danych pozostaje responsywny;
- „dane surowe” – na wykresie prezentowane są wszystkie dane zarejestrowane w wybranym czasie.

Przykładowy wykres monitorowanych parametrów zaprezentowano na rysunku 6.



Rys. 5. Przykładowy ekran prezentujący mapę rejonu z bieżącymi wskazaniami urządzeń pomiarowych



Rys. 6. Wykres wybranych parametrów z możliwością wyboru trybu wyświetlania

Oprogramowanie systemu pozwala na wykonanie raportów za dowolnie wybrany okres lub wybór któregoś z predefiniowanych raportów (dobowy, miesięczny). W raporcie prezentowanym na ekranie (rys. 7) kolorami oznaczono pomiary dotyczące

rurociągów systemów ppoż., odwodnienia oraz wody pitnej.

Po wygenerowaniu raportu w postaci pliku w formacie PDF tworzone są oddzielne raporty dla każdego z tych trzech typów rurociągów (rys. 8–10).

Raport za okres od 2023-05-12 00:00:00 do 2023-05-12 23:59:59

Nazwa	DN	Opis	Przepływ początkowy [m³]	Przepływ końcowy [m³]	Przepływ za okres [m³]	Przepływ średni [m³/h]	Przepływ min [m³/h]	Przepływ max [m³/h]	P <sub>max</sub> [MPa]	P <sub>min</sub> [MPa]	L <sub>max</sub> [mm]	L <sub>min</sub> [mm]	Prędkość
4	DN200	chodnik dojazdowy do #1	238 008	240 790	2 782	95,0	33,3	149,5	1,508	1,580			
6	DN200	Przełop E-1 p.o. 600 m	154 018	155 006	1 988	82,0	31,7	130,5	1,446	1,670			
5	DN150	skrzyżowanie przełopów kotłowych E-1/E2	122 085	123 132	1 047	43,0	10,9	67,7	1,020	1,572			
7	DN150	przełop E-3 p.o. 3650 m	75 973	76 290	317	17,4	0,0	105,1	0,287	1,502			
9	DN150	Przełop P-1 p.o. 200 m	10 495	10 885	391	16,3	-17,2	60,0	1,416	1,608			
12	DN150	#1 strona wzdłuż pustył	123 736	125 104	1 368	57,0	39,6	88,2	1,233	1,646			
13	DN150	#1 strona wzdłuż pełnych	3	3	0	0,0	0,0	0,0	1,224	1,637			
14	DN150	przełop taśmowy C-1	0	0	0	0,0	0,0	0,002	0,002				
15	DN150	przełop taśmowy C-4	15 238	15 534	296	12,3	0,0	21,3	1,130	1,536			
16	DN150	przełop do szybu „Szewczyk”	35 638	36 392	755	31,4	13,0	53,2	1,201	1,622			
8	DN150	krzyżowanie przełopu P-1 z przełopem K-2	103 847	105 128	1 281	53,4	52,9	53,8	0,544	0,546			
10	DN200	Przełop P-1 – rurociąg odwadniający	165 542	167 000	2 017	84,1	58,5	224,1	0,000	0,000			
11	DN200	spływ wody z postępu 215	104 840	105 162	1 321	55,1	27,1	201,8	0,003	0,041			
17	DN200	urociąg odwadniający w przełopie taśmowym C-4	9 144	9 144	0	0,0	0,0	0,0	0,059	0,074			
18	DN200	przełop kotłowy C-2 p.o. 300	255 054	259 983	3 229	138,7	0,0	271,4	0,000	0,917			
19	DN200	urociąg odwadniający w podziemi 950					-2,3	66,4	0,070	0,085			
20	DN250	Przełop kotłowy C-4 przed chłodnikiem 1203									647	1 103	
21		Poziom 1 - poziom wody											
22		poziom wody przy #1									456	1 963	
1	DN200	Poziom -147 - woda pitna szyb Piast II	161 792	163 733	1 941	80,9	74,1	88,5	0,001	0,001			
2	DN150	Poziom -147 - woda pitna szyb Holdunów	107 071	109 951	1 280	53,3	52,6	54,0	0,001	0,002			
3	DN200	Poziom -147 - woda przemysłowa szyb Piast II	281 711	284 086	2 375	99,0	85,5	104,5	0,004	0,004			

Rys. 7. Dobowy raport zbiorczy na ekranie w aplikacji wizualizacyjnej



**KWK PIAST-ZIEMOWIT RUCH ZIEMOWIT**  
**System monitorowania sieci rurociągów w wyrobiskach dołowych w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit**  
**Raport za okres od 2023-05-12 00:00:00 do 2023-05-12 23:59:59**  
**ppoż**

Nazwa	DN	Opis	Przepływ początkowy [m <sup>3</sup> ]	Przepływ końcowy [m <sup>3</sup> ]	Przepływ za okres [m <sup>3</sup> ]	Przepływ średni [m <sup>3</sup> /h]	Przepływ min [m <sup>3</sup> /h]	Przepływ max [m <sup>3</sup> /h]	P <sub>min</sub> [MPa]	P <sub>max</sub> [MPa]	L <sub>min</sub> [mm]	L <sub>max</sub> [mm]	Pusta rura
4	DN200	chodnik dojsciowy do # I	238 509	240 790	2 281	95,0	33,3	149,5	1,508	1,68			
5	DN200	Przekop E-1 p.o. 600 m	154 018	155 506	1 488	62,0	31,7	130,5	1,449	1,67			
6	DN150	skrzyżowanie przekopów kołowych E-1/E2	122 085	123 132	1 047	43,6	10,9	67,7	1,02	1,572			
7	DN150	przekop E-3 p.o. 3650 m	75 873	76 290	417	17,4	0,0	105,1	0,287	1,502			
9	DN150	Przekop P-1 p.o. 200 m	10 495	10 885	391	16,3	-17,2	60,0	1,416	1,668			
12	DN150	#I strona wozów pustych	123 736	125 104	1 368	57,0	39,6	88,2	1,233	1,646			
13	DN150	#I strona wozów pełnych	3	3	0	0,0	0,0	0,0	1,224	1,637			
14	DN150	przekop taśmowy C-1	0	0	0	0,0			0,002	0,002			X
15	DN150	przekop taśmowy C-4	15 238	15 534	296	12,3	0,0	21,3	1,13	1,535			
16	DN150	przekop do szybu „Szewczyk”	35 638	36 392	755	31,4	13,0	53,2	1,201	1,622			

P<sub>min</sub> – minimalne ciśnienie zarejestrowane w analizowanym okresie

P<sub>max</sub> – maksymalne ciśnienie zarejestrowane w analizowanym okresie

L<sub>min</sub> – minimalny poziom zarejestrowany w analizowanym okresie

L<sub>max</sub> – maksymalny poziom zarejestrowany w analizowanym okresie

*Rys. 8. Raport dobowy dla rurociągów systemu ppoż.*

**KWK PIAST-ZIEMOWIT RUCH ZIEMOWIT**  
**System monitorowania sieci rurociągów w wyrobiskach dołowych w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit**  
**Raport za okres od 2023-05-12 00:00:00 do 2023-05-12 23:59:59**  
**odwodnienie**

Nazwa	DN	Opis	Przepływ początkowy [m <sup>3</sup> ]	Przepływ końcowy [m <sup>3</sup> ]	Przepływ za okres [m <sup>3</sup> ]	Przepływ średni [m <sup>3</sup> /h]	Przepływ min [m <sup>3</sup> /h]	Przepływ max [m <sup>3</sup> /h]	P <sub>min</sub> [MPa]	P <sub>max</sub> [MPa]	L <sub>min</sub> [mm]	L <sub>max</sub> [mm]	Pusta rura
8	DN150	krzyżowanie przekopu P-1 z przekopem K-2	103 847	105 128	1 281	53,4	52,9	53,8	0,544	0,546			
10	DN200	Przekop P-1 – rurociąg odwadniający	165 542	167 560	2 017	84,1	58,5	224,1	0	0			
11	DN200	splyw wody z pokladu 215	104 840	106 162	1 321	55,1	27,1	201,8	0,003	0,041			
17	DN300	rurociąg odwadniający w przekopie taśmowym C-4	9 144	9 144	0	0,0	0,0	0,0	0,059	0,074			
18	DN200	przekop kołowy C-2 p.o. 300	256 654	259 983	3 329	138,7	0,0	271,4	0	0,917			
19	DN200	rurociąg odwadniający w pochylni 950					-2,3	68,4	0,07	0,085			
20	DN250	Przekop kołowy C-4 przed chodnikiem 1203											
21		Poziom I - poziom wody									647	1 103	
22		poziom wody przy #I									456	1 963	

P<sub>min</sub> – minimalne ciśnienie zarejestrowane w analizowanym okresie

P<sub>max</sub> – maksymalne ciśnienie zarejestrowane w analizowanym okresie

L<sub>min</sub> – minimalny poziom zarejestrowany w analizowanym okresie

L<sub>max</sub> – maksymalny poziom zarejestrowany w analizowanym okresie

*Rys. 9. Raport dobowy dla rurociągów systemu odwadniania*

**KWK PIAST-ZIEMOWIT RUCH ZIEMOWIT**  
**System monitorowania sieci rurociągów w wyrobiskach dołowych w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit**  
**Raport za okres od 2023-05-12 00:00:00 do 2023-05-12 23:59:59**  
**woda pitna**

Nazwa	DN	Opis	Przepływ początkowy [m <sup>3</sup> ]	Przepływ końcowy [m <sup>3</sup> ]	Przepływ za okres [m <sup>3</sup> ]	Przepływ średni [m <sup>3</sup> /h]	Przepływ min [m <sup>3</sup> /h]	Przepływ max [m <sup>3</sup> /h]	P <sub>min</sub> [MPa]	P <sub>max</sub> [MPa]	L <sub>min</sub> [mm]	L <sub>max</sub> [mm]	Pusta rura
1	DN200	Poziom -147 - woda pitna szyb Piast II	161 792	163 733	1 941	80,9	74,1	88,5	0,001	0,001			
2	DN150	Poziom -147 - woda pitna szyb Holdunów	107 671	108 951	1 280	53,3	52,6	54,0	0,001	0,002			
3	DN200	Poziom -147 - woda przemysłowa szyb Piast II	281 711	284 086	2 375	99,0	85,5	104,5	0,004	0,004			

P<sub>min</sub> – minimalne ciśnienie zarejestrowane w analizowanym okresie

P<sub>max</sub> – maksymalne ciśnienie zarejestrowane w analizowanym okresie

L<sub>min</sub> – minimalny poziom zarejestrowany w analizowanym okresie

L<sub>max</sub> – maksymalny poziom zarejestrowany w analizowanym okresie

*Rys. 10. Raport dobowy dla rurociągów wody pitnej*

Aplikacja pozwala na wygodną i intuicyjną konfigurację pod bieżące potrzeby użytkownika związane z wprowadzaniem zmian w instalacji. Dostęp do systemu oraz jego zaawansowanych funkcji jest możliwy tylko przez zdefiniowane konta użytkowników. Uprawnieni użytkownicy mają możliwość zmian lokalizacji punktów pomiarowych, podmiany map rejonów, określenia progów alarmowych itp. Użytkownicy o wyższym poziomie uprawnień mają prawa do administrowania innymi użytkownikami i ich uprawnieniami.

## 5. PODSUMOWANIE

W ramach modernizacji przepływomierzy zabudowanych na rurociągach systemu odwadniania uwzględniono zarówno czujniki przepływu wody, jak i ciśnienia. Posiadając informację dotyczącą przepływu i ciśnienia, kopalnia ma możliwość prowadzenia diagnostyki stanu pomp oraz rurociągu systemu odwadniania, np. nagły wzrost przepływu oraz spadek ciśnienia na rurociągach systemu odwadniania świadczy o jego rozszczelnieniu, sygnalizacja pustego rurociągu może oznaczać zapowietrzenie pompy odwadniającej lub nieszczelność pomiędzy punktem pomiarowym a pompą (lub samej pompy), a cofanie się wody może sygnalizować wyłączenie zasilania pompy lub uszkodzenie.

Pomiar strumienia objętości (przepływu) i ciśnienia wody słodkiej przez zabudowane czujniki umożliwia szybką lokalizację braku wody w rejonach eksploatacyjnych. W celu jak najszybszego zlokalizowania awarii w sieci ppoż. zainstalowano czujniki nie tylko na rurociągach zasilających instalacje znajdujące się w okolicy szybów, ale również w przekopach.

Lokalizacja uszkodzenia w rurociągach przeciwpożarowych w przekopach oraz ich rozgałęzieniach, które wynoszą ponad 60 km, jest czasochłonna, a w przypadku wykorzystania bieżących informacji z systemu SYSMON i zarejestrowanych danych z czujników w strategicznych lokalizacjach uległa znacznemu przyspieszeniu, co znacząco minimalizuje czas postoju ścian.

Dodatkową zaletą systemu jest ostrzeżenie użytkowników przez zadanie progów ostrzegawczych i alarmowych, co umożliwia natychmiastową reakcję na zaistniałe zdarzenia. Użytkownicy mają możliwość ustawienia progów sygnalizacji zarówno w przypadku spadku, jak i wzrostu ciśnienia i przepływu wody.

W całym zagadnieniu, jeśli mówimy o realnym zarządzaniu gospodarką wodną, istotne jest, by znać stan aktualny, czyli wiedzieć, czym zarządzamy. Na tej podstawie można wprowadzać kolejne etapy cyfryzacji z automatyzacją włącznie.

Ruch Ziemowit jest samowystarczalny w zakresie zużycia wody, zarówno do celów technologicznych, jak i bytowych. Precyzyjny monitoring rurociągów pozwala na zapewnienie parametrów instalacji dla celów technologicznych i bezpieczeństwa pożarowego. System pozwala również na wykrywanie stanów awaryjnych, nieszczelności oraz na monitoring poziomu wody w zbiornikach wyrównawczych, a pod względem hydrogeologicznym stosowany jest do bilansowania wód. Przepływomierze zainstalowane przy pompach pozwalają na faktyczny pomiar wydajności pomp, określenie ich sprawności, a tym samym pozwalają na diagnostykę wyprzedzającą przyszłe awarie oraz podjęcie działań zapobiegawczych. Dzięki zastosowaniu systemu, szybkiej diagnozie miejsca awarii oraz jej niezwłocznej naprawie zwiększyło się bezpieczeństwo załogi pracującej w wyrobiskach dołowych.

Monitoring rurociągów ppoż., technologicznych i wody pitnej może pozwolić na rezygnację z innych, mniej dokładnych metod oceny ilości wody, w tym metody pomiaru wód na podstawie czasu pracy pomp odwadniania kopalni i ich nominalnej wydajności [3]. Jednocześnie powstaje baza do bardziej efektywnego stosowania przez Ruch Ziemowit hydrotechnicznej metody ograniczania zrzutu słonych wód kopalnianych [4].

System monitoringu umożliwia podłączenie zdalnego sterowania zasuwami przewidzianymi do regulacji przepływu wody w rurociągach wody pitnej i przemysłowej. Regulacja przepływu będzie odbywała się z powierzchni i umożliwi służbom kopalnianym bezzwłoczne przekierowanie wymaganej ilości wody do zasilania instalacji ppoż. Dzięki monitorowaniu i kontroli ilości wody zmieni się system gospodarki wody pitnej i przemysłowej, kopalnia zmniejszy zużycie ilości wody pitnej, jaka aktualnie wykorzystywana jest do zasilania instalacji ppoż., oraz zwiększy wykorzystanie wody przemysłowej na powyższy cel. Uzyskana nadwyżka uzdatnionej wody może w przyszłości pozwolić, poprzez relining, zbilansować wodę kupowaną w Ruchu Piast. Działanie takie przyniesie oszczędności z tytułu zaprzestania zakupu wody przez Ruch Piast, natomiast doprowadzenie do sprzedaży wody podmiotowi zewnętrznemu powinno przynieść zyski.

System monitoringu i wizualizacji wód dołowych w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit od początku działania stał się bardzo przydatny dla załogi i pozwolił już w początkowej fazie na wskazanie przyczyn i usunięcie przekłamań w odczytach danych.

#### Literatura

- [1] Janik M., Augustyniak K., Domagała J., Kocurek P., Wąs G.: *Dotychczasowe doświadczenia i dalsze plany rozwoju wysoko-wydajnych kompleksów ścianowych w kopalni „Ziemowit”. Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań w zakresie monitoringu, wizualizacji, diagnostyki i sterowania dla optymalizacji procesu produkcyjnego.* [W:] *Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał związanych: monografia.* Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków 2013: 162–174.
- [2] *Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych.* Dz.U. z 2017 r., poz. 1118.
- [3] Lach R., Łabaj P., Bondaruk J., Magdziorz A.: *Monitoring wód kopalnianych odprowadzanych do rzek.* Prace Naukowe GIG. *Górnictwo i Środowisko*, Kwartalnik 2006, 1: 97–115.

- [4] Gruszczyński S., Motyka J., Mikołajczak J., Kasprzak A.: *Potrzeba wdrożenia zintegrowanego systemu monitorowania i dozowania wód kopalnianych do rzeki Wisły.* *Przegląd Górniczy* 2014, 8: 142–149.

*mgr inż. GRZEGORZ WĄS*  
*mgr inż. ADAM KLUSKA*  
*mgr inż. MAREK SOBOLOWSKI*  
*mgr inż. MARCIN GARBACZ*  
*mgr inż. MARCIN PAŁKA*  
*Polska Grupa Górnicza S.A.*  
*Oddział KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit*  
*ul. Granitowa 16, 43-155 Bieruń*  
*{g.was@pgg.pl, a.kluska}@pgg.pl*

*mgr inż. MAREK WOJTAS*  
*Elsta Elektronika Sp. z o.o.*  
*ul. Janińska 32, 32-020 Wieliczka*  
*marek.wojtas@elsta.tech*