

Monitoring sytuacyjno-wysokościowy szkód górniczych na terenie Bytomia

# Z GÓRY LEPIEJ WIDAĆ

Udoskonalana technologia lotniczego skanowania laserowego znajduje coraz szersze zastosowanie. Początkowo z LiDAR-u korzystali głównie naukowcy w ramach grantów, a dopiero stopniowo zaczęli przekonywać się do niego GIS-owcy czy – jak pokażemy na przykładzie Bytomia – także geodeci.

WITOLD KUŹNICKI

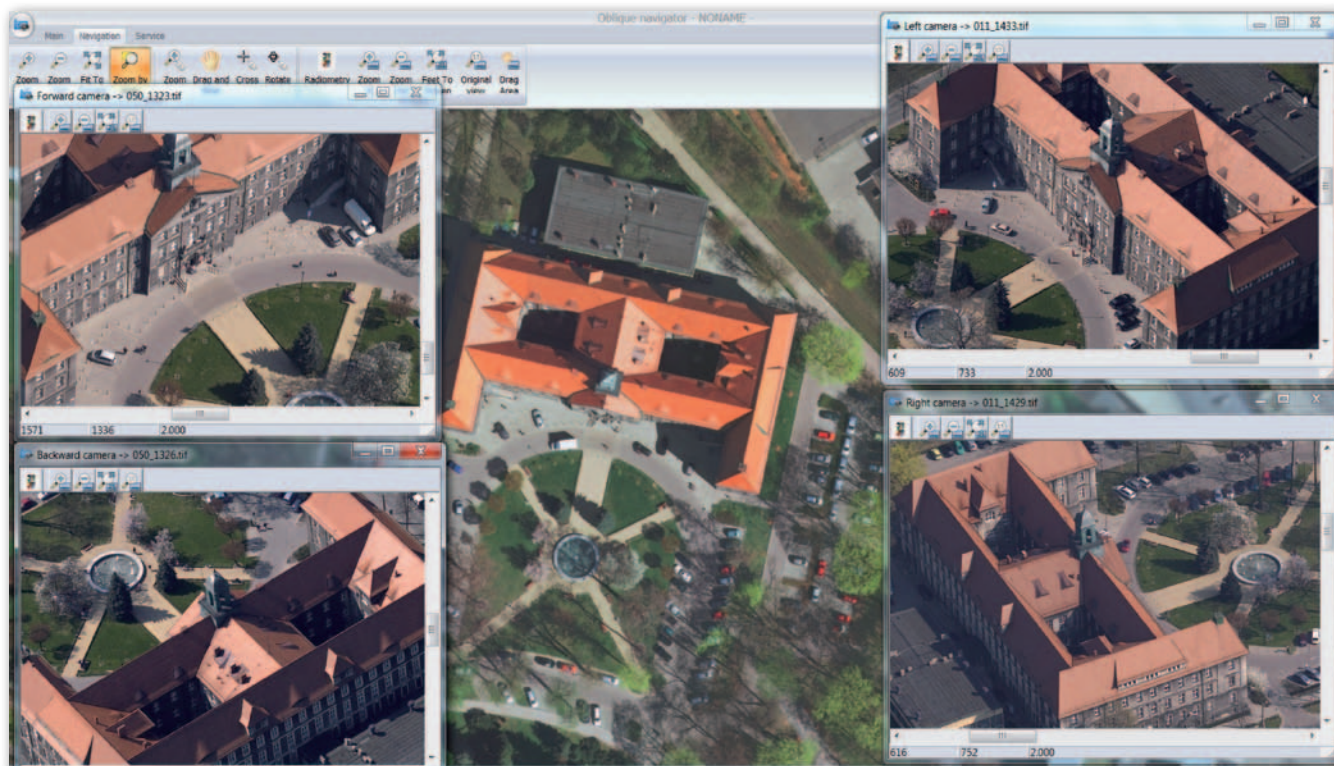
**W** 2011 roku laser kończy 50 lat, ale dopiero od kilku skaning laserowy z powodzeniem jest wykorzystywany

w Polsce w szeroko rozumianej geodezji. Z uzyskanym w wyniku skanowania NMT duże nadzieje wiąże się m.in. w projekcie ISOK (Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami) – jednym z naj-

większych realizowanych ostatnio przez GUGiK.

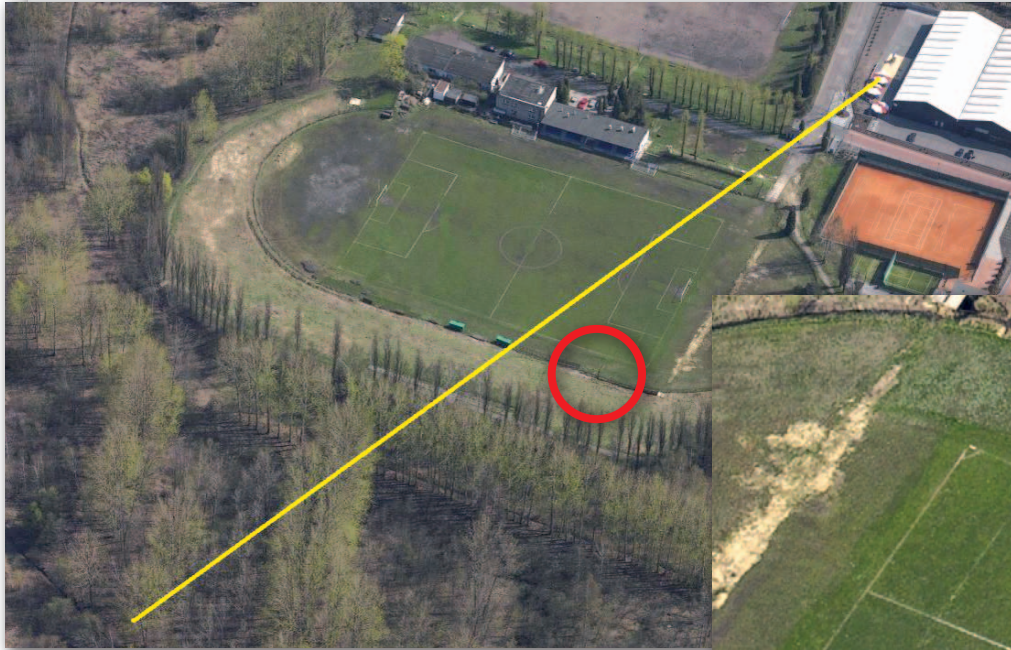
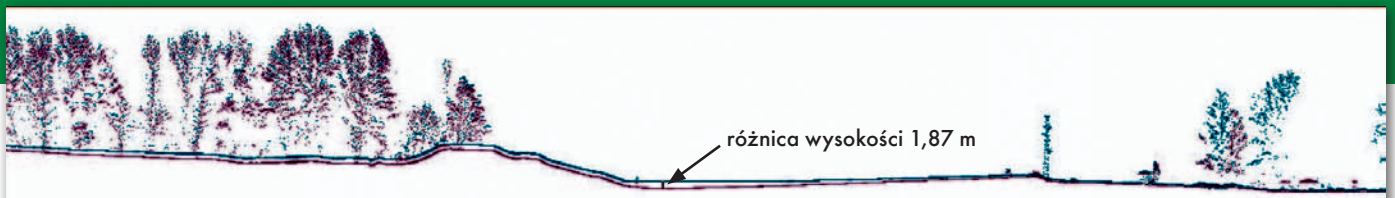
Pod skrzydła MGGP Aero lotniczy skaning laserowy trafił dwa lata temu. Zdobyte od tego czasu doświadczenie (archeologia, hydrologia, ochrona środowiska, ener-

getyka, administracja samorządowa itp.) pokazuje, jak rozszerza się wachlarz zastosowań LiDAR-u w badaniu przestrzeni. Monitoring zmian sytuacyjno-wysokościowych obszarów występowania szkód górniczych



Program do wizualizacji i pomiarów zdjęć ukośnych oraz widoczny z kilku perspektyw budynek Urzędu Miejskiego w Bytomiu, pierwszego miasta, dla którego wykonano projekt zdjęć ukośnych, ortofotomapę i skaning laserowy





Powtórzony po roku pomiar skanerem wykazał różnicę wysokości profilu przechodzącego przez boisko rzędu 1,8 metra. Obok i poniżej: Orientacyjny przebieg profilu i widoczne uszkodzenia na zdjęciach ukośnych



w Bytomiu to jeden z naszych ciekawszych projektów.

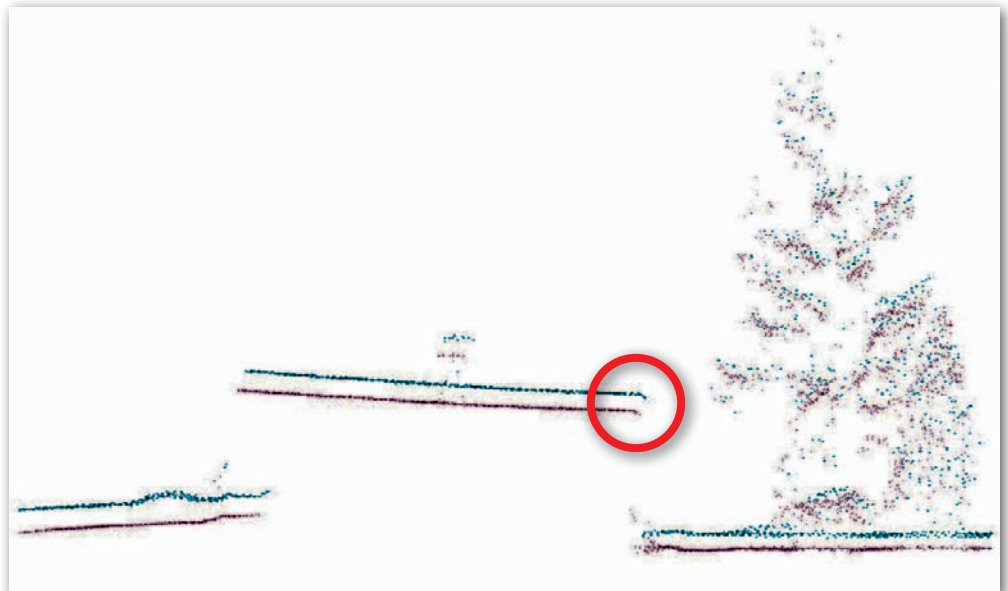
#### ● PORÓWNANIE DWÓCH SKANINGÓW

Zainteresowanie najwyższych władz sprawami Bytomia nie jest ostatnio przypadkowe. Wynika ono m.in. z tego, że jest to pierwsze miasto w Polsce, gdzie wyniki analiz zmian wysokościowych przeprowadzonych na podstawie danych z lotniczego skaningu laserowego dały jego prezydentowi niepodważalne argumenty w walce z kopalnią o odszkodowania (zawarto porozumienie na około 25 mln złotych za szkody w dzielnicy Karb). Bytom od dawna boryka się z występowaniem zjawiska tzw. szkód górniczych wywołanych ponadstuletnią eksploatacją złóż węgla. Pojawiają się uszkodzenia budynków, dróg czy infrastruktury podziemnej. Wcześniej w mieście były prowadzone pomiary wysokościowe wybranych punktów rozproszonych. W ten sposób określano skalę szkód i próbowano monitorować zmiany, ale tzw. wysokościówka w Bytomiu zawsze „pływała”.

Tym razem jednak zespół pracowników Wydziału Geodezji pod kierunkiem Wojciecha Jeszki nie wyciągał wniosków na podstawie pomiarów rozproszonych, ale poprzez porównanie dwóch skaningu laserowych wykonanych w rocznym odstępie czasu z użyciem tej samej technologii, przy identycznych parametrach technicznych i dla każdego metra kwadratowego

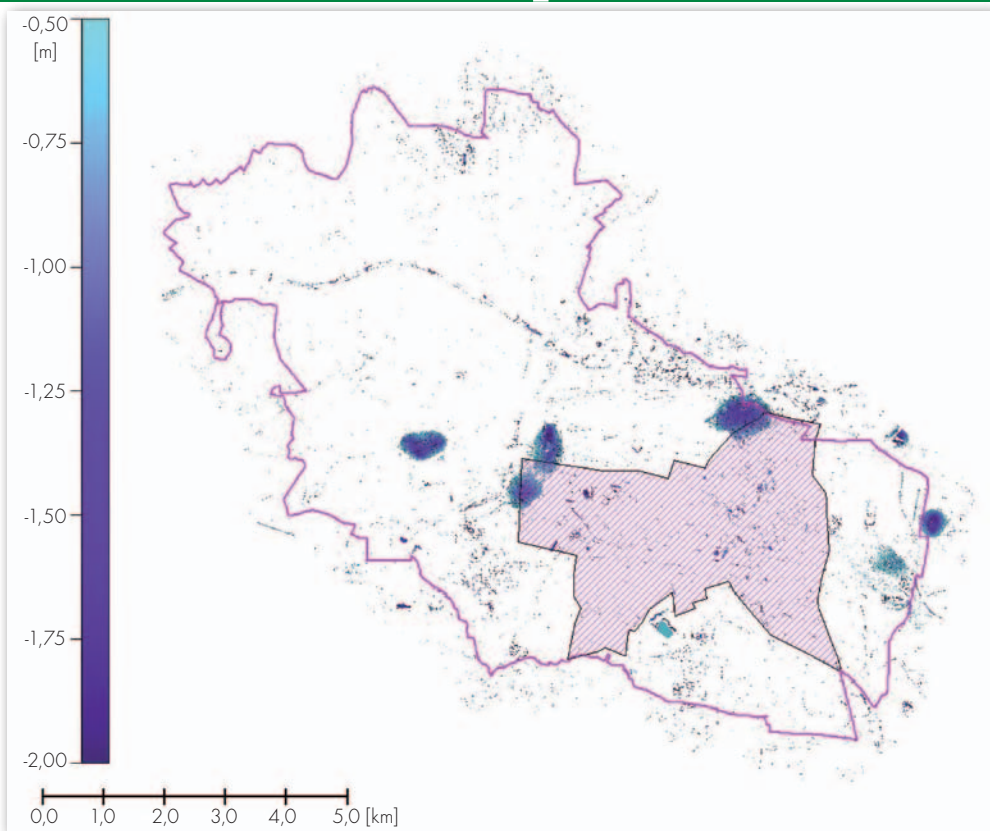
powierzchni miasta. Tak zebrane i przeanalizowane dane obalają tezę, że zjawisko osiadania występuje w niewielu miejscach i że są to nie duże różnice wysokości. Dwie chmury punktów – abstrahując od tego, czy będzie to do-

celowo NMT (numeryczny model terenu), czy NMPT (numeryczny model pokrycia terenu) – pozwalają na pomiary wysokościowe dowolnego miejsca przez bezpośrednie porównanie współrzędnych XYZ. Dotyczy to w równym

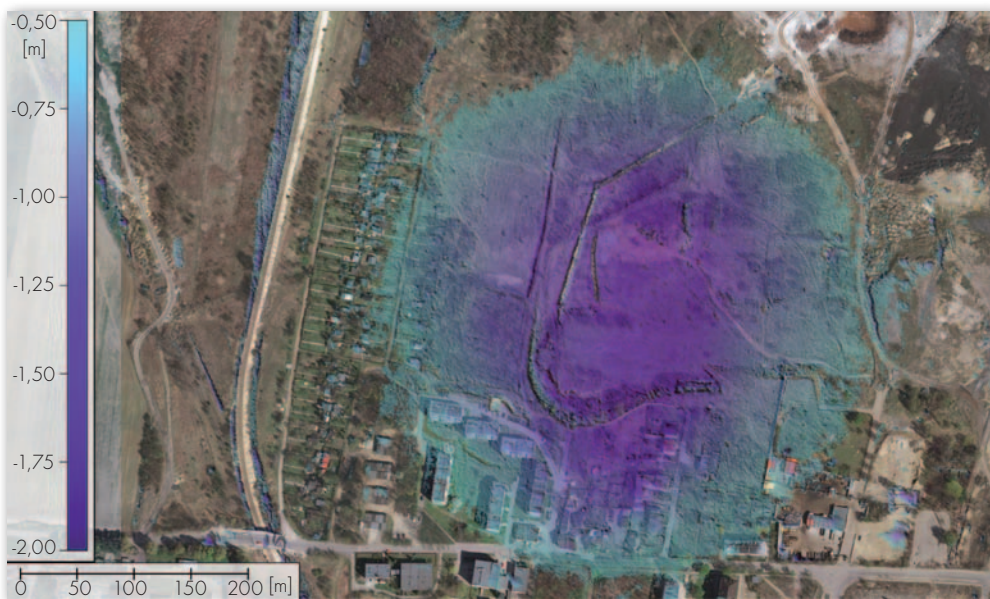


Skanowanie wykazało, że budynek nie tylko osiadł razem z terenem, ale dodatkowo – w wyniku naprężeń rozciągająco-ściskających – jest przesunięty w poziomie o ok. 25 centymetrów





Efekt analizy dwóch NMT z 2010 i 2011 roku przedstawiający różnice wysokościowe rzędu 0,5-1,8 m



Wizualizacja osiedlenia na tle ortofotomapy

stopniu takich obiektów, jak: droga, wiadukt, niecka bezodpływowa, torowisko czy nawet kalenica dachu budynku, który osiada wraz z terenem.

## ● KOMPLETNE DANE Z WIELU SENSORÓW

W ramach projektu opracowaliśmy wysokiej szczegółowości i dokładności cyfrową ortofotomapę lotniczą Bytomia (piksel o rozdzielczości

terenowej 5 cm). Podczas pozyskiwania zdjęć lotniczych równolegle skanowaliśmy teren z bardzo dużą częstotliwością i fotografowaliśmy miasto zestawem kamer ukośnych. Dzięki temu powstał zestaw danych, który doskonale się uzupełnia, jeśli chodzi o widoczne na ortofotomapie szczegóły sytuacyjne, warstwę wysokościową (pomiar skanerem)

i szczegóły interpretacyjne na zestawie zdjęć ukośnych. To, co zmierzył skaner i można interpretować na ortofotomapie, dodatkowo analizowane jest na podstawie przynajmniej 4, a w szczególnych przypadkach nawet 7-8 zdjęć ukośnych dla każdego obiektu w mieście. Elewacja od strony wewnętrznej działki, podcień, wiata, zwarte zadrzewienia to miej-

sca, o których dotychczas zarządzający miastem nie mieli pełnej informacji. Obecnie obiekty wzajemnie się przysłaniające czy będące w cieniu można oglądać z perspektywy około 45 stopni, i to z wielu stron. Dodatkowo przeglądarka zdjęć ukośnych pozwala sprawnie nawigować po ogromnym zbiorze danych. Wystarczy jedno kliknięcie w ortofotomapę, by automatycznie otworzyły się zdjęcia ukośne prezentujące wskazane miejsce z różnych stron. Istnieje możliwość dodawania warstw wektorowych i wyszukiwania po dowolnym atrybucie, a pomiary długości czy powierzchni nie stanowią problemu nawet na zdjęciach ukośnych.

## ● SKANER WYKRYWA SZKODY

Kluczem do tego projektu był jednak skanowanie. Analizy porównawcze modeli terenu dają odpowiedź na pytanie, gdzie w granicach administracyjnych występuje oraz jaka jest dynamika i skala rzeczywistych osiadań i nachyleń powierzchni terenu. Wreszcie możliwe jest tworzenie prawdziwych izolinii osiadań, wizualizowanie powierzchniami, poligonami i porównywanie ich z danymi z analogowych map górniczych obejmujących kategorie osiadań. W rozmowach z kopalnią, przyszłymi inwestorami czy właścicielami gruntów urząd dysponuje mapami, których treści nie sposób podważyć. Administracja publiczna może więc przedstawić mocne argumenty w kwestii odszkodowań za występowanie tzw. szkód górniczych. Działła to zresztą w dwie strony, bo kompania węglowa we własnym interesie również może zlecać tego typu analizy w celu weryfikacji dotychczasowych planów, map wydobywania czy koncesji.

Celem analiz wysokościowych wykonanych na podstawie skaningu laserowego było zweryfikowanie prognoz wpływów podziemnej eksplo-





Wizualizacja powiększającego się najbardziej spektakularnego zbiornika bezodpływowego „Brandka”. Widoczna niedokończona obwodnica miasta - wstrzymana z powodu postępujących szkód górniczych. Lewy górny narożnik przedstawia presję zbiornika na ogródki działkowe

atacji górniczej na powierzchni terenu. Istnieją metody na obliczanie wskaźników ciągłych deformacji powierzchni w przestrzeni i czasie. Ale skalę i rozmiar tych deformacji, a właściwie dynamikę zmian można doskonale wychwycić, skanując wielokrotnie dany obszar i porównując wyniki nalołów. Wskutek działalności górniczej i deformacji terenu budynki czy infrastruktura poddawane są naprężeniom najpierw rozciągającym, a następnie ściskającym. Tak powstają szkody. Jednak górnictwo jest wpisane w życie Bytomia. Z pracy pod ziemią żyje wiele rodzin, które zawsze chciały mieszkać jak najbliżej kopalni. Dla

dzielnicy Karb skala deformacji liniowych jest tak wielka, że pękają wodociągi, a budynki osiągają nachylenie nawet do 5% (10-metrowy budynek może się odchylić o 50 cm). Pod tą dzielnicą węgiel nadal wydobywany jest metodą, która nie przewiduje wypełnienia pozostałej po wydobyciu dziury żadnym materiałem. Dalsze szkody spowodowane działalnością górniczą są więc nieuniknione.

## ● UMIEJĘTNE WYKORZYSTANIE DANYCH

Wyżej opisane analizy i monitoring zmian wysokościowych znacząco upraszczają procesy decyzyjne

w mieście. Każda zmiana czy weryfikacja terenów, których dotyczą konkretne zapisy w studium czy planie miejscowym, jest wreszcie dokonywana na podstawie jednorodnych danych wysokościowych. Gospodarowanie przestrzenią miejską z wykorzystaniem takich analiz pozwala zminimalizować negatywne skutki eksploatacji górniczej. Punktem wyjścia są dane i ich umiejętne wykorzystanie. Dwa wykonane rok po roku pomiary pozwoliły w Bytomiu na weryfikację obniżeń terenu zawartych w planach ruchu dla obszarów objętych koncesją na eksploatację górniczą. Każdy następny skanowanie będzie jeszcze precyzyjniej pokazywał kierunek zmian wysokościowych i ich dynamikę.

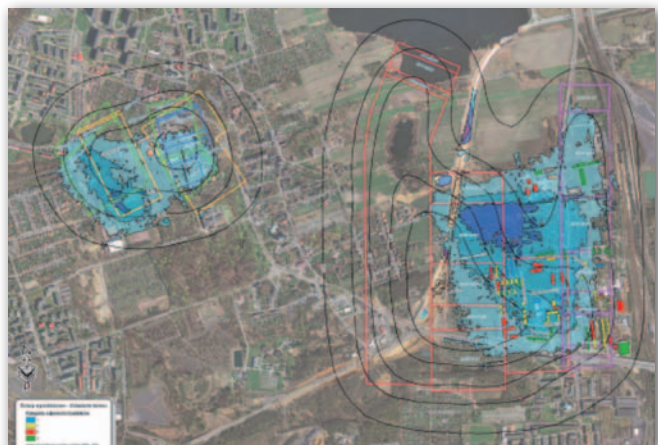
Kolejnym przykładem zastosowania tych danych w praktyce mogą być działania przeciwpowodziowe w maju 2010 roku. Jeszcze „ciepłą” chmurę punktów (XYZ) wykorzystano wówczas do oszacowania ilości wody i jej zasięgu (wraz z możliwościami wypompowania) w przybierających w błyskawicznym tempie kilkunastu bezodpływowych nieckach. Chociaż przez Bytom nie płynie żadna waż-

niejsza rzeka, to pojawiające się od kilku lat – jako szkody górnicze – zbiorniki wodne stanowią realne zagrożenia dla mieszkańców i mienia. Już teraz są miejsca, gdzie przez całą dobę pracują pompy usuwające nadmiar gromadzącej się wody.

## ● PEWNOŚĆ, KOMPLEKSOWOŚĆ, SZCZEGÓŁOWOŚĆ

Jak pokazuje przykład Bytomia, analizy sytuacyjno-wysokościowe i monitoring zmian obszarów objętych działalnością górniczą można z powodzeniem wykonać przy użyciu wielosensorowych platform fotogrametrycznych. Mamy doświadczenie i pewność, że wyniki pomiarów przedstawiają rzeczywistą sytuację w terenie, a zakres i wielkość deformacji terenu górniczego widoczne są na analizach danych z lotniczego skaningu laserowego. Tylko w ciągu 12 miesięcy w Bytomiu zdiagnozowaliśmy tą techniką kilkanaście miejsc, gdzie różnica poziomów wyniosła nawet 1,8 metra. Co najważniejsze, monitoring zmian wysokościowych objął całą powierzchnię, a nie tylko wybrane punkty. Szczegółowość analiz wynika m.in. z porównania wysokości kilkudziesięciu punktów pomiarowych na metr kwadratowy. Nie ma mowy o generalizacji czy ludzkim błędzie.

Niezależnie od tego, czy taki projekt zrealizujemy dla kopalni, czy dla miasta, uzyskamy najlepszy możliwy zestaw danych pomiarowych. Predykcja skutków eksploatacji charakteryzuje się pewną regularnością, a rzeczywiste zjawisko wizualizowane jest dopiero poprzez porównanie dokładnych danych wysokościowych z różnych okresów. Skanowanie laserowe jest doskonałym narzędziem do weryfikacji tych prognoz. W Bytomiu już to wiedzą



ŹRÓDŁO: GIS BYTOM

Przykład izolinii prognozowanych skutków eksploatacji i weryfikacja zjawiska na podstawie danych z lotniczego skaningu laserowego

WITOLD KUŹNICKI,  
(MGGP Aero Sp. z o.o.)