

Ewa Koszela-Marek

Zastosowanie NMT w badaniach geologiczno-inżynierskich na przykładzie stawu osadowego i hałd byłych kopalni uranu

DTM application in geological engineering researches on example of area of tailing pond and dumps of former uranium mines

Streszczenie: Praca przedstawia zastosowanie i możliwości NMT w badaniach geologiczno-inżynierskich na przykładzie stawu osadowego w Kowarach i terenu hałd w Radoniowie, pozostałych po byłych kopalniach uranu. Obszary te charakteryzowały się dużym stopniem zdegradowania terenu i skomplikowaną budową geologiczno-inżynierską, wywołaną działalnością górniczą. Ważnym etapem prac było wprowadzenie do numerycznych modeli danych dotyczących morfologii terenu, wody podziemnej, warstw geologiczno-inżynierskich, hałd oraz wartości promieniowania jonizującego. Modele te pozwalają na generowanie wielu map tematycznych, między innymi map geologiczno-inżynierskich, a także przekrojów geologiczno-inżynierskich wzdłuż dowolnie wskazanej linii przekrojowej. Umożliwiają także dokonywanie wielu obliczeń potrzebnych do projektowania rekultywacji.

Słowa kluczowe: badania geologiczno-inżynierskie, Numeryczny Model Terenu, hałdy, staw osadowy

Abstract: In this paper the application and possibilities of DTM for geological engineering researches are presented. Both the tailing pond in Kowary and the region of dumps in Radoniów, which is the former uranium mines area are considered. The areas under consideration were characterized by a high grade of degradation and very complex geological composition due to mining activity. The most important task of examination was input of data into numerical models concerning morphology, ground waters, geological engineering layers, dumps and intensity of ionizing radiation. These models give possibilities to generate both geological engineering maps and geological cross sections along any line and direction. The numbers of calculations necessary for remediation designing may also be carried out.

Key words: geological engineering researches, Digital Terrain Model, dumps, tailing pond

Wprowadzenie

Na terenie Polski w przedziale wielu ostatnich lat powstały liczne tereny po zlikwidowanych zakładach górniczych, charakteryzujące się zdegradowanym środowiskiem naturalnym. Coraz częściej w prowadzeniu efektywnej rekultywacji i poprzedzających ją badaniach geologiczno-inżynierskich pomocne stają się narzędzia GIS, a w tym w szczególności Numeryczny Model Terenu (NMT). Model ten opisywany jest jako matematyczna reprezentacja kształtu powierzchni Ziemi zapisana cyfrowo w sposób algorytmicznie uporządkowany (Baranowski, 1998). Zastosowanie metod NMT przedstawiono na przykładzie dwóch terenów byłych kopalni uranu – obszaru stawu osadowego odpadów pouranowych kopalni Wolność w Kowarach i hałd odpadów w Radoniowie. Obydwa tereny wymagały licznych badań i analiz geologiczno-inżynierskich (Koszela i in., 2000, 2004; Ossowski i in., 2000; Koszela-Marek, 2002; Dzikowska i in., 2004). Obecnie teren stawu osadowego w Kowarach jest już zrehabilitowany, natomiast obszar kopalni Radoniów pozostał niezrehabilitowany z powodu braku środków finansowych na ten cel.

Charakterystyka obszarów badań

Kopalnie uranu w Kowarach i Radoniowie powstały w ramach działalności zakładu ZPR-1, który w latach 50. i 60. ubiegłego wieku wydobywał i eksportował rudę uranową.

Teren stawu osadowego odpadów pouranowych w Kowarach powstał w wyniku oddzielenia fragmentu doliny Jedlicy zaporą ziemną z materiału lokalnego i antropogenicznego, gromadzonego w trakcie procesu wzbogacania rud uranowych. Osadnik miał powierzchnię 1,5 ha wraz z obwałowaniem. W stawie zdeponowany był materiał pochodzący z procesów wzbogacania rudy uranowej, a także odpady z późniejszej produkcji preparatów chemicznych, z obróbki elementów konstrukcji metalowych (galwanizacja, wytrawianie), przemiału i przemycania kruszyw mineralnych. Zdeponowane w osadniku odpady oszacowano na około 300 tys. ton, w tym około 250 tys. ton odpadów pouranowych. Obwałowanie wykonane zostało głównie z dwóch typów gruntów antropogenicznych. Pierwszy z nich to grunty mineralne, powstałe w wyniku niszczenia pierwotnej struktury naturalnego podłoża zbudowanego głównie z produktów procesu wietrzenia skał magmowych i metamorficznych (granitów, gnejsów). Grunty te transportowano i formowano z nich nasypy obwałowania. Drugi rodzaj to grunty będące stałymi odpadami z procesu technologicznego wzbogacania rud uranu i żelaza, transportowane w formie zawiesiny wodnej i składowane w stawie osadowym. W roku 1999 rozpoczęły się prace związane z przeprowadzeniem rekultywacji na tym obszarze. Sam proces rekultywacji poprzedzony musiał być wieloma badaniami, w tym w szerokim zakresie z geologii inżynierskiej, które prowadziły zespoły badawcze, głównie z Politechniki Wrocławskiej (Marcinkowski i in., 1998; Ossowski i in., 2000; Koszela i in., 2000, 2004; Wróblewski, Kamiński, 2001; Koszela-Marek, 2002; Dzikowska

i in., 2004). Podczas analizy danych geologicznych stwierdzono, że budowa geologiczna obszaru stawu osadowego odpadów pouranowych jest wyjątkowo skomplikowana. Grunty podzielono na wiele warstw geologiczno-inżynierskich. Ze względu na specyficzną i bardzo skomplikowaną budowę kluczowym czynnikiem przy wydzieleniu warstw geologiczno-inżynierskich okazała się technologia wbudowywania gruntów w zapory oraz technologia wytwarzania odpadów i sposób ich deponowania w stawie. W związku z tym za nadrzędne kryterium podziału gruntów przyjęto etapy budowy i wypełniania osadnika, a dopiero potem różnice właściwości geotechnicznych gruntów. Wyróżniono trzy etapy budowy osadnika Kowary i cztery etapy wypełniania go. Szczegółowa charakterystyka wydzielonych warstw geologicznych znajduje się we wcześniejszych opracowaniach (Koszela, 2000; Koszela-Marek, 2002).

Kopalnia Radoniów zakończyła eksploatację rudy w 1963 r. (Dzidowska i in., 2004). Po zlikwidowanej kopalni pozostał zdegradowany i wyłączony z użytkowania teren o pow. 6,5 ha (ryc. 1), na którym znajdują się zasypane szyby, zniszczony system odwodnienia, hałdy odpadów skalnych, osadniki, betonowe fragmenty obiektów kopalni i inne. Natężenie promieniowania jonizującego, określone równoważnikiem mocy dawki promieniowania jonizującego, sięga do 2500 nSv/h i przekracza wielokrotnie wartość naturalnego tła dla tego rejonu, wynoszącą 170 mSv/h (Dzidowska i in., 2004). W trakcie badań geologiczno-inżynierskich na tym obszarze stwierdzono, że na podłożu krystalicznym zalegają utwory czwartorzędowe. Na nich zdeponowane są grunty antropogeniczne. W większości składają się one ze skał płonnych, odseparowanych od rudy bezpośrednio po wydobywaniu, a także z odpadów drobnoziarnistych, pochodzących z późniejszego przerobu skał płonnych. Złożono je na powierzchni terenu w formie nasypów i hałd. Utwory te



Ryc. 1. Lokalizacja terenu przewidzianego do rekultywacji po byłej kopalni Radoniów
Fig. 1. Localization of former Radoniów mine area, which is to be remediate

zostały szczegółowo opisane w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej i innych opracowaniach (Dzidowska i in., 2004; Koszela i in., 2004).

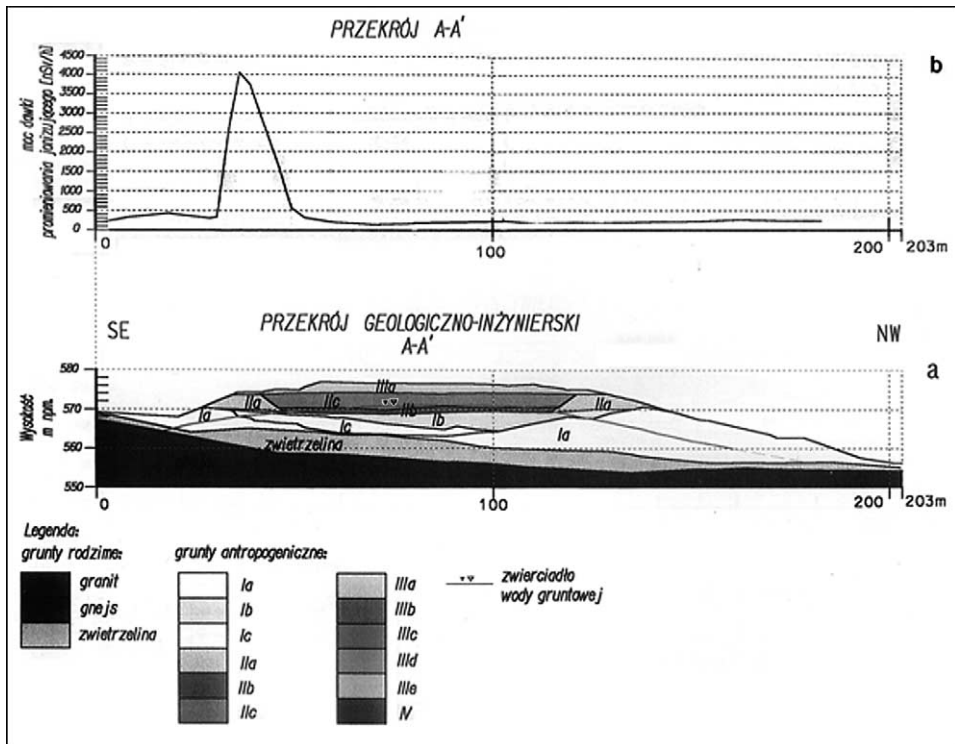
Budowa i zastosowanie NMT w badaniach geologiczno-inżynierskich

Dla obszaru stawu osadowego w Kowarach i terenu hałd w Radoniowie zbudowano Numeryczne Modele Terenu (NMT). Do utworzenia NMT wykorzystano tzw. dane ciągłe, czyli trójwymiarowe dane opisujące powierzchnię. Charakteryzują się tym, że są określone przez współrzędne – „x, y, z”, gdzie „x, y” określają lokalizację rozpatrywanego punktu na płaszczyźnie, a „z” – wartość mierzonej zmiennej (Weibel, Heller, 1993). Numeryczne modele terenu zbudowano w oparciu o środowisko graficzne MicroStation. Następnie, wykorzystując procedury NMT, przystąpiono do modelowania przestrzennej budowy terenów, ze szczególnym uwzględnieniem rozprzestrzenienia wydzielonych warstw geologiczno-inżynierskich i rozmieszczenia hałd. Źródłem danych do wykonania NMT były: mapy rastrowe, mapy numeryczne oraz punkty wysokościowe z bezpośrednich pomiarów w terenie, a także dane uzyskane z dokumentacji geologiczno-inżynierskich (Ossowski i in., 2000; Koszela i in., 2000, 2004; Dzidowska i in., 2004). Szczególnie istotne były informacje zawarte na profilach i przekrojach geologicznych. Najważniejszym etapem w tworzeniu NMT było wprowadzanie danych dotyczących:

- 1) dla terenu stawu osadowego byłej kopalni uranu w Kowarach:
 - morfologii terenu,
 - stropu krystalicznego podłoża (gnejsy, granity i ich zwietrzelina)
 - spągów i stropów wydzielonych warstw geologiczno-inżynierskich,
 - położenia zwierciadła wód podziemnych,
 - natężenia mocy dawki promieniowania jonizującego,
- 2) dla terenu byłej kopalni w Radoniowie:
 - pierwotnej morfologii terenu (powierzchni przed powstaniem hałd), obecnej rzeźby terenu (z uwzględnieniem hałd),
 - projektowanych powierzchni terenu – powierzchni po etapie niwelacji i powierzchni po ostatecznej rekultywacji (z nawiezionym materiałem),
 - stropu zwietrzeliny skał krystalicznego podłoża,
 - położenia zwierciadła wody podziemnej.

Uzyskane zostały przestrzenne modele budowy terenu, przedstawiające zarówno powierzchnię terenu, jak i budowę geologiczno-inżynierską, sięgającą do krystalicznego podłoża. Korzystając z utworzonych Numerycznych Modeli Terenu, można generować:

- mapy poziomicowe ukształtowania powierzchni terenu (mogą to być mapy przedstawiające aktualne powierzchnie terenu, a także powierzchnie po projektowanej rekultywacji lub po jej kolejnych etapach, np. po etapie niwelacji),
- mapy geologiczno-inżynierskie,
- przekroje geologiczno-inżynierskie (ryc. 2),

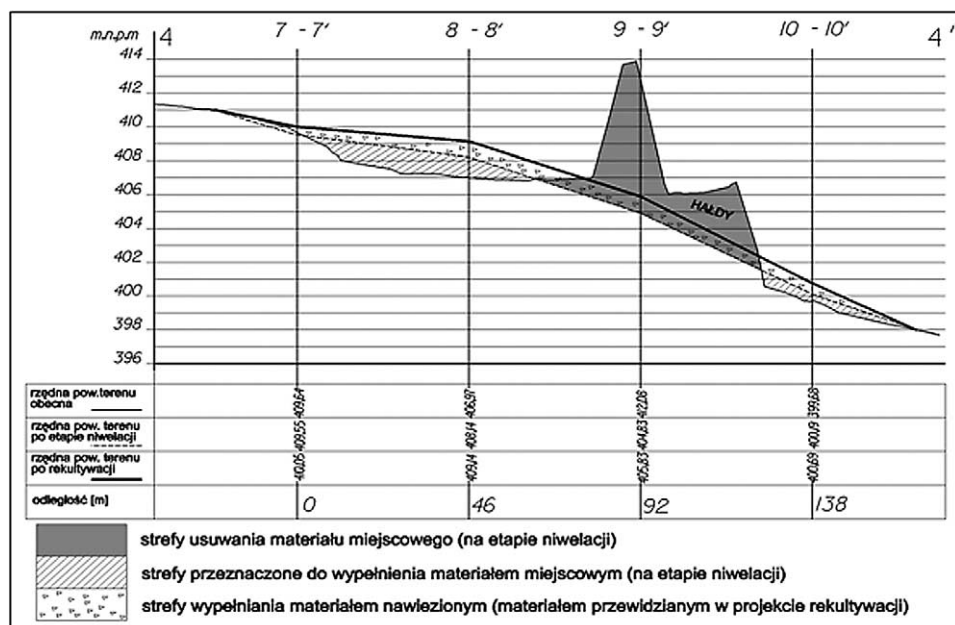


Ryc. 2. Przykładowy przekrój geologiczno-inżynierski stawu osadowego Kowary i wykres mocy dawki promieniowania jonizującego

Fig. 2. Geological engineering cross section of Kowary tailing pond and ionizing radiation

- mapy promieniowania jonizującego, mapy hydroizohips wód podziemnych, izoliniowe mapy stropu skał krystalicznego podłoża,
- rzuty perspektywiczne ukształtowania powierzchni terenu (możliwość generowania takich obrazów z różnych kierunków geograficznych i pod dowolnymi kątami),
- przekroje poprzeczne, przedstawiające powierzchnie terenu w poszczególnych etapach projektowanej rekultywacji (ryc. 3).

NMT pozwala na automatyczne przeprowadzanie obliczeń bilansu mas ziemnych (tab. 1), deniwelacji terenu, rzędnych i innych danych, które mogą być wykorzystywane w analizach geologiczno-inżynierskich, geotechnicznych i zastosowane także jako efektywne narzędzie wspomagające projektowanie rekultywacji.



Ryc. 3. Przykładowy przekrój poprzeczny przez teren byłej kopalni Radoniów uwzględniający powierzchnię terenu w poszczególnych etapach rekultywacji

Fig. 3. Hypothetical cross section of former Radoniów mine area in some remediation stages

Tabela 1. Bilans mas ziemnych dla przykładowego fragmentu terenu kopalni Radoniów otrzymany z NMT (Koszela-Marek i in., 2005)

Table 1. Soil mass balance for hypothetical fragment of Radoniów mine area obtained from NMT (Koszela-Marek i in., 2005)

Objętość materiału miejscowego do usunięcia	33034,65 m ³
Objętość materiału miejscowego wykorzystana do wypełnienia na etapie niwelacji	3828,27 m ³
Objętość netto materiału miejscowego (pozostała po niwelacji)	29206,38 m ³
Objętość materiału nawiezonego	9428,88 m ³

Podsumowanie i wnioski

Przedstawione w pracy przykłady zbudowanych dla terenu Kowar i Radoniowa numerycznych modeli terenu wskazują na szerokie możliwości, jakie daje zastosowanie takich technik we wspomaganym i efektywnym przeprowadzaniu badań geologiczno-inżynierskich, zwłaszcza na obszarach wymagających rekultywacji. Zbudowane modele pozwalają na uzyskanie przestrzennego obrazu budowy geologiczno-inżynierskiej, przedstawiającego układ warstw geologiczno-inżynierskich i ukształtowanie zwierciadła wody podziemnej oraz skorelowaną z nimi powierzchnię określającą rozkład natężenia promieniowania jonizującego. Umożli-

wiąją przeprowadzenie analizy budowy geologicznej wzdłuż zadanej, dowolnej linii przekrojowej. Dzięki przedstawionym modelom możliwe są obliczenia bilansu mas ziemnych potrzebne do projektu rekultywacji. Modele takie pozwalają na wprowadzanie dodatkowych informacji z wielu dziedzin. Umożliwiają kompleksowe powiązanie różnych danych, np. geologiczno-inżynierskich, geotechnicznych, radiologicznych, ekologicznych i in., a przez to mogą być wykorzystywane w celu prowadzenia analiz środowiska naturalnego oraz do projektowania rekultywacji.

Literatura

- Baranowski M., 1998. Aspekty tworzenia numerycznego modelu rzeźby terenu dla obszaru Polski. VIII Konferencja Naukowo-Techniczna: „Systemy Informacji Przestrzennej”. Polskie Towarzystwo Informatyki Przestrzennej, Warszawa, s. 35–44.
- Dzidowska K., Koszela J., Koszela-Marek E., 2004. Dokumentacja geologiczno-inżynierska w związku z projektowaniem rekultywacji terenów poeksploatacyjnych byłej kopalni Radoniów. Raport Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki serii SPR nr 18, Politechnika Wroclawska.
- Koszela J., Grabas K., Koszela-Marek E., Stróżyk J., 2004. Projekt rekultywacji terenów poeksploatacyjnych kopalni „Radoniów”. Arch. Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki, Politechnika Wroclawska, Wrocław.
- Koszela J. i in., 2000. Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla potrzeb rekultywacji stawu osadowego odpadów z przeróbki rud uranowych w Kowarach. Raport ser. SPR nr 6/2000, Instytut Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wroclawskiej, Wrocław.
- Koszela-Marek E., 2002. Analiza danych geologicznych i środowiskowych na terenie objętym działalnością górnictw z zastosowaniem systemu informacji geograficznej. Rap. Ser. PRE nr 2/2002, Wrocław.
- Koszela-Marek E., Stróżyk J., Koszela J., 2005. Budowa i zastosowanie Numerycznego Modelu Terenu (NMT) na przykładzie byłej kopalni uranu. W: Geotechnika w budownictwie i górnictwie. Prace Nauk. Inst. Geotech. i Hydrotech. Oficyna Wyd. Politechniki Wroclawskiej, Wrocław, s. 317–324.
- Marcinkowski T. i in., 1998. Ocena oddziaływania na środowisko stawu osadowego Hydro-met w Kowarach. Rap. ser. SPR nr 18/98, Bibl. Inst. Inż. Ochr. Środ., PWr, Wrocław.
- Ossowski J., Koszela J., Koszela-Marek E., 2000. Dokumentacja hydrogeologiczna stawu osadowego „Kowary”. Rap. ser. SPR nr 7/2000, Bibl. Inst. Geotech. i Hydrotech. PWr, Wrocław.
- Weibel R., Heller M., 1993. Digital Terrain Modelling. Geographical Information Systems. Principles and Applications, Vol. 1: Principles. Longman Scientific & Technical, New York, s. 269–296.
- Wróblewski J., Kamiński J., 2001. Sprawozdanie z badań radiologicznych na terenie byłej kopalni rud uranu „Radoniów” w miejsc. Radoniów, gm. Lubomierz. PAA, Jelenia Góra.

