

Wykorzystanie narzędzi GIS firmy Esri w Urzędzie Miejskim w Bytomiu do monitorowania zagrożeń powodziowych na terenach znajdujących się w sąsiedztwie bezodpływowych niecek pochodzenia poeksploatacyjnego

ABY ZAPOBIEC KATASTROFIE

WOJCIECH JESZKA,
MAGDALENA POGODA,
PAWEŁ KUCHARZEK,
ARKADIUSZ DZADZ

Górnictwo od wieków było związane z historią Górnego Śląska. W rejonie Bytomia początki eksploatacji złóż sięgają XV wieku. Do połowy XX wieku jej przedmiotem były głównie rudy cynku i ołowiu, a w drugiej połowie XIX wieku rozpoczęto dodatkowo wydobycie węgla kamiennego. Niestety, po zakończeniu eksploatacji rud cynku i ołowiu pozostało wiele szybków, dla których brakuje dokumentacji o sposobie ich likwidacji, co stanowi dodatkowe utrudnienie przy realizacji

inwestycji. Natomiast wydobycie węgla kamiennego było prowadzone głównie systemem z zawałem stropu, jedynie w filarze ochronnym Śródmieścia Bytomia stosowano system z podszadką hydrauliczną.

• CHARAKTERYSTYKA OBSZARÓW OBJĘTYCH EKSPLOATACJĄ

Przed rozpoczęciem procesu restrukturyzacji górnictwa, tj. przed rokiem 1995, 83% całego obszaru miasta stanowiły tereny górnicze kopalni. Eksploatacja górnicza koncentrowała się pod Śródmieściem oraz pod dzielnicami Rozbark, Karb, Miechowice i Dąbrowa Miejska. W jej wyniku od 1949 roku w filarze ochronnym Śródmieścia Bytomia na terenie chronionym powstawała rozleg-

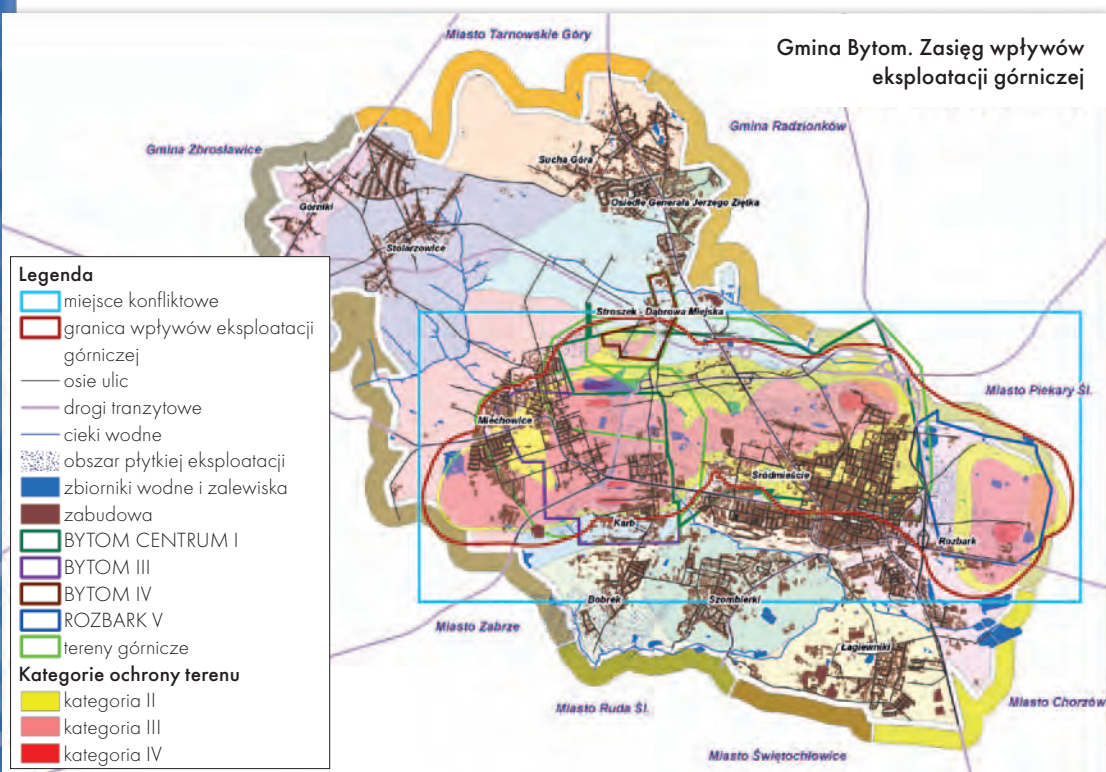
ła niecka obniżeniowa. Dotychczasowa eksploatacja górnicza spowodowała:

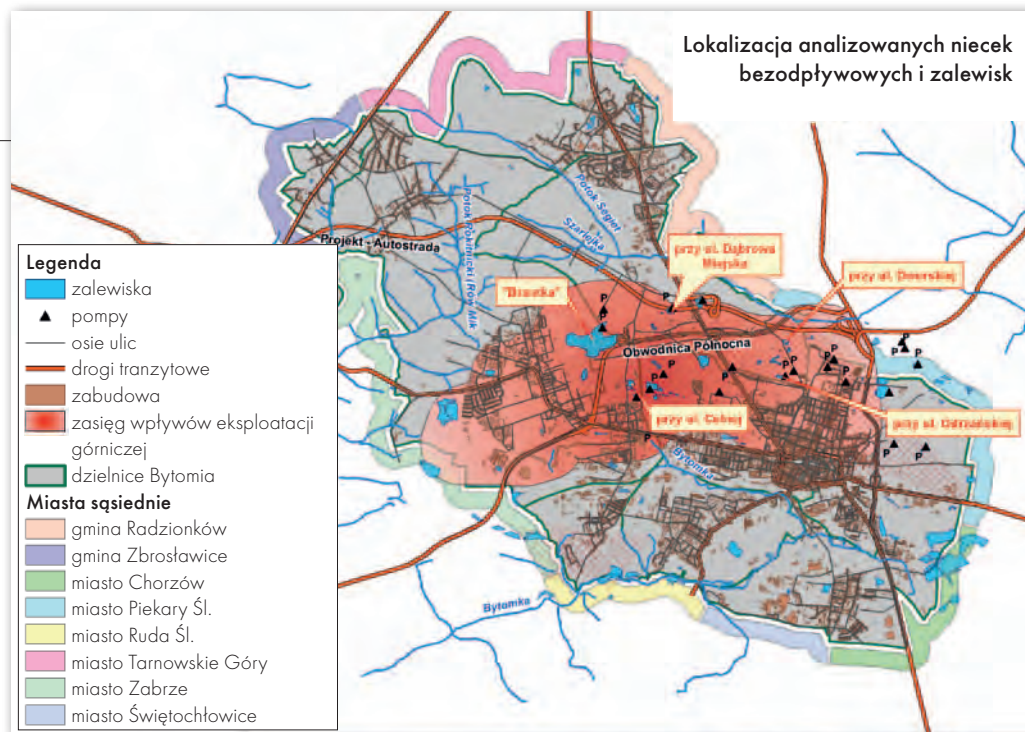
- miejscowe obniżenia terenu Śródmieścia rzędu 6-8 m,
- obniżenia w niezabudowanej części miasta sięgające już 20-30 m,
- silne zmiany warunków hydrogeologicznych.

W obrębie obszaru górniczego KWK „Bobrek-Centrum” – Ruch Bobrek w wieku XIX i pierwszej połowie XX prowadzona była płytką eksploatacja rud cynku i ołowiu na głębokości od 20 do 80 m pod powierzchnią. Choć tereny te zostały zinwentaryzowane, przy projektowaniu i realizacji działalności inwestycyjnej należy liczyć się z występowaniem pustek poeksploatacyjnych. Z tych przyczyn plany zagospodarowania przestrzennego

na obszarach płytkiej eksploatacji powinny uwzględniać badania dylatacyjne podłoża gruntowego, a na ich podstawie opracowanie ewentualnych robót uzdatniających teren adekwatnie do koncepcji jego zagospodarowania.

Analizując wpływ podziemnej eksploatacji górniczej na przeobrażenia powierzchni w terenie górniczym, można stwierdzić, że będą one miały generalnie charakter deformacji ciągłych. Prognozowane wielkości deformacji są wielko-





● **ANALIZY PORÓWNAWCZE Z WYKORZYSTANIEM METOD GIS**

Jako stan wyjściowy oceny przyjęto 2008 rok. Opracowano i oceniono aktualne na ten czas warunki ekofizjograficzne obszaru gminy Bytom, ujmując wielkość i zakres oddziaływań dokonanej i aktualnej eksploatacji górniczej. Prognozowane deformacje dotyczą okresów obowiązywania koncesji poszczególnych zakładów górniczych, czyli lat 2015, 2017, 2026 i 2040. Prognozy zostały porów-

nanymi czasowo-ekstremalnymi, związanymi z przemieszczeniami niecki dynamicznej, a więc działającymi przez stosunkowo krótki czas. W istocie końcowe wielkości wskaźników deformacji – odkształceń poziomych, ekstremalnych w czasie, mogą okazać się niższe.

Obowiązkiem zakładu górniczego, który wydobywa surowce na określonym koncesją obszarze, jest sporządzenie planu ruchu. Jednym z kluczowych jego elementów jest prognoza wpływu działalności górniczej na przeobrażenia środowiska oraz przewidywany wpływ eksploatacji górniczej na powierzchnię w całym okresie prowadzenia ruchu. Opracowane przez zakłady górnicze prognozy obniżania się powierzchni terenu zostały uwzględnione przy obliczaniu ewentualnych ilości wód mogących zasilić bezodpływowe zbiorniki wodne. Dlatego zaistniałe w maju 2010 roku kłopoty z bieżącym odwadnianiem zbiorników stały się powodem przeprowadzenia monitoringu zagrożeń powodziowych dla terenów znajdujących się w sąsiedztwie bezodpływowych niecek pochodzenia poeksploatacyjnego.

● **PROGNOZOWANIE DEFORMACJI POWIERZCHNI TERENU**

Celem prognozy wpływów podziemnej eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu jest obliczenie wskaźników ciągłych deformacji powierzchni w przestrzeni i czasie. W Polsce najbardziej rozpowszechniona jest teoria geometryczno-całkowa Budryka–Knothego, której wykorzystanie w ostatnich latach, przy zastosowaniu techniki komputerowej do obliczeń, znacznie się rozszerzyło. Teo-

ria ta oparta jest na trzech podstawowych założeniach:

- funkcja wpływów opisująca obniżenia jest funkcją rozkładu normalnego Gaussa,

- przesłabienia poziome są proporcjonalne do nachyleń zgodnie z hipotezą Awierszyna,

- ośrodek jest nieściśliwy.

Teoria Budryka–Knothego z wystarczającą dla praktyki dokładnością umożliwia przewidywanie deformacji. Istotnym argumentem za jej stosowaniem jest jej związek z klasyfikacją terenów górniczych.

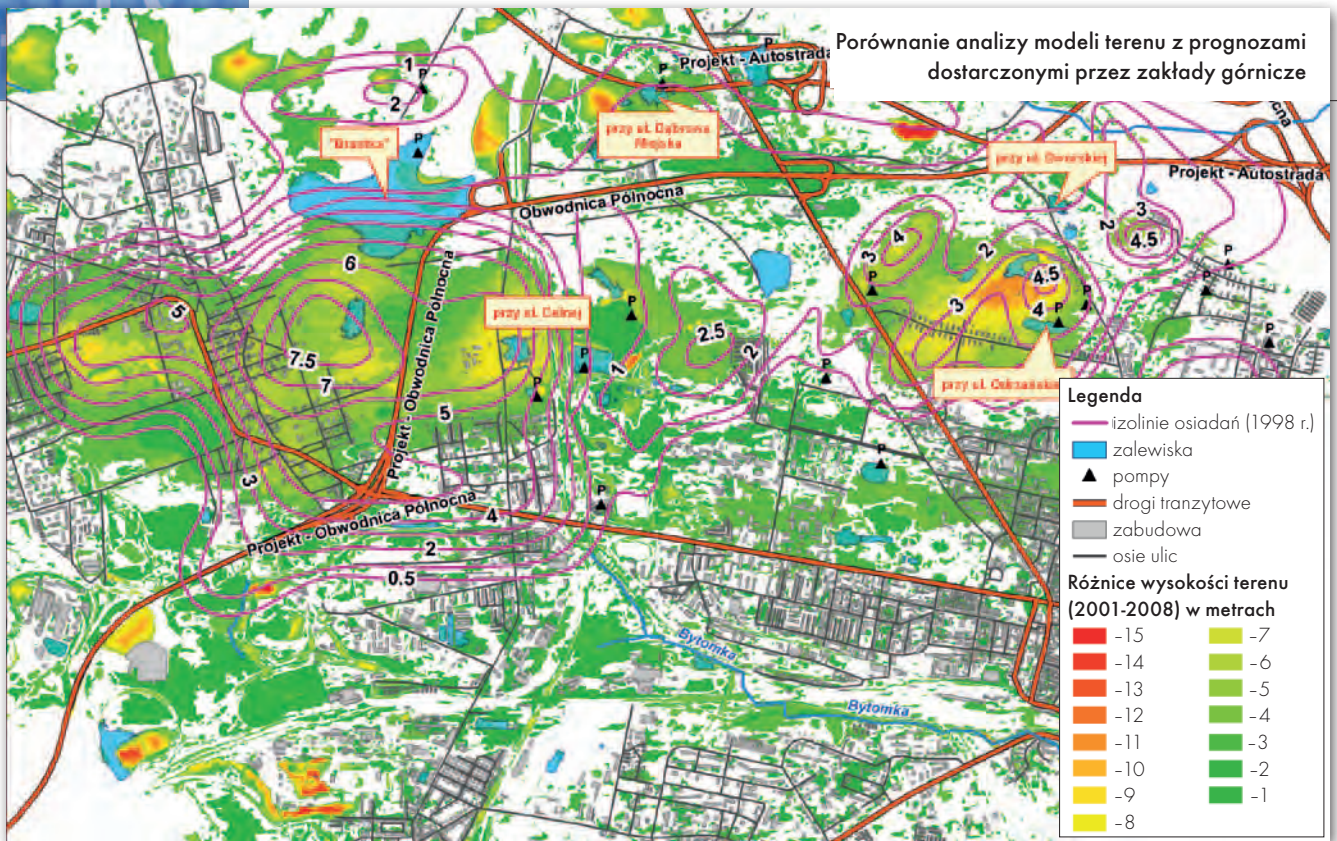
Do obliczenia prognozowanych wartości wskaźników deformacji górotworu i powierzchni z uwzględnieniem czynnika czasu wykorzystywany jest EDN-OPN – autorski program prof. dr. hab. Jana Białka (kierownika Zakładu Geodezji i Ochrony Terenów Górniczych Politechniki Śląskiej). Program na podstawie wprowadzonych danych (średnia głębokość eksploatowanej ściany, grubość pokładu węgla, liczba wierzchołków opisujących przebieg eksploatacji, data rozruchu ściany, liczba czasowybiegów określających eksploatację w czasie, wybieg i data osiągnięcia tego wybiegu oraz upad ściany) oblicza i generuje warstwicę obrazującą zmiany nachylenia terenu, odkształceń, kategorii deformacji oraz obniżień.

Najbardziej wiarygodnym parametrem opisującym poziom i zakres deformacji powierzchni jest osiadanie terenu górniczego, które rejestrowano w sposób usystematyzowany od lat 60. za pomocą cyklicznych pomiarów niwelacyjnych, prowadzonych głównie w terenach zabudowy mieszkalnej (punkty rozproszone ziemne i ścienne).

Do analiz porównawczych NMT wykorzystano: dane grid w formacie ASCII o rozdzielczości 0,5 x 0,5 m dostarczone przez wykonawcę w ramach zamówienia lotniczego skaningu laserowego w 2010 r., chmurę punktów dostarczoną w ramach ww. zamówienia, dane wektorowe pozyskane z ortofotomapy dostarczone przez wykonawcę w 2008 r., dane pozyskane w 2001 roku z satelity Ikonos.

Głównym narzędziem wykorzystanym do analiz było oprogramowanie ArcGIS wraz z rozszerzeniami Spatial Analyst oraz 3D Analyst. Jako uzupełniające zastosowano pakiety GRASS GIS 6.4.0 i SAGA GIS.

W pierwszym kroku analizy ujednolicono wszystkie zgromadzone dane. Za punkt odniesienia przyjęto dane pozyskane jako ostatnie, czyli ze skaningu lotniczego. Utworzono NMT w formacie grid z danych z lat 2008 oraz 2001 (ArcGIS, Spatial Analyst, Topo to Raster – wielkość komórki rastra 0,5 m x 0,5 m). Następnie przygotowano 3 modele TIN (ArcGIS, 3D Analyst) – w przypadku lat 2001 i 2008 posłużono się danymi wektorowymi. Model TIN dla roku 2010 uszykowano z konwersji danych grid lub konwersji chmur punktów w formacie LAS (ArcGIS, 3D Analyst). Konwersję mię-



dzy formatami wykonywano również w dwóch niezależnych aplikacjach typu open source (GRASS oraz SAGA). Po tych operacjach dane do przeprowadzenia analiz przedstawiały się następująco: 3 modele rastrowe grid 0,5 x 0,5 m (lata 2001, 2008 i 2010) oraz 3 modele TIN dla tych samych lat.

Drugim krokiem było wykonanie wstępnego porównania numerycznych modeli terenu (ArcGIS, 3D Analyst, TIN compare). W celu pozyskania warstwy wektorowej (poligony) pokazującej zróżnicowanie analizowanych modeli porównano dane z poszczególnych lat: 2010 do 2001, 2008 do 2001, 2010 do 2008. Obiektom wyjściowym nadano następujące wartości atrybutów:

- „0” – bez zmian,
- „-1” – poniżej,
- „+1” – powyżej.

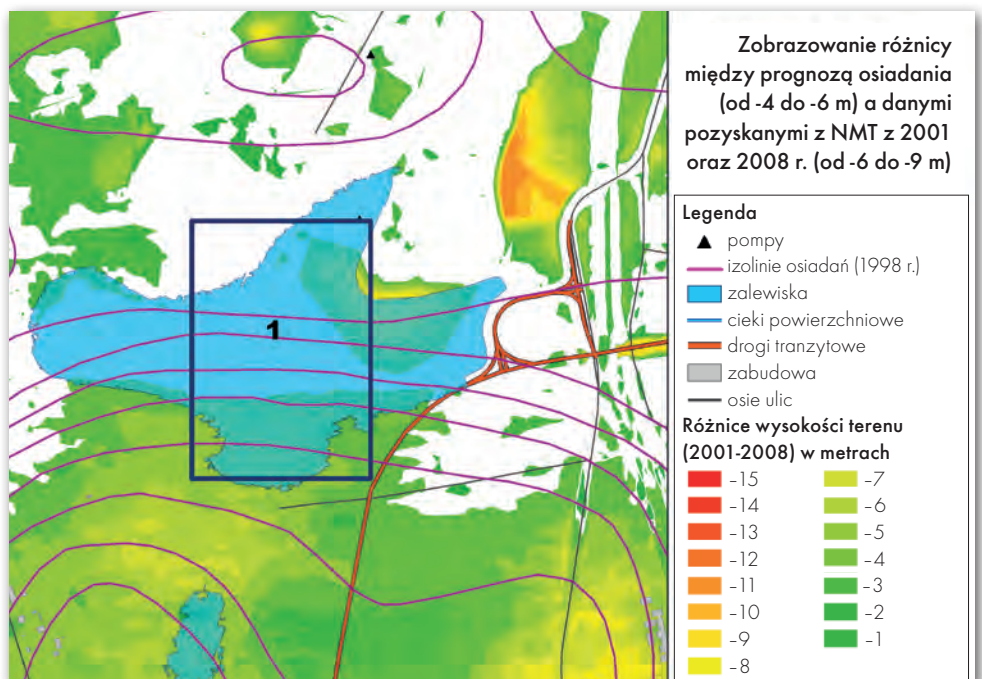
Następnie dla uzyskanych obiektów opracowano podstawowe statystyki typu: obliczenie powierzchni czy średnich wysokości n.p.m., co pozwoliło oszacować za pomocą zestawień tabelarycznych wstępną wartość osiadań.

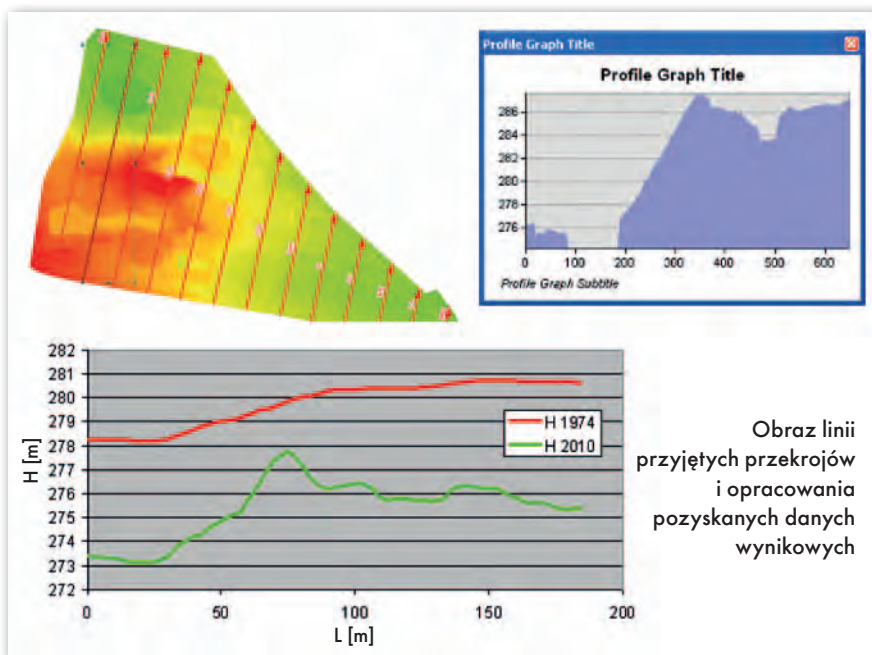
W kroku trzecim posłużono się algebrą rastrową ArcGIS (Spatial Analyst, Raster Calculator) oraz pakietem GRASS GIS i SAGA GIS na modelach grid. Obliczono różnicę między następującymi modelami: 2010–2008, 2010–2001, 2008–

2001, wynikiem czego były nowe modele z wartościami pokazującymi różnice wysokości. Wartości kategorii rastrów wynikowych zostały następnie automatycznie zwektoryzowane (GRASS oraz SAGA), czego efektem było powstanie izolinii osiadań. Izolinie zostały przekonwertowane do poligonów w celu łatwiejszych pomiarów powierzchni osiadań oraz usunięcia błędów wynikających z analiz porównawczych (m.in. usunięcie obszarów zdecydowanie za małych). Następnie wykonano porównania z danymi analogowymi izolinii osiadań oraz kategorii osiadań pozyskanych z map górniczych (rys. powyżej i poniżej).

● ZNACZENIE ANALIZ PRZESTRZENNYCH DLA BEZPIECZEŃSTWA MIASTA

Dla bezpieczeństwa miasta ważne jest nie tylko usuwanie skutków sytuacji kryzysowych, ale przede wszystkim prowadzenie działań zapobiegawczych. Wiedza pochodząca z opracowań przestrzennych na temat aktualnego zagrożenia oraz możliwe scenariusze w przypadku dalszych obfitych opadów pozwoliły na lepsze skoordynowanie działań w celu zapewnienia bezpieczeństwa na terenie zagrożonym zalewaniem. Kolejnym etapem działań było wyznaczenie bezpiecznej wysokości poziomu wód w bezodpływowych zbiornikach. W wyniku





badania wskazano również tereny, na których wskutek prowadzonej działalności górniczej mogą powstać nowe bezodpływowe niecki poeksploatacyjne.

Analogiczną analizę przeprowadzono dla udokumentowania wpływu eksploatacji górniczej na drzewostan oraz szatę roślinną na obszarze bytomskich parków. Opracowanie wykazało, że na terenach poddanych analizie doszło do znacznych obniżen terenu. Na obszarze parku Ludowego wahały się one od 4 do 10 m, natomiast w wypadku Parku im. F. Kachla – od 2 do 4 m. Spadek terenu nie jest na rozpatrywanym obszarze równomierny, co oznacza, że mogło dojść również do podłużnych i poprzecznych przesunięć poziomych. Ponadto wykazano, że obniżenia terenu doprowadziły do zmiany wysokości zwierciadeł wód podziemnych, które negatywnie wpłynęły na stan roślinności znajdującej się w parkach.

Głównym elementem opracowania były przekroje poprzeczne terenu zawierające dwa wykresy: wysokości aktualnej powierzchni terenu (2010 r.) oraz wysokości powierzchni terenu z lat 80. i z 1974 roku. W celu wygenerowania wykresu historycznego stworzono model terenu w formacie grid. W przypadku parku Ludowego posłużono się rastrem mapy topograficznej, z której zwektoryzowano warstwicę, a następnie na ich podstawie wygenerowano model. Dla Parku im. F. Kachla najpierw zeskanowano i skalibrowano mapy sytuacyjne, a następnie zwektoryzowano punkty wysokościowe, na podstawie których wygenerowano również model terenu

w formacie grid. Kolejnym krokiem było wykreślenie na mapie linii, dla których wyznaczono przekroje. Przedstawione powyżej wykresy wykonano przy użyciu narzędzi z rozszerzenia 3D Analyst.

Prezentacja narzędzi i zgromadzonych danych uświadomiła przedstawicielom Kompanii Węglowej, jak ważne jest przygotowywanie prognoz skutków prowadzo-

nej eksploatacji na podstawie aktualnego sytuacyjno-wysokościowego modelu terenu. Władze miasta, wykorzystując wyniki analiz przestrzennych, mogą porównywać rzeczywiste odształcenia terenu z prognozowanymi, a materiał ten może stanowić poważny dowód w postępowaniach odszkodowawczych. Doświadczenie wynikające z tego specyficznego projektu potwierdza znaczenie posiadania zintegrowanej bazy danych przestrzennych i narzędzi do ich przetwarzania.

WOJCIECH JESZKA, MAGDALENA POGODA,
MONIKA JAGIELSKA, PAWEŁ KUCHARZEK,
ARKADIUSZ DZADZ
(Urząd Miasta Bytom)

Literatura i materiały pomocnicze:

- Jerzy Wach, 2009: Prognoza oddziaływania górniczego na środowisko, o którym mowa w art. 53 ust. 6 ustawy Prawo geologiczne i górnicze, dla miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego obszaru funkcjonalnego dla terenów górniczych w Bytomiu; opracowania ekofizjograficzne dla terenu górniczego w Bytomiu, Przedsiębiorstwo Usługowe GEOGRAF;
- Jan Pielok, 1999: Ocena oddziaływania na środowisko dla projektowanego Zakładu Górniczego „Bytom III” w Bytomiu, Zakład Geodezji Górniczej, AGH w Krakowie;
- Jan Białek, 2008: Instalacja i wykonanie pierwszych obliczeń prognostycznych pakietem programów EDNOPN (Windows XP/VISTA).

