

3

RESYS NOWY SYSTEM TELEKOMUNIKACYJNY DLA RATOWNICTWA GÓRNICZEGO

3.1 WPROWADZENIE

Prowadzenie robót górniczych na coraz to większych głębokościach wiąże się także ze wzrostem zagrożeń technicznych i naturalnych. Zadaniem służb ratownictwa górniczego jest odpowiednie przygotowanie się między innymi pod względem wyposażenia technicznego.

Centralna Stacja Ratownictwa Górniczego S.A. (CSRG) w myśl Ustawy Prawo geologiczne i górnicze [4] i stosownych aktów wykonawczych – Rozporządzenia Ministra Gospodarki z 2002 [3] stanowi jedno z ogniw służb ratownictwa górniczego. Jest podmiotem zawodowo trudniącym się ratownictwem górniczym. Aby móc sprostać wymaganiom jakie stawiane są przed służbami ratownictwa górniczego, CSRG uczestniczy (wspólnie z placówkami naukowo-badawczymi, uczelniami oraz producentami) w wielu projektach badawczych służących podniesieniu bezpieczeństwa i organizacji prowadzenia działań na zasadach akcji ratowniczych.

Dotychczasowe rozwiązania techniczne w zakresie środków łączności, które mogą być wykorzystane w czasie prowadzenia akcji ratowniczych z reguły opierały się na systemach przewodowych, względnie radiowych z wykorzystaniem przewodu promieniującego [2, 5] Doświadczenia w tym zakresie skłaniają się jednak do wykorzystania systemów radiowych [1]. Jednym z takich rozwiązań jest system telekomunikacyjny RESYS. Jest to nowy system radiowej łączności ratowniczej, monitoringu ratowników i transmisji danych (do bazy i sztabu akcji) związanych z bezpieczeństwem zastępu ratowniczego.

3.2 OGÓLNA BUDOWA SYSTEMU

System **RESYS** zbudowany jest z następujących elementów:

- aparat bazowy – Baza M1.0 wraz z osprzętem, (opcjonalnie z komputerem klasy PC) – jest to wyposażenie kierownika akcji na dole w bazie ratowniczej,
- osobiste wyposażenie ratownika – tzw. Komunikatory osobiste PC1.0,
- urządzeń tworzących bezprzewodową sieć szkieletową – Repeatery REP 1.0,

- linii telekomunikacyjnej, którą tworzy kabel optotelekomunikacyjny (jednowłókowy) rozwijany (w zależności od potrzeb) z odpowiednich bębnow kablowych,
- elementów sieci LAN – Mediakonwertery MC1.0.

Urządzeniami dodatkowymi są połączone z Komunikatorem osobistym PC 1.0 lub repeaterem REP1.0 za pomocą łącza radiowego 2,4 GHz: bezprzewodowe mikrofony domaskowe, osobiste pulsometry, sygnalizatory świetlno-dźwiękowe.

System RESYS służy przede wszystkim do radiowej łączności głosowej, pomiędzy kierownikiem akcji na dole (KAD) przebywającym w bazie ratowniczej wyposażonej w aparat bazowy typu Baza M1.0, a górniczymi zastępami ratowniczymi, których członkowie są wyposażeni w Komunikatory osobiste PC1.0 oraz do bezprzewodowej łączności pomiędzy ratownikami w ramach zastępu. Łączność głosowa odbywa się w trybie duplexowym tj. jednocześnie w obu kierunkach. Urządzenia systemu zapewniają także lokalizację ratowników, pomiar i przesył danych o częstotliwości akcji serca ratownika itp.

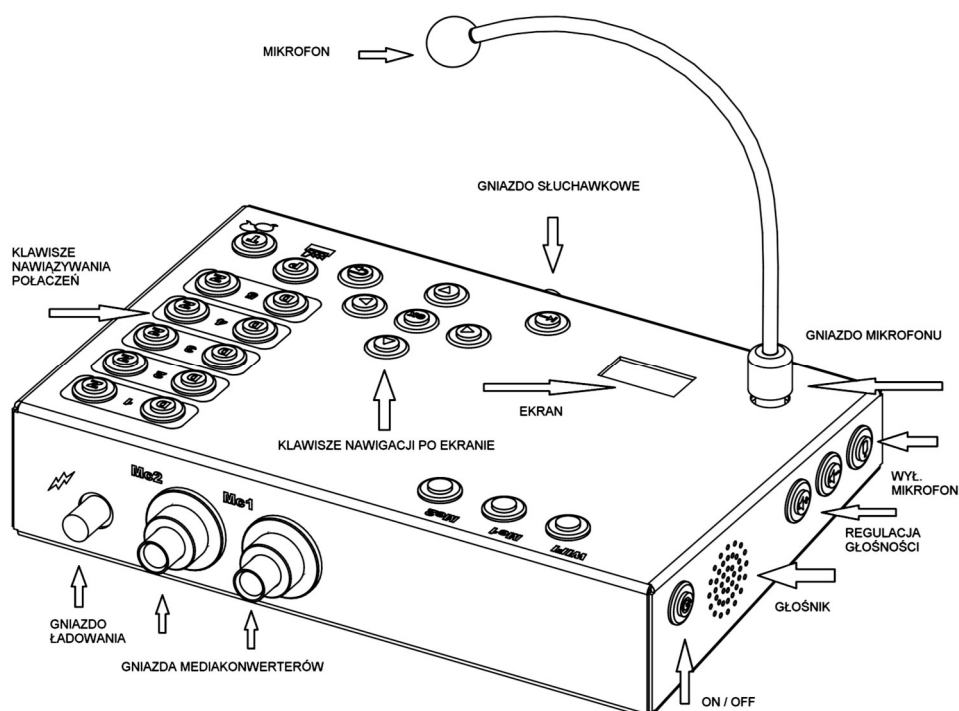
3.3 APARAT BAZOWY – BAZA M1.0

Widok oraz przeznaczenie poszczególnych elementów aparatu bazowego Baza M1.0 przedstawiono na rys. 3.1 oraz 3.2.



Rys. 3.1 Widok aparatu bazowego typu Baza M1.0.

Baza M1.0 jest urządzeniem wspomagania zarządzania akcją ratowniczą w podziemnych wyrobiskach górniczych, służącym łączności głosowej pomiędzy jej operatorem (najczęściej jest to kierownik akcji na dole KAD), a zastępowym zastępu ratowniczego. Aparat bazowy Baza M1.0 pozwala także, na komunikację i odbiór danych z czujników stanowiących wyposażenie ratowników (np. pulsometry) oraz innych współpracujących z bezprzewodową sieć szkieletową (repeatery REP 1.0).



Rys. 3.2 Przeznaczenie poszczególnych elementów aparatu bazowego typu Baza M1.0.

Za pomocą aparatu bazowego można nawiązać również łączność ze sztabem akcji na powierzchni (z wykorzystaniem sieci światłowodowej), o ile zakład górniczy jest wyposażony w taką sieć.

Baza M1.0 może również współpracować z komputerami, w których zainstalowano aplikację systemu RESYS, udostępniając im bieżące dane za pomocą standardu IEEE 802.11 (Wi-Fi) [5] lub łącza światłowodowego (w sztabie akcji na powierzchni).

Podstawowymi interfejsami komunikacyjnymi Bazy M1.0 są:

Mediakonwerter MC1 – światłowodowe połączenie z siecią repeterów typu REP 1.0,
 Mediakonwerter MC2 – światłowodowe połączenie ze sztabem akcji na powierzchni,
 Moduł Wi-Fi – radiowe połączenie z komputerem w bazie pod ziemią.
 Modem 2,4 GHz – bezprzewodowe połączenie z siecią repeterów typu REP 1.0,
 podłączenie bezprzewodowego zestawu słuchawkowego.

Baza M1.0 jest wyposażona w: głośnik, klawiaturę, wyświetlacz graficzny i złącza: (światłowodowe MC1, MC2, mikrofonowe, słuchawkowe, ładowania baterii) oraz układ zasilania akumulatorowego o pojemności 8,5 Ah, pozwalający na ok. 24 h ciągłej pracy.

Baza M1 oraz inne urządzenia systemu mają możliwość rejestracji prowadzonych rozmów oraz przesyłanych danych. System ma dodatkowo możliwość lokalizacji ratowników i ostrzegania w sytuacji gdy pozostają w bezruchu.

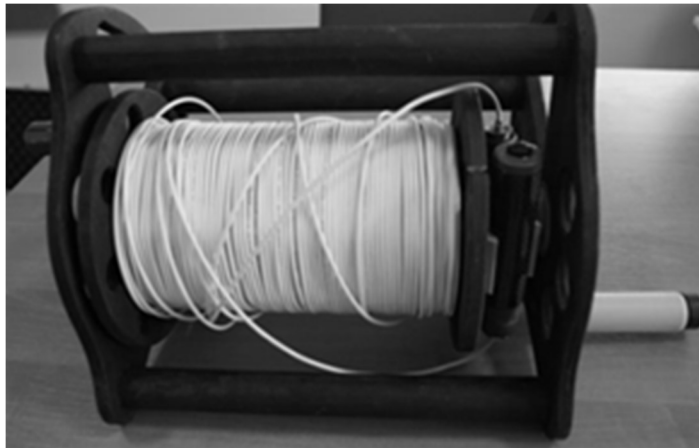
Lokalizacja ratowników jest ustalana na podstawie sygnałów radiowych z komunikatorów osobistych względem sąsiednich repeaterów oraz dodatkowych urządzeń instalowanych w danych punktach wyrobiska tzw. radiolatarni i jest

przedstawiana graficznie na ekranie komputerów z aplikacją Resys w bazie pod ziemią oraz w sztabie akcji na powierzchni. Aparat bazowy typu Baza M1.0 umożliwia komunikację głosową z 5 zastępami ratowniczymi w różnych rejonach prowadzenia akcji ratowniczej.

3.4 SIEĆ ŁĄCZNOŚCI RADIOWEJ

Komunikacja z Bazą M1.0 jest realizowaną poprzez radiową sieć szkieletową, którą tworzą:

- linia telekomunikacyjna, utworzona z kabla optotelekomunikacyjnego rozwijanego (w zależności od potrzeb) z odpowiednich bębnow kablowych, (rys. 3.3),
- repeatery REP 1.0, które tworzą bezprzewodową sieć szkieletową,
- mediakonwertery MC1.0.



Rys. 3.3 Widok jednego odcinka optotelekomunikacyjnej linii kablowej nawiniętej na bęben wraz z mediakonwerterem MC1.0. (z prawej strony bębna)

W celu zbudowania sieci szkieletowej, w wyrobisku należy rozmieścić odpowiednią ilość repeaterów. Repeatery REP 1.0 pełnią dwie podstawowe funkcje: przekaźników retransmitujących sygnały oraz punktów dostępu do sieci. Ilość repeaterów niezbędnych w danym wyrobisku jest uzależniona od warunków propagacyjnych fal na tym obszarze (rys. 3.4, 3.5). Do najważniejszych ograniczeń należą [6]:

- kształt wyrobiska korytarzowego – występowanie załamania, rozwidlenia i skrzyżowań; im bardziej kręty jest chodnik, tym więcej repeaterów należy zainstalować na tym obszarze,
- przekrój wyrobiska (zwykle w wyrobiskach górniczych o większych przekrojach propagacja fal radiowych jest ułatwiona),
- zabudowana infrastruktura w wyrobisku, tj. tamy, duże maszyny, które wpływają na większe tłumienie fal radiowych.



Rys. 3.4 Widok repeatera REP 1.0. zawieszony w wyrobisku



Rys. 3.5 Pierwszy repeater sieci połączony do bazy kablem optycznym z mediakonwerterem

Repeatery retransmitują dane uzyskane z poprzednich repeaterów, lub w przypadku – pierwszego repeatera, z bazy – do kolejnych repeaterów oraz innych urządzeń radiowych systemu będących w ich zasięgu radiowym.

Repeatery odbierają także sygnały od osobistych komunikatorów ratowników, a następnie retransmitują je do kolejnych repeaterów, umożliwiając komunikację z Bazą M1.0 oraz z innymi komunikatorami będącymi w zasięgu radiowym repeaterów. Opcjonalnie repeaterzy mogą być łączone ze sobą światłowodem za pośrednictwem mediakonwerterów MC1.0. Połączenie światłowodowe jest wykorzystywane także do komunikacji Bazy M1.0 lub pierwszego repeatera, ze sztabem akcji na powierzchni, przy wykorzystaniu istniejącej kopalnianej sieci światłowodowej.

Teoretyczna maksymalna ilość repeaterów pracujących w jednej sieci wynosi 255 szt. Jednak tak duża ilość urządzeń retransmitujących, będzie powodować kilkusekundowe opóźnienia. Z tego względu należy przyjąć, że realna maksymalna ilość repeaterów w sieci mieści się w przedziale pomiędzy 50-70 szt. Ze względu na polaryzację anten, repeaterzy powinny pracować w pozycji pionowej. Jest to zapewnione poprzez sposób mocowania urządzeń, polegający na podwieszaniu ich za karabińczyk umieszczony na końcu anteny, do elementów obudowy wyrobiska, tj. stropnic, wykładki etc., lub istniejących w wyrobisku elementów instalacji jak rurociągi, kable itp., za pomocą dowolnego zawiesia, np. haka wykonanego z drutu, odcinaka taśmy tekstylnej, linki, łańcuszka itp.

Repeatery należy umieścić w świetle chodnika, w taki sposób, aby najmniejsza odległość od ociosów, stropu i spągu, wynosiła, co najmniej 0,5 m. Jest on urządzeniem lekkim o niewielkich gabarytach, łatwym do noszenia i prostym w obsłudze. Masa repeatera gotowego do pracy to 440 g, z czego 140 g waży sam akumulator o pojemności 3 Ah. Akumulatory repeaterów pozwalają na 15 do 20 godzin pracy i są wymienne w strefie zagrożenia wybuchem. W repeaterach zastosowano anteny dookólne, celem uproszczenia ich instalacji.

Budowanie sieci radiowej w wyrobisku jest proste i wspomagane komunikatami głosowymi, odtwarzanymi w komunikatorze osobistym typu PC1.0. Daje to pewność użytkownikom, że postępują prawidłowo i tym samym usprawnia to budowę sieci. Pokrycie kilometrowego odcinka zasięgiem sieci szkieletowej, przy średnim zasięgu pomiędzy repeaterami 140 m, wymaga instalacji około 8 repeaterów. Repeatery mogą być także łączone przewodowo za pomocą mediakonwerterów połączonych światłowodem.

3.5 KOMUNIKATOR OSOBISTY PC1.0 - OSOBISTE WYPOSAŻENIE RATOWNIKA

Komunikator PC1.0 jest urządzeniem radiowym, umieszczonym na kasku ratownika w formie ochronnika słuchu (rys. 3.6 i 3.7). Rozwiązanie to sprawia, że pozostawia on pełną swobodę ruchu ratownika. Komunikacja w ramach zastępu odbywa się w trybie ciągłym (on-line), niewymagającym nawiązywania połączeń, tj. cały czas każdy słyszy każdego, wszyscy członkowie zastępu mogą ze sobą jednocześnie rozmawiać. Masa urządzenia gotowego do pracy wynosi 650 g, z czego sam akumulator waży 140 g. Jest on wymienny w strefie zagrożenia wybuchem. Pojemność akumulatora wynosi 3 Ah, co pozwala na około 12 godzin ciągłej pracy.



Rys. 3.6 Widok komunikatora osobistego PC1.0 ratownika

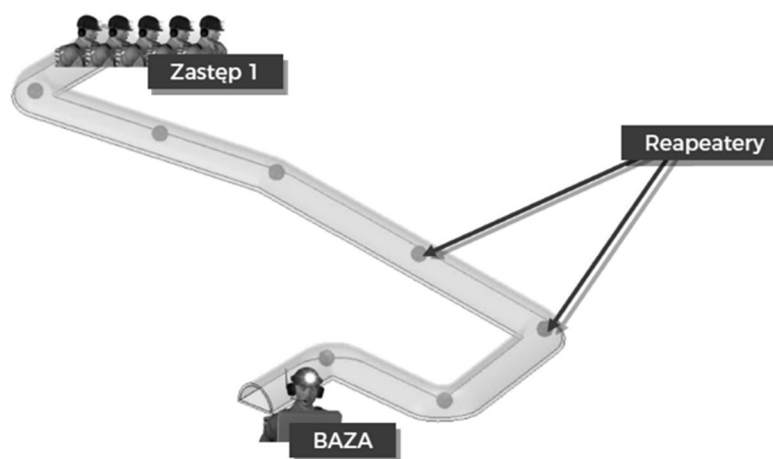


Rys. 3.7 Komunikator osobisty PC1.0 zainstalowany na helmie masce ratownika (pokazano lokalizację mikrofonu MB)

Połączenia z innymi komunikatorami realizowane są bezpośrednio, o ile członkowie zastępu znajdują się we wzajemnym zasięgu radiowym i/lub za pośrednictwem radiowej sieci szkieletowej zbudowanej w oparciu o repeatory REP

1.0, o ile członkowie zastępu są poza bezpośrednim wzajemnym zasięgiem radiowym.

Komunikatory osobiste jak i repeatery są urządzeniami radiowymi pracującymi na częstotliwościach 840-880 MHz, z mocą nadajnika nieprzekraczającą 500 mW [6]. Dostęp do medium transmisyjnego jest realizowany jednocześnie dwoma technikami (TDMA i FDMA). Komunikator PC1.0 oraz repeater REP 1.0 pozwalają także, na bezprzewodowy przesył danych pochodzących z samych urządzeń osobistych (np. poziom naładowania akumulatora, dane lokalizacyjne) oraz zewnętrznych czujników i urządzeń wykonawczych, wyposażonych w interfejs radiowy 2,4 GHz. Dane te są przesyłane do Bazy M1.0, a w razie wystąpienia stanów alarmowych do pozostałych członków zastępu. Struktura systemu RESYS w wyrobisku została przedstawiona na rys. 3.8.



Rys. 3.8 Schemat instalacji repeaterów w wyrobisku w systemie RESYS

3.6 PRÓBY RUCHOWE SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI RATOWNICZEJ

Wstępne próby przeprowadzono w wyrobiskach kopalni Guido w Zabrze. W testach wykonanych na poz. 320 m tej kopalni. Za pomocą 5 repeaterów uzyskano poprawną komunikację głosową na odległości 600 m. Sprawdzano również monitoring ratowników (w bazie) w odniesieniu do ich lokalizacji jak i parametrów fizjologicznych (częstość skurczów serca).

Kolejne testy systemu RESYS zostały przeprowadzone w KWK Krupiński. Badania miały na celu sprawdzenie propagacji fal radiowych w wyrobiskach i łączności fonicznej w warunkach występowania przeszkód, takich jak tamy, skrzyżowania i załamania poziome trasy chodników. W testach symulowanej akcji na poziomie 602 m uczestniczyły 2 zastępy ratowników. Z bazy pod ziemią rozwinięto odcinek światłowodowej linii kablowej o długości 50 m, po czym przyłączono do niej repeater (nr 1). Kolejne repeatery (nr 2...7) instalowano podwieszając je pod stropem wyrobiska, w ich świetle lub na skrzyżowaniach na zaplanowanej trasie dojścia do miejsca symulowanej akcji. Podczas testów ratownicy używali zestawów komunikacyjnych w wersji z mikrofonem na

wysięgnięciu (testy bez użycia aparatów oddechowych). W tabeli 3.1 przedstawiono szacunkowe odległości instalacji repeaterów, które umożliwiły nawiązanie łączności głosowej na całej trasie w zależności od przeszkód znajdujących się w wyrobiskach.

Średnia odległość między przekaźnikami łącza radiowego wynosiła 127 m. Na całej trasie od 1-go do 7-go repeatera łączność z bazą zastępowego, jak i członków zastępu pomiędzy sobą była poprawna.

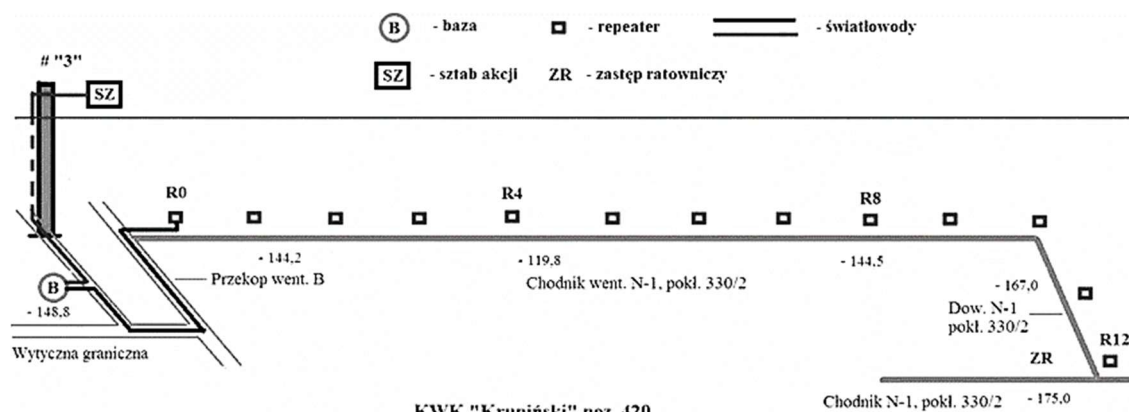
Tabela 3.1 Szacunkowe odległości między repeaterami w zależności od przeszkód występujących na trasie prób w kopalni Krupiński

Nr Rp	Zasięg [m]	Przeszkody
1	80	tama
2	243	tama murowana
3	35	2 załamania
4	117	
5	160	
6	132	
7	121	tama
razem	888	+50m (kabel) = 938 m
śr./odch.std	127	65
min./max	35	243

W następnych testach w kopalni sprawdzano transmisję danych z bazy podziemnej do sztabu na powierzchni, przy wykorzystaniu dwóch linii światłowodowych dla celów jednoczesnej transmisji głosowej oraz pozostałych danych.

Uzyskano w ten sposób połączenie aparatu bazowego poprzez kopalnianą sieć telekomunikacyjną z urządzeniem sztabowym (laptop) usytuowanym w pomieszczeniach dyspozytorskich. Drugi odcinek kabla optycznego (ok. 300 m) został poprowadzony od bazy do pierwszego repeatera podwieszono w wyrobisku. Próby prowadzono w wyrobiskach oddalonych od bazy o 2 km. Ratownicy posługiwali się aparatami oddechowymi roboczymi typu BG4 (konieczność stosowania mikrofonów bezprzewodowych). Wizualizacja prowadzonych prób została przedstawiona na rys. 3.9. Po rozwinięciu linii kablowej do chodnika wentylacyjnego N-1 zastęp przeszedł tym chodnikiem ok. 1500 m do skrzyżowania z dowerzchnią N-1 w pokładzie 330/2, a po jej pokonaniu dotarł do skrzyżowania z chodnikiem N-1 w pokładzie 330/2 (rys. 3.9).

Operator w bazie utrzymywał stałą łączność z zastępowym i na żądanie z poszczególnymi członkami zastępu. Wytypowany ratownik podwieszał kolejne repeatory pod stropem wyrobisk, a zastępowy podawał orientacyjne miejsce lokalizacji repeatrów, aż do ostatniego R12 usytuowanego na skrzyżowaniu dowerzchni N-1 z chodnikiem N-1 (rys. 3.9).



KWK "Krupiński" poz. 420
Rys. 3.9 Schemat rozmieszczenia urządzeń podczas prób prowadzonych w wyrobiskach kopalni Krupiński

Zastęp po osiągnięciu odległości około 2 km od bazy utrzymywał nadal poprawną łączność z bazą. Rozmowy z zastępowym i monitoring ratowników były transmitowane do sztabu na powierzchni. Podczas podjętej symulacji działań ratowniczych trwającej łącznie 2 godz. nie zanotowano przypadków konieczności wymiany baterii w żadnym z użytych urządzeń.

Średnia odległość łącza radiowego między repeaterami wynosiła w tych próbach 142 m i była tylko o 15 m dłuższa od osiągniętej w warunkach dużego nagromadzenia przeszkód podczas poprzednich testów.

3.7 WNIOSKI

1. Urządzenia systemu RESYS uzyskały pozytywną ocenę GIG KD „Barbara” w zakresie możliwości spełnienia wymagań do pracy w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem.
2. Próby ruchowe wykonane w różnych warunkach dołowych, potwierdzają jego przydatność dla zastępów ratowniczych i spełniły oczekiwania służb ratownictwa górniczego.
3. System łączności radiowej RESYS może stanowić podstawę do prowadzenia pomiarów wybranych parametrów atmosfery kopalnianej w miejscu pracy zastępu ratowniczego oraz w innych szczególnie uciążliwych miejscach pracy górników.

System RESYS został zrealizowany w ramach zadania nr 7 strategicznego projektu badawczego „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach” współfinansowanego przez NCBiR pn.

„Opracowanie funkcjonalnego systemu bezprzewodowej łączności ratowniczej z możliwością stosowania w wyrobiskach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego”.

Zadanie to realizowało konsorcjum: Akademia Górniczo-Hutnicza, Główny Instytut Górnictwa, Instytut Łączności - Państwowy Instytut Badawczy, Centralna Stacja Ratownictwa Górniczego S.A., EC Project Sp. z o.o., M&A Capital Sp. z o.o., Profil Met.

LITERATURA

1. A. Chłopek, M. Bagiński, J. Syty, P. Golicz. „Systemy łączności w ratownictwie górniczym, a obecne oczekiwania funkcjonalne”. *Szkoła Aerologii Górniczej*, nr 6, pp. 529-539, 2011.
2. K. Miśkiewicz, A. Wojaczek. *Systemy radiokomunikacji z kablem promieniującym w kopalniach podziemnych*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2010.
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 12 czerwca 2002 r. w sprawie ratownictwa górniczego. (Dz. U. z 2002 r. Nr 94, poz. 838)
4. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 1 lipca 2016 roku w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy. (Dz. U. z 2016 r. poz. 1131)
5. A. Wojaczek, A. Wojaczek. „Systemy radiowe w kopalniach podziemnych”. *Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji*, z. 1 (13), pp. 337-349, 2016.
6. C. Worek, M. Warzecha. „Analiza propagacji fal elektromagnetycznych w podziemnych wyrobiskach górniczych,” *Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2009*, Sympozja i Konferencje nr 74, Kraków, 16-20.02.2009, pp. 380-381.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 10.2016

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 03.2017

dr inż. Piotr Buchwald

Centralna Stacja
Ratownictwa Górniczego S.A.
ul. Chorzowska 25, 41-902 Bytom, Polska
e-mail: info@csrg.bytom.pl

mgr inż. Piotr Golicz

Centralna Stacja
Ratownictwa Górniczego S.A.
ul. Chorzowska 25, 41-902 Bytom, Polska
e-mail: info@csrg.bytom.pl

mgr inż. Janusz Śliwa

Centralna Stacja
Ratownictwa Górniczego S.A.
ul. Chorzowska 25, 41-902 Bytom, Polska
e-mail: info@csrg.bytom.pl

mgr Aleksandra Kowalik

PROFIL MET spółka jawna JASIŃSKI LEITER
ul. Chorzowska 37,
41-709 Ruda Śląska, Polska
e-mail: a.kowalik@2rhp.pl

RESYS – NOWY SYSTEM TELEKOMUNIKACYJNY DLA RATOWNICTWA GÓRNICZEGO

Streszczenie: W artykule autorzy prezentują nowy system telekomunikacyjny przeznaczony dla zastępów ratowniczych. RESYS to system fonicznej łączności radiowej, transmisji danych oraz monitoringu ratowników biorących udział w akcjach ratowniczych w podziemnych zakładach górniczych. Został on wykonany w ramach jednego z zadań projektu badawczego dotyczącego poprawy bezpieczeństwa pracy w kopalniach pt.: „Opracowanie funkcjonalnego systemu bezprzewodowej łączności ratowniczej z możliwością stosowania w wyrobiskach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego”.

Słowa kluczowe: ratownictwo górnicze, łączność ratownicza, akcje ratownicze

RESYS - A NEW TELECOMMUNICATIONS SYSTEM DESIGNED FOR RESCUE TEAMS

Abstract: In the article the authors present a new telecommunications system designed for rescue teams. RESYS system provides: phonic radio communications, data transmission and monitoring of rescuers involved in the rescue operations in underground mines. It was made in the scope of one of the tasks of a research project which was related with improvement of work safety in mines, entitled: "Develop a functional system of wireless rescue communication with the possibility of use in mine excavation exposed to the risk of methane or/and coal dust explosion".

Key words: mine rescue, rescue communication, rescue operations