



## MODELOWANIE GIS – POSZUKIWANIE OPTYMALNEJ LOKALIZACJI PUNKTÓW SIECI OBSERWACYJNYCH W KOPALNIACH ODKRYWKOWYCH

Paweł FRĄCKIEWICZ - Marcin GIL - Kinga WILK

## GIS MODELING – SEARCHING FOR OPTIMAL LOCATION OF OBSERVATION NETWORK POINTS IN OPEN-PIT MINING



Sustainability - Environment - Safety '2018

### ABSTRAKT

*W artykule omówiono wykorzystanie oprogramowania „Open Source” Quantum QIS do poszukiwania optymalnej lokalizacji punktów sieci obserwacyjnych w kopalniach odkrywkowych. Monitorowanie zagrożeń związanych z obszarami górniczymi wymaga odpowiednio opracowanych sieci pomiarowych. Geometria sieci powinna zapewniać jej stabilność, dokładność oraz możliwość badania zmian w wyrobisku nawet po jego zamknięciu. Poszukiwanie optymalnej sieci wspomaga oprogramowanie do analiz przestrzennych oparte na zapytaniach rastrowych i wektorowych. Pozyskane dane w postaci Numerycznego Modelu Terenu oraz istniejące ogólnodostępne bazy dają możliwość efektywniejszego doboru lokalizacji dla dużych obszarów górniczych. Pozyskiwanie danych umożliwiają standardowe nowoczesne instrumenty, do których należy technologia GNSS i bezzałogowe systemy latające UAS. W Polsce występuje wiele kopalni odkrywkowych, które po zakończeniu wydobycia wymagają monitoringu ze względu na budowę geologiczną.*

**SŁOWA KLUCZOWE:** kopalnie odkrywkowe, sieci obserwacyjne, analizy przestrzenne

### ABSTRACT

*The article discusses the use of "Open Source" software Quantum QIS is the search for the optimal location of observation network points in opencast mining. Monitoring of threats related to mining areas requires properly developed measurement networks. The network geometry should ensure its stability, accuracy and the ability to study changes in the excavation even after its closure. The search for the optimal network supports software for spatial analysis based on raster and vector queries. The acquired data in the form of Numerical Area Model and the existing available databases give the possibility of more efficient location selection for large mining areas. Data acquisition is made possible by standard modern instruments, including GNSS technology and UAS unmanned aircraft systems. There are many opencast mines in Poland that require monitoring due to the geological structure.*

**KEY WORDS:** opencast mines, observation networks, spatial analyzes

## WPROWADZENIE

Systemy informacji geograficznej - GIS (*ang. Geographic Information System*) to systemy łączące ze sobą bazy danych geograficznych, sprzęt komputerowy i oprogramowanie wraz z ich twórcami i użytkownikami. Zestawione dane w bazach są identyfikowane zgodnie z ich położeniem. Sprzęt komputerowy pozwala na ich gromadzenie i przechowywanie, a oprogramowanie pozwala na ich sortowanie i wyświetlanie [1]. W odniesieniu do systemów GIS znajdujemy nierzadko uszczegółowienie mówiące o systemach informacji o terenie (*ang. land information system, LIS*) i systemach informacji o budynkach oraz inne systemy pozwalające na zarządzanie. Grupują one poszczególne zagadnienia w odniesieniu do map wielkoskalowych wykorzystując pełen zakres tematyki GIS [4].

Podstawową interpretacją skrótu GIS jest oprogramowanie pozwalające na prezentację określonych informacji w postaci cyfrowej w odniesieniu do ich przestrzennego położenia. Wymieniona charakterystyka wynika z początkowej definicji systemów informacji geograficznej odnoszącej się wyłącznie do komponentu oprogramowania. Rozwój systemów informatycznych w ostatniej dekadzie XX-wieku rozszerzył definicję o włączenie pojedynczego użytkownika do grupy innych użytkowników wykonujących operacje analiz przestrzennych. Systemy informacji odnoszą się nie tylko do badanych zjawisk, ale również, do jakości i sposobu odbioru uzyskanych wyników [6].

Wolne i otwarte oprogramowanie - WiOO (*ang. Free and Open Source Software - FOSS*) jest udostępniane na licencjach pozbawionych wielu ograniczeń. Pozwala na bezpłatne wykorzystywanie w celach naukowych, dydaktycznych oraz komercyjnych. Oprogramowanie może być rozpowszechniane, a uzyskane wyniki i opracowania wykorzystywane w celach zarobkowych. Do takiego oprogramowania można zaliczyć Quantum GIS (QGIS). Należy do najpopularniejszego oprogramowania systemów informacji przestrzennej na licencji „Open Source”. Dzięki swojej prostocie oraz sukcesywnym aktualizacjom uzyskuje coraz większą popularność oraz pozwala na bezpłatne i komercyjne analizy [12].

Niniejsze opracowanie koncentruje się na sposobie wykorzystania wolnego i otwartego oprogramowania do analiz przestrzennych w celu lokalizacji punktów sieci obserwacyjnych dla kopalni odkrywkowych. Numeryczny model terenu (NMT) stworzony na podstawie zdjęć lotniczych wykonanych dronem wykorzystano do przeprowadzenia zapytań i analiz przestrzennych w programie Quantum GIS. Uzyskane opracowania pozwalają na wybór najdogodniejszych miejsc obserwacyjnych sieci pomiarowych w celu monitorowania oddziaływania kopalni odkrywkowych na otaczające środowisko.

## 1. SYSTEMY INFORMACJI PRZESTRZENNEJ

Systemy informacji geograficznej (GIS) lub systemy informacji przestrzennej (SIP) to systemy służące do pozyskiwania, przechowywania, przetwarzania oraz udostępniania informacji zgromadzonych w bazach danych geograficznych. Systemy komputerowe, oprogramowanie wraz z twórcami i użytkownikami tworzą unikatowe zestawienie pozwalające na tworzenie analiz przestrzennych [7].

Bazy danych zawierają informacje w odniesieniu do ich położenia geograficznego. Szczegółowość danych zależy od wielkości analizowanego obszaru. Dokładność danych dla niewielkiego obszaru gminy lub kopalni odkrywkowej będzie dużo większa niż danych w odniesieniu do terytorium całego kraju. Następuje generalizacja danych ze względu na obszar, ale uproszczenie modelu musi zostać zachowane względem stawianego celu analizy. Dane geograficzne w systemach GIS mogą być pozyskiwane dwojako. Na podstawie istniejących dokumentów w wersji papierowej podlegających digitalizacji lub bezpośrednich pomiarów terenowych. Informacje znajdujące się w bazie mają charakter atrybutów opisowych i przestrzennych. Atrybuty opisowe opisują relacje pomiędzy obiektami oraz przechowują nieprzestrzenne dane, a atrybuty przestrzenne określają położenie oraz geometrię analizowanych obiektów [1], [8].

Celem usystematyzowania danych zgromadzone informacje są zestawione w warstwach tematycznych. Swoim zakresem warstwy obejmują ten sam obszar, ale dotyczą różnych atrybutów opisowych. Dane są przedstawiane w postaci wektorowej lub rastrowej. Oprogramowanie GIS pozwala użytkownikom na zapytania przestrzenne do zgromadzonych informacji dotyczących ich lokalizacji, zależności pomiędzy występującymi zjawiskami, ich zmienności w czasie, a nawet sprawdzenie uwarunkowań terenowych do ich występowania.

## 2. OPROGRAMOWANIE QUANTUM GIS

Pojęcie wolnego i otwartego oprogramowania (WiOO) dotyczy dwóch aspektów: modelu oprogramowania oraz modelu jego tworzenia. WiOO pozbawione jest wielu ograniczeń, a jego otwartość dotyczy możliwości bezpłatnego wykorzystywania. Licencja pozwala na stosowanie oprogramowania w celach naukowych, dydaktycznych oraz komercyjnych. Software może być rozpowszechniany, a uzyskane wyniki i opracowania wykorzystywane w celach zarobkowych. Do darmowych oprogramowań GIS możemy zaliczyć: Quantum GIS (QGIS), GRASS, SAGA GIS, ILWIS itp [12].

Wśród wymienionych programów na szczególną uwagę zasługuje Quantum GIS (QGIS). Należy do najpopularniejszego oprogramowania systemów informacji geograficznej na licencji „Open Source” i ma zasięg globalny. Program budują programiści, tłumacze oraz użytkownicy z całego świata. Ostatnia grupa testując możliwości oprogramowania wychwytuje występujące błędy oraz niedoskonałości programu. Zgłoszenia błędów rejestrowane w bazie są usuwane wyłącznie przez programistów oczekujących zmiany, jednak ze względu na dostępność kodu każdy może dodawać zmiany. Podstawowym systemem operacyjnym dla QGIS jest system Linux, dlatego tak mało efektywne jest testowanie oprogramowania w systemie Windows[6],[12].

Quantum GIS pozwala na odczyt, analizę i zapis danych wektorowych i rastrowych w wielu formatach. Dodatkowe wtyczki programowe rozszerzają bazę funkcji programu. Początkowo program był zorientowany na warstwy wektorowe, ale dostępność danych w postaci rastrowej zmusiła programistów do wprowadzenia zaawansowanych funkcji do operacji ich analiz. Dzięki swojej prostocie oraz sukcesywnym aktualizacjom uzyskuje coraz większą popularność oraz pozwala na bezpłatne i komercyjne analizy.

Klasyczne funkcje analizy danych przestrzennych mogą być stosowane do realizacji zapytań dotyczących wyboru lokalizacji punktów sieci obserwacyjnych do monitorowania nieczynnych kopalni odkrywkowych. QGIS umożliwia import danych, wstępną obróbkę, przeprowadzanie analiz oraz wizualizację wyników w postaci mapy. Uwagę zwraca usługa WFS pozwalająca na śledzenie występujących zmian oraz edycję atrybutów danych geograficznych i opisowych przedstawianych danych.

## 3. KOPALNIE ODKRYKOWE- KAMIENIOŁOM „ZGÓRSKO”

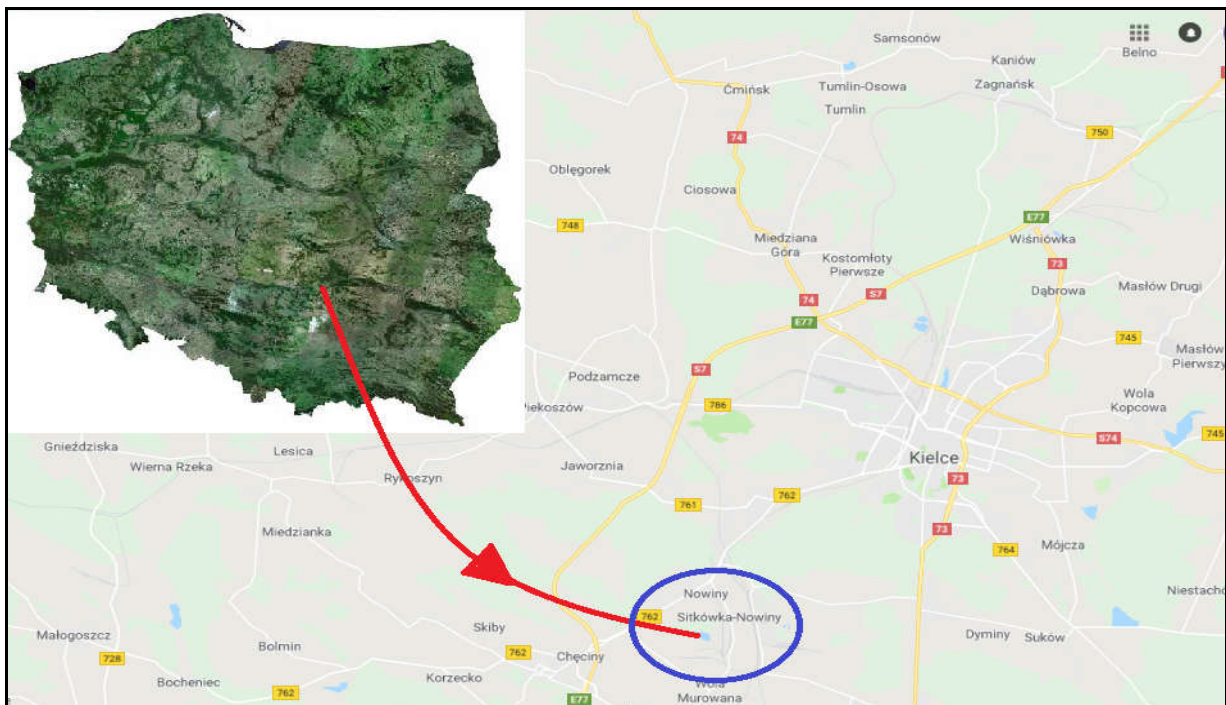
W Polsce istnieją tysiące kopalń odkrywkowych ze względu na potrzeby budownictwa i drogownictwa. Wiele z nich istnieje w postaci nieczynnych obiektów, które wymagają monitorowania celem obserwacji ujemnego ich oddziaływania. Zakończenie eksploatacji nie kończy szkodliwego oddziaływania na otaczające środowisko. Kopalnie odkrywkowe są najczęściej pozbawione zabudowań w obrębie swojego oddziaływania, ale ich wpływ na ukształtowanie terenu i otaczające środowisko należy do głównych problemów szkodliwych skutków eksploatacji. Działalność kopalni odkrywkowych jest krótka i najczęściej wynosi tylko kilka lat. Po zakończeniu prac wydobywczych najczęściej negatywne skutki dewastacji terenu ustają, ale wymagają cyklicznych obserwacji [5].

Do podstawowych negatywnych skutków oddziaływania kopalni odkrywkowych należą zmiany rzeźby terenu, naruszenie struktury geologicznej skał i zmiany ich właściwości oraz zmiany warunków wodnych. Najczęściej po zakończeniu eksploatacji zmiany się stabilizują i nie powodują dodatkowego ujemnego oddziaływania pod warunkiem przywrócenia pierwotnej lub innej funkcji terenu - rekultywacji obszaru. W innych przypadkach oddziaływania np. warunków atmosferycznych

mogą powodować dalsze zmiany struktury geologicznej prowadząc w ostateczności do przemieszczenia mas skalnych. Zakłócenie występującej równowagi naprężeń górotworu może prowadzić do nagłych i trudnych do przewidzenia skutków.[3]

W przypadku kopalni odkrywkowych najczęściej występującymi zmianami są deformacje ciągłe i nieciągłe. Deformacje ciągłe to odkształcenia poziome lub pionowe oraz krzywizny. Wstępujące odkształcenia najczęściej związane są z odprężeniem górotworu i powstawaniem deformacji w kierunku pustki eksploatacyjnej. Deformacje nieciągłe spowodowane są najczęściej nieciągłościami struktury skał. Pęknięcia i szczeliny w kopalniach odkrywkowych na ogół wywołane są procesem technologicznym wydobywania, ale mogą również występować w wyniku migracji wód, warunków atmosferycznych oraz naruszenia struktury przez występującą roślinność drzewiastą[3], [9].

Przykładem obiektu wydobywania odkrywkowego jest nieczynna kopalnia wapienia dewońskiego - kamieniołom Zgórsko. Obiekt położony w województwie świętokrzyskim na terenie gminy Sitkówka-Nowiny ok. 10 km od Kielc (rys.1). Eksploatację rozpoczęto w 1928 roku z inicjatywy braci Goldferbów. Pierwotnie wydobywanie prowadzono ręcznie w systemie zmianowym, a po II wojnie światowej eksploatację prowadzono mechanicznie. Początkowo urobek wykorzystywano jak tłużeń, a dopiero później na cele wapiennicze i cementowe. Od 1966 do 1990 roku wydobyty surowiec wykorzystywano przez Zakłady Cementowo-Wapiennicze w Nowinach. W 1990 roku zakończono wydobywanie i zalano obiekt wodą do głębokości 5 metrów. Obiekt dzierżawiło Towarzystwo Wędkarskie „Nowiny” prowadząc hodowlę ryb. Obecnie ze względu na brak szczelności górotworu i parowanie stan wody znacznie się obniżył. Aktualnie obiekt służy do celów rekreacyjnych i turystycznych. Budowa geologiczna oraz prowadzona eksploatacja spowodowały występowanie dużych luźnych bloków skalnych, które stanowią niebezpieczeństwo(rys.2). Monitorowanie kamieniołomu jest więc niezbędne.



*Rys. 1 - Położenie geograficzne obszaru badań*



*Rys. 2 - Kamieniołom Zgórsko*

#### 4. SIECI POMIAROWE W KOPALNIACH ODKRYKOWYCH

Podstawowym dokumentem charakteryzującym sieci pomiarowe w zakładach górniczych jest Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej z 28 października 2015 roku. Rozporządzenie reguluje między innymi wymagania dotyczące prowadzenia prac geodezyjnych: zakładania osnowy, prowadzenia i dokładności pomiarów.

Założenie odpowiedniej osnowy pomiarowej zależy od rodzaju i dokładności kontrolowanych wskaźników deformacji. Ocenę wskaźników deformacji prowadzi się metodami statystycznymi lub geostatystycznymi w celu dalszej prognozy występowania zjawisk. Badanie wskaźników: obniżenia terenu, przemieszczeń poziomych, nachyleń terenu, odkształceń poziomych i krzywizn opiera się na wynikach zrealizowanych prac geodezyjnych.

Współczesne instrumenty geodezyjne pozwalają na wyznaczenie sieci pomiarowych z bardzo wysoką dokładnością wynoszącą kilka milimetrów. Deformacje pogórnice powodują przemieszczenia punktów wielokrotnie przekraczające dokładność, z jaką zostały wyznaczone. W związku z tym Rozporządzenie w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej dopuszcza dla geodezyjnych osnow podstawowych na terenach kopalni średni błąd położenia punktów  $m_p \leq 0,15$  m oraz średni błąd azymutu boków  $m_A \leq 45^{\circ}$ . Podstawowa sieć pomiarowa na terenach górniczych powinna być zastabilizowana trwale i nawiązana do podstawowej osnowy geodezyjnej położonej poza obszarem oddziaływań. Pozioma szczegółowa osnowa powinna charakteryzować się średnim błędem położenia punktów  $m_p \leq 0,30$  m oraz średnim błędem azymutu boków  $m_A \leq 100^{\circ}$ . Jeżeli to możliwe powinna być zastabilizowana trwale i razem z osnową podstawową stanowić bazę dla nawiązania sieci pomiarowej na czas trwania eksploatacji lub też niedługo po zakończeniu. Średni błąd położenia punktu osnowy pomiarowej nie powinien przekraczać  $m_p \leq 0,50$  m oraz średni błąd azymutu boków  $m_A \leq 500^{\circ}$ . [10], [11].

Zaprezentowane dokładności świadczą, że w przypadku badania terenów górniczych ważniejsze są inne aspekty niż milimetry błąd położenia punktu. W celu prognozowania i monitorowania kopalni należy zakładać bazy pomiarowe - geodezyjne linie obserwacyjne, które charakteryzują się stabilnością oraz wzajemną widzialnością punktów, a odległość pomiędzy poszczególnymi punktami linii powinna być sobie równa lub zbliżona.

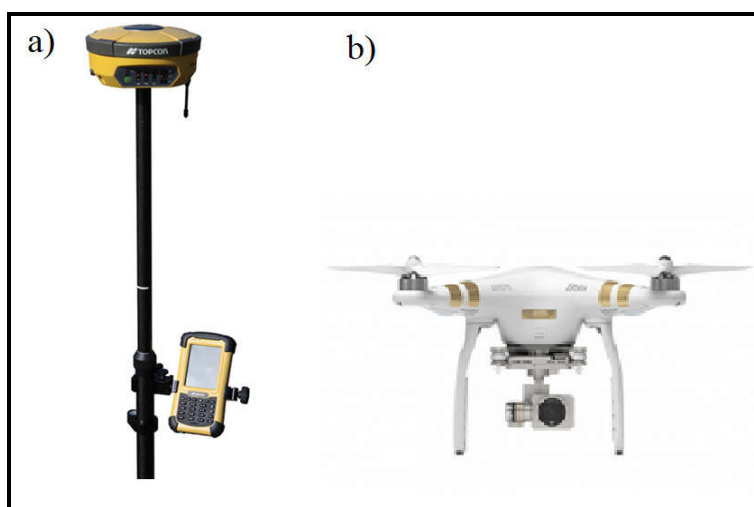
## 5. BEZPOŚREDNIE I POŚREDNIE METODY PLANOWANIA SIECI POMIAROWYCH.

Wybór optymalnej lokalizacji osnowy na terenach kopalni odkrywkowych można prowadzić bezpośrednio w terenie poszukując odpowiednich miejsc lub pośrednio wytypować miejsca (obszary) przy zastosowaniu oprogramowania do analiz przestrzennych. Pierwsza metoda jest efektywna w przypadku niewielkich terenów objętych negatywnym oddziaływaniem obszaru górniczego. Dla rozległych terenów górniczych poszukiwanie optymalnej lokalizacji może trwać bardzo długo ze względu na wymagane warunki wzajemnej widoczności punktów i długości baz. Oprogramowanie wspomaga proces decyzyjny pod warunkiem pracy na aktualnych danych geograficznych.

Bezzałogowe systemy latające (UAS - *ang. Unmanned aircraft systems*) należą obecnie do podstawowych instrumentów wykorzystywanych w geodezji. Urządzenia UAS są wyposażone w nośniki skanujące - aparaty fotograficzne i kamery video umieszczone na stabilizatorach w celu zapewnienia stabilności i wysokiej jakości wykonanych obrazów [2].

Dla istniejącego kamieniołomu Zgórsko założono 25 fotopunktów równomiernie rozłożonych. Współrzędne określono technologią GNSS za pomocą odbiornika TOPCON GRS-1 (rys.3a). Wykonano nalot dronem DJI Phantom 3 (rys.3b). Zrealizowano 3 naloty obszaru - każdy po 15 minut. Uzyskano łącznie 297 zdjęć lotniczych.

Numeryczny Model Terenu badanego obszaru opracowano w programie Agisoft PhotoScan. Wyrównano pozyskane zdjęcia i stworzono gęstą chmurę punktów. Następnie wykonano siatkowanie i teksturowanie modelu. Uzyskany model wiernie odwzorowywał obszar kamieniołomu.



Rys. 3 - DJI Phantom 3

## 6. ANALIZY PRZESTRZENNE

Pierwszym etapem analizy przestrzennej w celu poszukiwania optymalnej lokalizacji punktów sieci obserwacyjnej powinno być precyzyjne określenie założeń, które muszą spełniać poszukiwane punkty (obszary). W przypadku kopalni odkrywkowych podstawowym założeniem jest wzajemna widoczność punktów sieci. Ukształtowanie obszaru górniczego, proces technologiczny i sposób transportu nie może uniemożliwiać prowadzenie obserwacji kopalni.

Drugim kryterium wyboru lokalizacji punktów jest ich równomiernie rozmieszczenie - długości poszczególnych boków osnowy powinny być równe lub zbliżone do siebie. Punkty powinny być zastabilizowane maksymalnie poza obszarem wydobywania jednocześnie umożliwiając obserwacje każdej części obiektu. Dodatkowo powinny być oddalone od dróg wewnętrznych służących do transportu, aby były pozbawione oddziaływania drgań z tym związanych. Wysokościowe położenie punktów sprowadza się głównie do stabilizacji ich na powierzchniach płaskich tj.o niewielkim nachyleniu – maksymalnie 10 stopni.

Wśród ogólnodostępnych danych służących do optymalizacji wyboru lokalizacji sieci można wymienić bazę danych GIS - mapa hydrograficzna. Baza zawiera informacje dotyczące poziomu wodonośnego i jego głębokości. Zmienność warunków wodnych destabilizuje w czasie położenie punktu w szczególności jego wysokości. Dostępne informacje pozwalają na wykluczanie lub minimalizowanie obszarów efektywnej lokalizacji punktów.

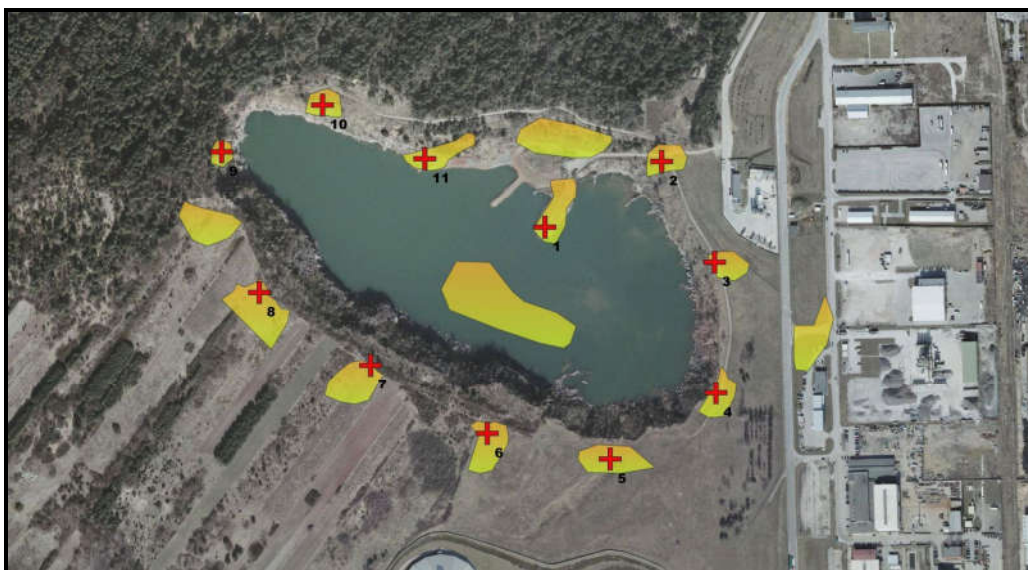
Na potrzebę realizowanych prac wykorzystano wygenerowany Numeryczny Model Terenu oraz bazę danych - mapa hydrograficzna WMS w programie QGIS. Opracowanie wykonano w programie QGIS przy zastosowaniu następujących narzędzi: kalkulator rastra, poligonizacja rastra na wektor, bufor wokół obiektów zielonych oraz wyznaczenie obszarów o spadku mniejszym niż 10 stopni.

Kolejno wyselekcjonowano obszary, których spadek nie przekracza określonego nachylenia. Od otrzymanego fragmentu odjęto obszary związane z buforem stref zielonych w celu zachowania wzajemnej widoczności punktów. Całość skontrolowano z podkładem ortofotomapy WMS oraz wykonanymi zdjęciami lotniczymi.

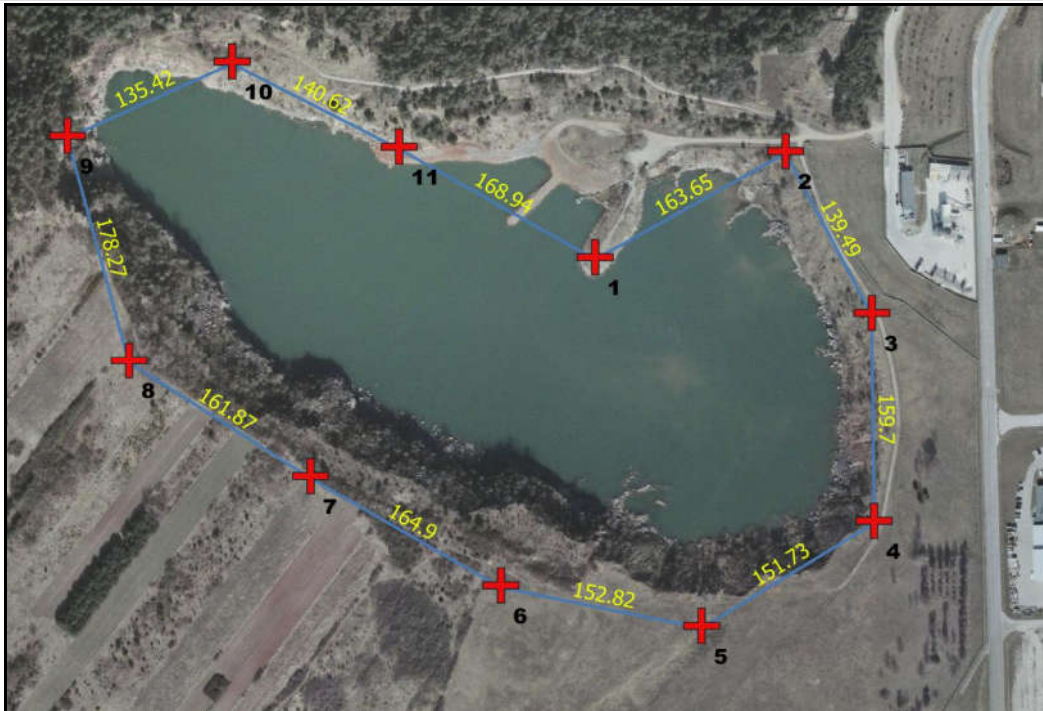
## 7. INTERPRETACJA WYNIKÓW

Wśród potencjalnych obszarów za pomocą kalkulatora pól i zapytań atrybutowych dotyczących powierzchni wyselekcjonowano 15 obszarów o najbardziej regularnym kształcie do lokalizacji punktów sieci obserwacyjnej. Pozyskane dane zestawiono z mapą hydrograficzną. Żaden z wybranych obszarów w górnej części kamieniołomu nie pokrywał się z poziomami wodonośnymi. W dolnej części program wybrał dwa obszary. Jeden z nich leży w 100% na lustrze wody, a drugi z nich znajduje się na cyplu prowadzącym nad lustro wody.

W celu weryfikacji obszarów pod czytano podkład mapowy w postaci ortofotomapy z serwisu geportal.gov.pl. Analiza podkładu mapowego opierała się głównie na wykluczeniu lokalizacji punktów na szlakach komunikacyjnych, oraz miejscach porośniętych roślinnością. W przypadku większych obiektów bardziej efektywne było by wykorzystanie warstwy wektorowej zawierającej drogi wewnętrzne oraz aktualizacja warstwy terenów zielonych do aktualnego zasięgu. Z pośród 15 obszarów powstałych w wyniku analiz w QGIS wybrano 11 i wstępnie zlokalizowano punkty sieci obserwacyjnej do monitoringu obszaru kopalni odkrywkowej. Rezultat prac przedstawiono na rys. 4. Obraz zawiera podkład ortofotomapy, wyznaczone obszary za pomocą analiz przestrzennych oraz 11 punktów sieci. Punkty zostały rozmieszczone równomiernie, co pokazuje rysunek nr 5 zawierający odległości między wybranymi punktami.

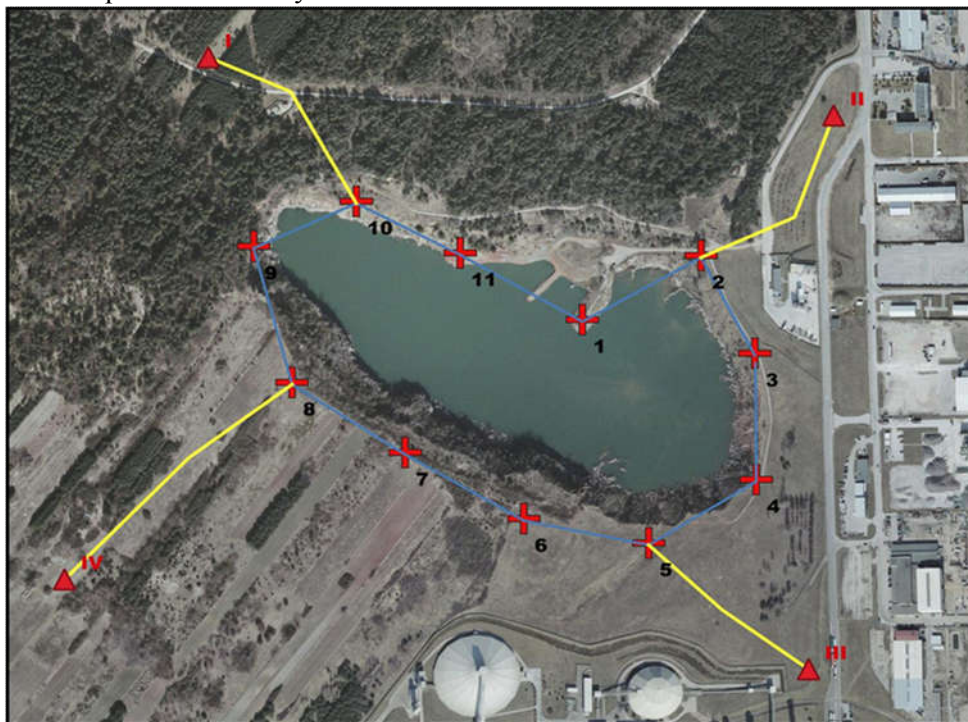


Rys. 4 - Wybrane obszary z analiz przestrzennych QGIS i 11 wybranych punktów sieci



Rys. 5 – Wzajemne położenie punktów sieci pomiarowej

Dla zapewnienia pewności sieci konieczne jest jej dowiązanie do dodatkowych punktów. W przypadku kamieniołomu Zgórsko, wybrano lokalizacje 4 punktów służących do kontroli stałości sieci. Rozmieszczenie punktów (I-IV) i przykładowe dowiązanie zawarto na rysunku 6. Miejsce oraz sposób stabilizacji punktów I, II, III i IV powinien zapewnić ich trwałość w czasie oraz możliwość wykorzystania do pomiaru w każdym momencie.



Rys. 6 – Dodatkowe dowiązanie sieci pomiarowej.



## 8. WNIOSKI

Czas eksploatacji kopalni odkrywkowych najczęściej wynosi kilka lub kilkanaście lat. Ingerencja w strukturę geologiczną oraz degradacja otaczającego terenu jest znaczna, a po zakończeniu wydobywania nie zawsze teren jest rekultywowany. Oddziaływujące negatywne czynniki atmosferyczne, otaczająca roślinność drzewiasta oraz naruszenie ciągłości struktury skał prowadzi do powstawania wielu pęknięć i szczelni oraz wykruszania się materiału skalnego. Zachodzące zmiany mogą prowadzić do zagrożenia życia ludzkiego na terenach niezabezpieczonych i dostępnych dla każdego człowieka. Odpowiednio stabilna i prawidłowo geometrycznie skonstruowana sieć wspomaga ocenę zmian obszaru.

Głównym zadaniem geodezji jest monitorowanie i prognozowanie obszarów potencjalnych zagrożeń. Efektywność i optymalność obserwacji rozpoczyna się na etapie projektowania i doboru lokalizacji punktów sieci pomiarowej. Celem prac był wybór najbardziej optymalnych obszarów do lokalizacji stanowisk obserwacji przy zastosowaniu wolnego i otwartego oprogramowania Quantum GIS. Wyniki przeprowadzonych analiz przestrzennych wskazują, że zastosowanie algorytmów programu w znacznym stopniu ułatwia wstępny dobór obszarów lokalizacji punktów.

Przeprowadzenie analizy wymaga aktualnych danych badanego obszaru. Podstawą prowadzenia analiz przestrzennych terenów kopalni odkrywkowych jest Numeryczny Model Terenu. Bezzałogowe systemy latające UAS oraz technologia GNSS stały się standardowym narzędziem geodetów służącym do jego opracowania. Ogólnodostępne bazy danych uzupełniają informacje przestrzenne w celu doprecyzowania założeń sieci.

Optymalna konstrukcja sieci umożliwia prowadzenie obserwacji kopalni, modelowania 3D z zastosowaniem skaningu laserowego oraz opracowania statystycznego i geostatystycznego uzyskanych wyników w oparciu o bardzo precyzyjne dane. Wskazywanie potencjalnych miejsc zmian i zagrożeń osuwiskami w kopalniach odkrywkowych pozwala na wczesne reagowanie i zabezpieczenie obszaru przed przechodzącymi osobami.

Wykonane pomiary oraz przeprowadzone analizy przestrzenne potwierdzają przydatność zastosowania programu Quantum GIS do zwiększenia efektywności pracy doboru miejsc pomiarowych na obszarze kamieniołomu Zgórsko. Założona osnowa posłuży do dalszych prac prowadzonych w ramach monitoringu obszaru pogórniczego. Prace pomiarowe będą prowadzone cyklicznie w odstępach rocznych.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] BLIŠŤAN, P.: Niektoré problémy aplikácie GIS systémov v geológii. Acta Montanistica Slovaca, ročník 8, 1/2003, Košice, 2003. s. 30-35. ISSN 1335-1788.
- [2] BLIŠŤAN, P., KOVANIČ L., PATERA M., FRĄCKIEWICZ P., GIL M., 2018: Monitoring of selected geohazards by using unmanned aerial systems (UAS). Geographic Information Systems Conference and Exhibition "GIS ODYSSEY 2018". Conference proceedings.
- [3] DUMA P., GAJOS K., GIL M., GODZISZ B., KALETA D., KRAWCZYK K., SALAMON M., SIWIEC K., SZEWCZYK J., WOŚ J., 2016: Study of the condition of the selected landslides in the area of Kadzielnia. Czasopismo techniczne Structure and Environment. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej.
- [4] FELTYKOWSKI, M., 2013, Terytorialny wymiar systemów informacji przestrzennej, w: Nowakowska, A. (red.) Zrozumieć terytorium. Idea i praktyka. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, s. 385–398.
- [5] FRĄCKIEWICZ P., KRAWCZYK K., SZEWCZYK J. 2018: Landslide movements analysis: The case of Kadzielnia in Kielce, Advances and Trends in Geodesy, Cartography and Geoinformatics: Proceedings of the 10th International Scientific and Professional Conference on Geodesy, Cartography and Geoinformatics (GCG 2017), October 10-13, 2017, Demänovská Dolina, Low Tatras, Slovakia.



- [6] GSDI Assosiation, 2012, SDI Cookbook, Global Spatial Data Infrastructure Association, <http://www.gsdi.org/gsdicookbookinde>.
- [7] LITWIN L. i MYRDA G., 2005, Systemy informacji geograficznej. Zarządzanie danymi przestrzennymi w GIS, SIP, SIT LIS., Wydawnictwo Helion S.A., Gliwice.
- [8] LONGLEY, P.A. i in., 2008, GIS Teoria i praktyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [9] POPIOŁEK E., 2009: Ochrona terenów górniczych, Kraków : Wydaw. Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica, 2009. ISBN 978-83-7464-229-3
- [10] SZPETKOWSKI S., 1966: Osnovy geodezyjne w kopalnia odkrywkowych. Wydanie 402 z Prace Głównego Instytutu Górnictwa: Komunikat, Główny Instytut Górnictwa (Katowice.)
- [11] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 października 2015r. w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej.
- [12] SZCZEPANEK R.2012: Quantum GIS – wolny i otwarty system informacji geograficznej. Czasopismo techniczne. Śrowisko. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej im. T. Kościuszki.

**Pawel FRĄCKIEWICZ, M.Sc.**

*Department of Geotechnics, Geomatics and Waste Economy, Faculty of Environmental, Geomatic and Energy Engineering, Kielce University of Technology, Kielce, Poland*  
e-mail: [pfrackiewicz@tu.kielce.pl](mailto:pfrackiewicz@tu.kielce.pl)

**Marcin GIL, M.Sc.**

*Department of Geotechnics, Geomatics and Waste Economy, Faculty of Environmental, Geomatic and Energy Engineering, Kielce University of Technology, Kielce, Poland*  
e-mail: [marcingil@tu.kielce.pl](mailto:marcingil@tu.kielce.pl)

**Kinga WILK**

*Department of Geotechnics, Geomatics and Waste Economy, Faculty of Environmental, Geomatic and Energy Engineering, Kielce University of Technology, Kielce, Poland*  
e-mail: [wilk.kinga.m@gmail.com](mailto:wilk.kinga.m@gmail.com)

**RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU**

*Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.*

**REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS**

*Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.*