

DOI 10.2478/v10116-009-0016-y

ZASTOSOWANIE TECHNIK MODELOWANIA TRÓJWYMIAROWEGO PRZY AKTUALIZACJI INWENTARZA JASKIŃ SUDETÓW NA PRZYKŁADZIE JASKINI BŁOTNEJ

BARTOSZ CZERNECKI, PIOTR SZUKAŁA

ZARYS TREŚCI

Przedmiotem badań przeprowadzonych w Jaskini Błotnej w Górach Kaczawskich była aktualizacja Inwentarza Jaskiń Sudetów. Ostatnie wydanie z roku 1996 uległo w znacznej mierze dezaktualizacji wskutek dewastacji starych jaskiń i licznych odkryć nowych obiektów. Oprócz informacji zawartych we wcześniejszych wydaniach inwentarza zaproponowano dodanie kilku rozwiązań modelowych, które przeprowadzono na przykładzie Jaskini Błotnej w Górach Kaczawskich. Dotyczą one głównie nowych form prezentacji wyników kartowania uzyskanych za pomocą oprogramowania Therion, uwzględnienia trudności technicznych jaskini, panujących w niej lokalnych warunków i związanego z tym odpowiedniego przygotowania odwiedzających. Standardowy opis dojścia do jaskiń został wzbogacony o zdigitalizowaną ścieżkę dojścia do otworu.

Rezultaty badań mają charakter wstępny i stanowią podstawę do dalszych prac badawczych realizowanych w ramach projektu aktualizacji Inwentarza Jaskiń Sudetów (PULINA 1996) kierowanych przez Sekcję Speleologiczną SKNG UAM od 2006 r.

WPROWADZENIE

Od 1999 r. w okolicach Wojcieszowa odkryto niespełna 700 m nowych ciągów jaskiniowych przy łącznej sumie deniwelacji wynoszącej około 180 m. Część z nich wskutek intensywnych prac eksploatacyjnych uległa częściowemu lub całkowitemu zniszczeniu (CZERNECKI 2008). Brak oficjalnych systematycznych źródeł informacji o pracach eksploatacyjnych w tym rejonie sprawia, że nie istnieje żadne wiarygodne źródło informacji o aktualnej liczbie, długości i deniwelacji jaskiń sudeckich.

Region Wojcieszowa jest monitorowany przez liczne speleokluby zrzeszające taterników jaskiniowych z całego Dolnego Śląska. Częste wzmianki dotyczące nowo odkrytych lub zniszczonych obiektów krasu podziemnego są sporadycznie zgłaszane na stronach internetowych^{1,2}, z których starano się czerpać informację o wiarygodnym lub sprawdzonym stanie rzeczy od miejscowych speleologów i odwiedzających ten rejon klubów taternictwa jaskiniowego.

¹ <http://bobry.host.mm-team.com/katjaswoj> – stan na 15.09.2009.

² <http://ptpnoz.free.ngo.pl/jask.html> – stan na 15.09.2009.

Proponowane rozwiązanie aktualizacji inwentarza opiera się na ponownym kartowaniu jaskiniowym zarówno obiektów wcześniej poznanych, jak i nowo odkrytych przy użyciu nowych metod dokumentacyjnych, które umożliwiają publikację rezultatów pomiarów w postaci elektronicznej ze szczegółową charakterystyką obiektu. Taki system ułatwiłby wymianę informacji o stanie faktycznym jaskiń lub o pracach eksploracyjnych, tworząc jednocześnie podwaliny dla dalszych prac badawczych w tym rejonie.

OBSZAR BADAŃ

Skąły krasowiejące na obszarze Gór Kaczawskich mają charakter wyspowy, tworząc się w obrębie tzw. soczew wapiennych (PULINA 1996, 1999). Jedną z takich pokryw wapiennych jest właśnie góra Połom w okolicach Wojcieszowa na Dolnym Śląsku. Dolomity i wapień wojcieszowski zostały wydатовane na podstawie analizy nielicznych fosylii na dolny i środkowy kambr (KOZDRÓJ 1995). Eksploatacja wapienia przez Wojcieszowskie Zakłady Wapiennicze spowodowała odsłonięcie licznych korytarzy jaskiń, co umożliwiło dokładniejszą analizę krasu na tym obszarze. Wśród znanych jaskiń wojcieszowskich wyróżnić można odcinki korytarzy horyzontalnych oraz pionowych. Poziome odcinki są związane z trzeciorzędowymi poziomami erozyjnymi, pionowe zaś to formy powstałe wskutek obniżenia się bazy erozyjnej (PULINA 1996).

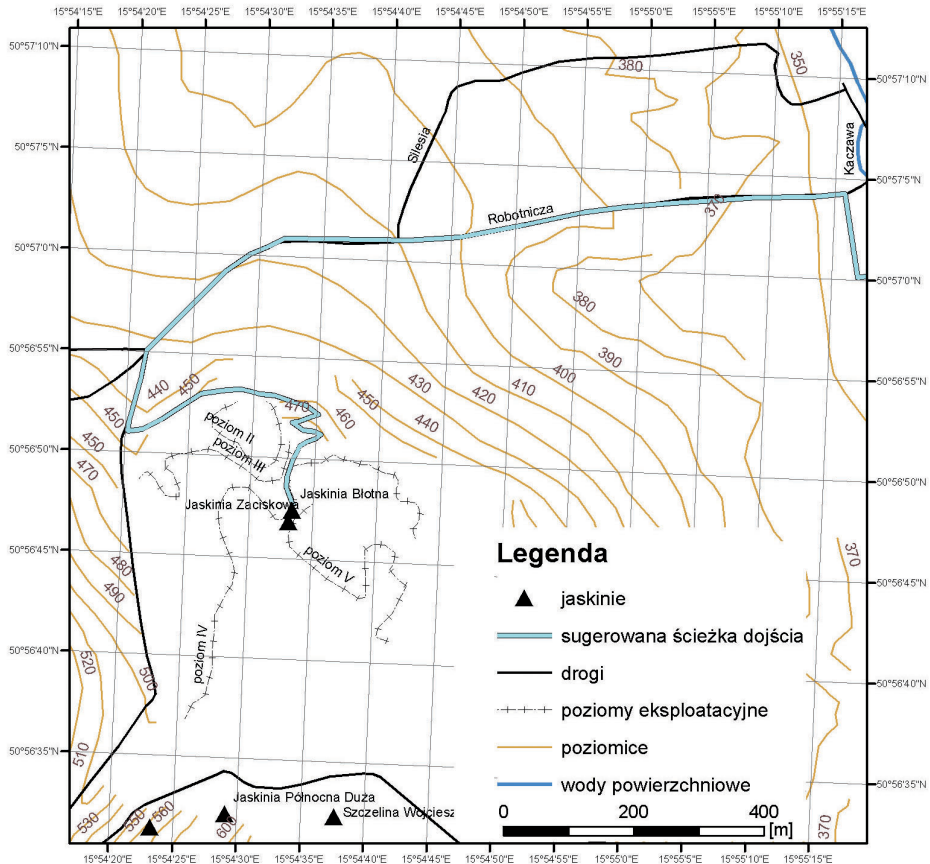
Jaskinia Błotna leży w południowo-wschodniej części Gór Kaczawskich (Sudety Zachodnie), we wnętrzu góry Połom. Otwór jaskini znajduje się na III poziomie eksploatacyjnym nieczynnego już kamieniołomu „Łomy Winnickiego”. Teren ten jest obecnie własnością Lhoist Polska i każde wejście wymaga uzyskania stosownej zgody ze stron władz zakładu wapienniczego.

Jaskinia została odkryta 1.05.1977 r. przez członków Speleoklubu „Bobyry” z Żagania. Pierwsza nazwa jaskini to Jaskinia Pierwszomajowa. Ze względu na duże ilości błota i wilgoci zmieniono nazwę na Jaskinia Północna Błotna, a następnie Jaskinia Błotna (KRAMEK 1996).

CEL

Celem badań, których wyniki zaprezentowano w niniejszej pracy, było określenie poprawności kartowania jaskiniowego stosowanego w Inwentarzu Jaskiń Sudeckich (PULINA 1996) z uzyskanymi danymi pomiarowymi z zastosowaniem technik modelowania GIS (BUDAJ, MUDRAK 2009). Opracowanie w postaci planu, przekroju oraz modelu trójwymiarowego pozwala na porównanie z wcześniejszymi wizualizacjami tego typu. Ze względu na fakt wykrycia dużych różnic deniwelacji i długości ciągów jaskiniowych postanowiono dokonać aktualizacji listy istniejących najdłuższych i najgłębszych jaskiń w Sudetach, opierając się na dostępnych materiałach sympozjalnych i własnych danych pomiarowych.

Modelowanie trójwymiarowe jaskiń w rejonie góry Połom może się w przyszłości przyczynić do łatwiejszego definiowania kształtu oraz wysokości poziomów erozyjnych, a także precyzyjnego określania odcinków wadycznych, przejściowych oraz freatycznych poszczególnych ciągów jaskiniowych.



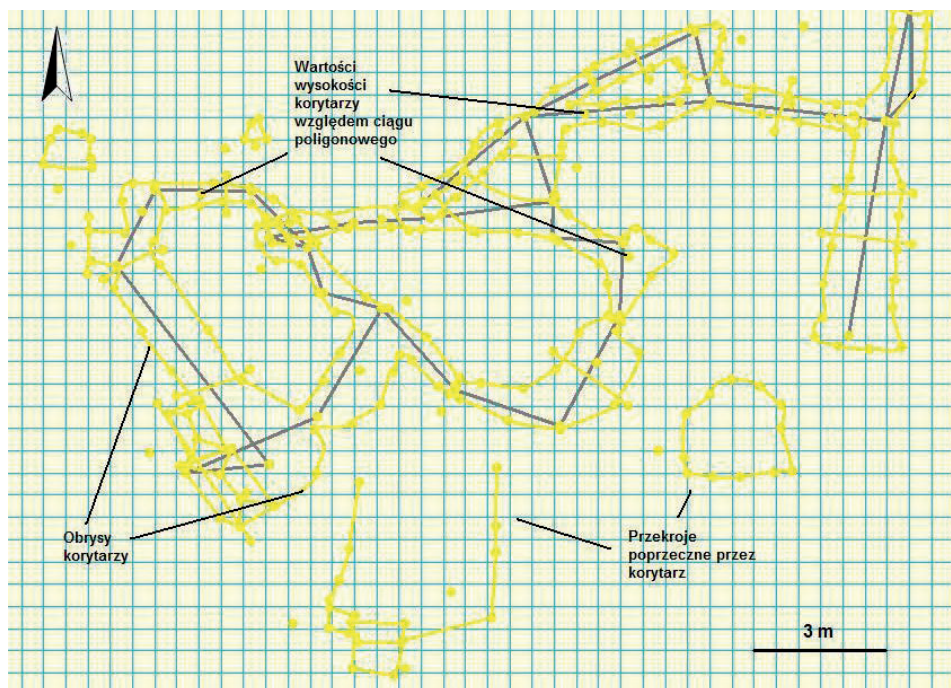
Ryc. 1. Lokalizacja Jaskini Błotnej w masywie Połomu z uwzględnieniem sugerowanej ścieżki dojścia. Układ współrzędnych WGS-84

Fig. 1. Localization of the Błotna Cave in the Mt. Połom area, with suggested path. Coordinate system WGS-84

METODYKA

W celu utworzenia trójwymiarowego modelu jaskiniowego koniecznym jest wykonanie nowego ciągu pomiarowego według ogólnie przyjętych kryteriów rekomendowanych przez Komisję Tatarnictwa Jaskiniowego przy Polskim Związku Alpinizmu. Pozwala to na walidację poprzednich planów i przekrojów jaskini, a także umożliwia określenie przybliżonej kubatury obiektu.

Dane pomiarowe zostały opracowane przy użyciu darmowego pakietu oprogramowania Therion, który jest powszechnie wykorzystywany przez zagraniczne służby speleologiczne (m.in.: słowackie, czeskie, francuskie, rosyjskie) do kartowania jaskiniowego i katalogowania danych eksploracyjnych (BUDAJ 2008). Jego największą zaletą jest,



Ryc. 2. Wstępne opracowanie pomiarów Jaskini Błotnej w programie Therion
 Kolorem szarym zaznaczono główne ciągi pomiarowe, kolorem żółtym miejsca pomiarów uzupełniających

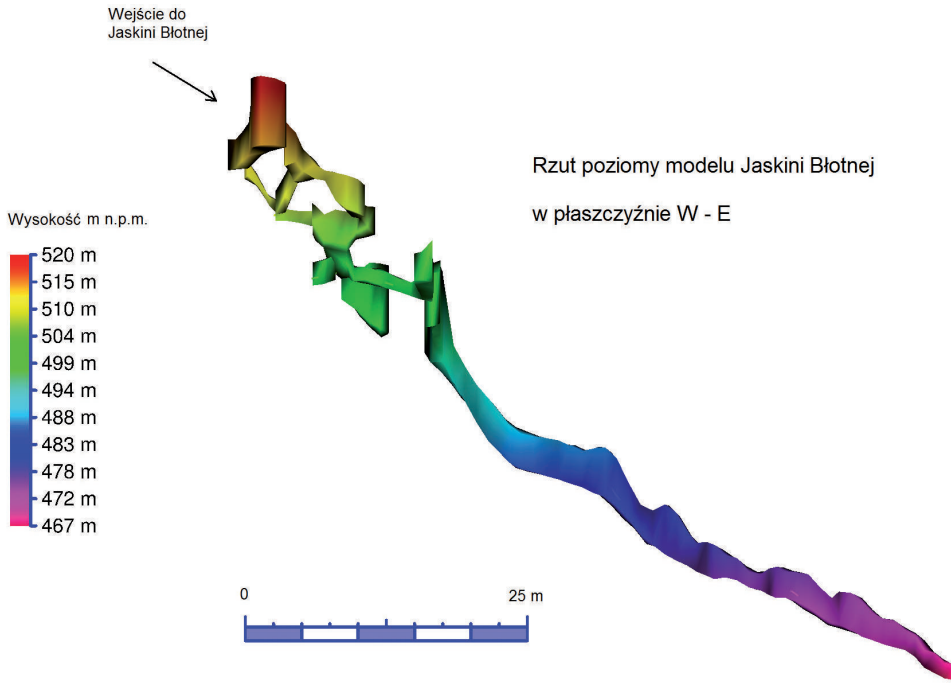
Fig. 2. Editing survey data of the Błotna Cave using Therion software

Main measurements in grey, additional in yellow

w przeciwieństwie do programów typu CAD, możliwość aktualizacji dowolnego ciągu jaskiniowego, na przykład w przypadku odkrycia nowych korytarzy, z automatyczną wizualizacją oraz opracowaniem planu i profilu obiektu, bez potrzeby zmiany ciągu głównego. Poniższy przykład opracowania modelu jaskini w formacie plików Theriona (.lox, .th, th2.) jest jedną z pierwszych prób tego typu w Polsce.

Prace dokumentacji kartograficznej składały się z szeregu pomiarów terenowych oraz późniejszej obróbki danych oprogramowaniem zewnętrznym Theriona. Wstępne pomiary terenowe polegały na namierzaniu otworu jaskini za pomocą odbiornika GPS. Wykorzystano do tego celu odbiornik turystyczny „Garmin 12” o dokładności wertykalnej i horyzontalnej 10–12 m. Po dokonaniu sześciokrotnego namierzania otworu uzyskano satysfakcjonującą dokładność na potrzeby digitalizacji danych. Całość pomiarów kartograficznych sprowadzono do układu współrzędnych prostokątnych UTM (Universal Transverse Mercator), co ujednotoczyło charakter prac dokumentacyjnych.

Prace pomiarowe jaskini wymagały zastosowań technik alpinistycznych z powodu wertykalnych odcinków Jaskini Błotnej, co dodatkowo utrudniało wykonanie zadania.

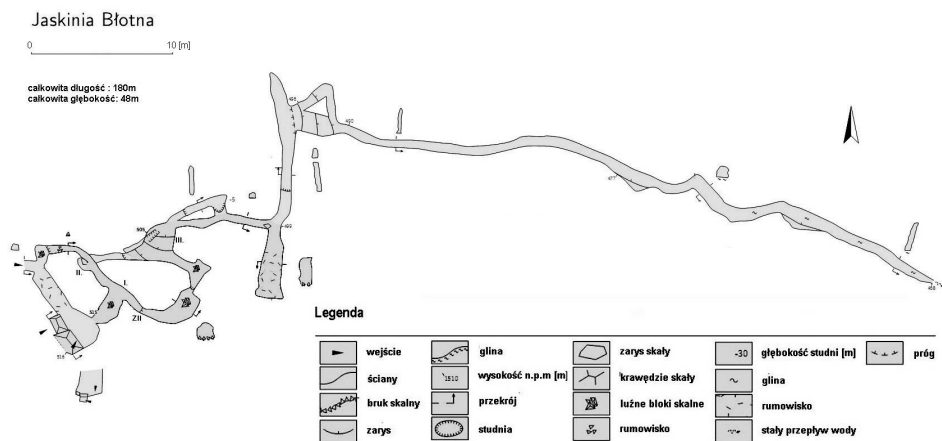


Ryc. 3. Rzut poziomy korytarzy Jaskini Błotnej
 Fig. 3. Horizontal view of corridors in the Błotna Cave

Ostatecznie dokonano pomiarów ciągu poligonowego, który składa się z linii zawierających wartości azymutu, długości oraz kąta upadu. Tak połączone linie w punktach tymczasowo zastabilizowanych tworzą główny ciąg pomiarowy jaskini. Dodatkowo punkt wejściowy do jaskini ma atrybuty współrzędnych geograficznych, co umożliwia zorientowanie całego układu w przestrzeni i jednocześnie stanowi bazę dla dalszych opracowań dokumentacyjnych.

Przedstawione na rycinie 2 opracowanie wstępne jest czynnością niezbędną do utworzenia obrysów korytarzy oraz dodania szczegółów topograficznych jaskini. Obrysy ścian zostały utworzone przy użyciu krzywych Béziera, a także nadano im atrybuty utożsamiające je z odpowiednimi elementami morfologicznymi jaskini. Tak sporządzone dane zostały wyeksportowane do formatu pośredniego Theriona, za pomocą którego analizuje się poszczególne linie i punkty oraz przedstawia w formie graficznej plan jaskini.

Przy użyciu Theriona modelowanie trójwymiarowe jaskini można przeprowadzić na dwa sposoby. Mocno zgeneralizowanym sposobem jest modelowanie za pomocą danych domiarów prostokątnych, co powoduje wygenerowanie odpowiedniego kształtu rurek wokół ciągu poligonowego, które następnie są z sobą łączone za pomocą wewnętrznego al-



Ryc. 4. Plan Jaskini Błotnej
Fig. 4. Plan of the Błotna Cave

gorytmu. Zdecydowano się jednak na metodę utworzenia modelu trójwymiarowego za pomocą digitalizacji obrysów ścian i nadania im odpowiedniej wysokości. W ten sposób powstaje dobrze uszczegółowiony model o czworokątnym przekroju korytarzy (ryc. 3).

Wizualizacja modelu pozwala na dokładne zapoznanie się z kształtem korytarzy, ich kubaturą oraz orientuje je w przestrzeni. Modelowanie tego typu bazuje na digitalizacji obrysu korytarzy z uwzględnieniem ciągów pomiarowych, a także pomiarami wysokości stropu oraz głębokości spągu względem ciągu pomiarowego. Taka forma prezentacji ma zasadniczą przewagę nad rysowaniem przekrojów w danym rzucie, ponieważ pozwala na generowanie przekrojów w każdym położeniu bez dodatkowych prac kartograficznych.

W celu eliminacji błędów pomiarowych podczas przeprowadzania prac inwentaryzacyjnych dokonano dwukrotnego sprawdzenia pomiarów azymutów i upadów w głównym ciągu poligonowym pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowymi. Użyto busoli geologicznej typu Freiberg oraz dalmierza laserowego. Na podstawie tak sporządzonego ciągu głównego dokonano późniejszych domiarów korytarzy bocznych w taki sposób, aby model trójwymiarowy jaskini możliwie wiernie oddawał rzeczywisty kształt i kubaturę wnętrza obiektu. Dodatkowo w pomiarach uwzględniono wartości deklinacji magnetycznej, która ma znaczenie w przypadku porównania przebiegu korytarzy jaskini do powierzchni terenu. Prace nad odzwierciedleniem kształtu korytarzy polegały na pomiarze domiarów prostokątnych w każdym z punktów pomiarowych. Odpowiednia digitalizacja z wykorzystaniem Theriona posłużyła do dalszego sporządzenia modelu trójwymiarowego kształtu korytarzy jaskini.

REZULTATY BADAŃ

Utworzony plan (ryc. 3) oraz model trójwymiarowy jaskini (ryc. 4) z modelem reliefu bazują na nowych pomiarach przeprowadzonych przez Sekcję Speleologiczną Studenckiego Koła Naukowego Geografów. Wynikają z tego powodu pewne dysproporcje pomiędzy wcześniejszymi pomiarami Jaskini Błotnej dokonanyymi przez Kublińskiego, Majgiera, Niedościała oraz Kramka, które powstały na przełomie lat 80. i 90 ubiegłego wieku. Ostatni z wymienionych był twórcą jedyne do tej pory planu jaskini (PULINA 1996). Z wcześniejszych pomiarów wynika, iż długość ciągów wynosi 155 m, a jej deniwelacja –40 m. Zgodnie z nowo sporządzonymi ciągami pomiarowymi mamy: długość – 180 m (różnica +25 m), natomiast deniwelacja –48 m (różnica –8 m).

Uzyskane wyniki pomiarowe zdecydowanie różnią się od dotychczas podawanych oficjalnie w Inwentarzu Jaskiń Sudeckich oraz na stronach internetowych PTPNoZ³. Prawdopodobnie jest to spowodowane niezbyt dokładnie przeprowadzonymi pomiarami głównego ciągu jaskiniowego lub błędami przy opracowywaniu planu, a następnie powielaniu informacji w cytowanych źródłach.

Duża liczba jaskiń o długości 100–300 m (por. tab. 1) oraz deniwelacji rzędu 30–50 m (por. tab. 2) sprawia, że różnice pomiędzy poszczególnymi obiektami z „pierwszej 10-ki” często nie przekraczają kilku-, kilkunastu metrów. W celu aktualizacji klasyfikacji PTPNoZ usunięto z niej jaskinie już nieistniejące, a także skorygowano wymiary Jaskini Błotnej. Istotnym problemem jest aktualizacja danych ze względu na liczne odkrycia w rejonie krasu sudeckiego. Od roku 1998 do 2003 długość poznanych korytarzy jaskiń krasowych w Sudetach wzrosła o 30% (ROGALA, WOJTOŃ 2003). Liczba znanych jaskiń szybko się zmienia i niezbędna jest dobra wymiana informacji o nich, jaką gwarantowałaby internetowa baza danych. Działalność eksploatacyjna niektórych kamieniołomów powoduje zasypywanie otworów lub dewastację korytarzy (ZYŻAŃSKA 2003), toteż ograniczono się do sporządzenia rankingu na podstawie znanych oraz odwiedzanych jaskiń przez taterników jaskiniowych.

W rezultacie wprowadzonych zmian Jaskinia Błotna zajmuje obecnie 7. miejsce (poprzednio 9.) w rankingu najdłuższych oraz 5. miejsce (poprzednio 7.) w klasyfikacji najgłębszych jaskiń Sudetów (PULINA 1996).

Zaproponowana metodyka badawcza pozwala na minimalizację błędów pomiarowych, przyczyniając się do powstania bardziej wiarygodnych, nowych planów i profili jaskiniowych. Dopelnieniem wcześniejszej wersji inwentarza jest aktualizacja opisu dojścia, szczegółowa lokalizacja obiektu, a także określenie trudności technicznych i wymaganego wyposażenia dla wybierających się grotolazów. Zostanie to szczegółowo opracowane w projektowanej internetowej bazie danych, mającej zastąpić zdezaktualizowany Inwentarz Jaskiń Sudetów. W najbliższym czasie przewiduje się także sporządzenie modelu reliefu dla celów wizualizacji trójwymiarowej obszaru w pobliżu wejścia do jaskini.

³ <http://bobry.host.mm-team.com/katjaswoj> – stan na 15.09.2009.

Tabela 1. Ranking najdłuższych jaskiń Sudetów
Table 1. Ranking of the longest caves in the Sudety Mountains

L.p. №	Nazwa jaskini <i>Name of cave</i>	Długość <i>Length</i> [m]
1 (1)	Jaskinia Niedźwiedzia w Kletnie	2230
2 (3)	Szczelina Wojcieszowska	440
3 (n)	Jaskinia z Filarami*	425
4 (4)	Jaskinia Radochowska	265
5 (5)	Jaskinia na Ścianie	250
6 (6)	Jaskinia Nowa	227
7 (9)	Jaskinia Błotna	180
8 (n)	Jaskinia Imieninowa**	170

Tabela 2. Ranking najgłębszych jaskiń Sudetów
Table 2. Ranking of the deepest caves in the Sudety Mountains

L.p. №	Nazwa jaskini <i>Name of cave</i>	Deniwelacja <i>Depth</i> [m]
1 (1)	Szczelina Wojcieszowska	113
2 (3)	Jaskinia Niedźwiedzia w Kletnie	69
3 (n)	Jaskinia Imieninowa**	58
4 (6)	Jaskinia Nowa	49
5 (7)	Jaskinia Błotna	48
6 (8)	Jaskinia Północna Duża	39
7 (9)	Jaskinia Środkowa	32

W nawiasach podano pozycje wg rankingu PTPNoZ opierającego na spisie jaskiń sudeckich z 1996 r.

*Plan jaskini publikowany w Materiałach 37. Sympozjum Speleologicznego, Kraków 2003

**Jaskinia Imieninowa odkryta w 2000 r. przez Speleoklub „Boby” Żagań (Grotołajza, nr 8)
(Stan na kwiecień 2009)

In parenthesis are values of ranking made by PTPNoZ, based on list of caves in the Sudety Mountains in 1996

*Plan of cave was first published in Special Issue of the 37th Speleological Symposium, Kraków 2003

**The Imieninowa Cave was discovered in 2000 by Speleoklub „Boby” Żagań (Grotołajza nr 8)
(Situation for April 2009)

LITERATURA

- ANDREJCZUK W., PULINA M., 1996: *Wielka encyklopedia geografii świata*, t. 17. *Kras i Jaskinie*, Poznań.
- BUDAJ M., 2006: *Gotowe plany z komputera*. Jaskinie, 2(43). Firma rysunkowa „Szelerewicz”, Kraków.
- BUDAJ M., MUDRÁK S., 2008: *Therion – Digital Cave Maps. Therion – cartographie souterraine digitale, presented on the 4th European Speleological Congress*. Banská Bystrica, Slovakia.
- BUDAJ M., MUDRÁK S., 2009: *The Therion Book 1999–2009*. GNU General Public License.
- CZERNECKI B., 2008: *Inwentaryzacja jaskiń Gór Kaczawskich*. [W:] *85 lat Studenckiego Koła Naukowego Geografów w Poznaniu*. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań, 55–57.

- JAHN A., KOZŁOWSKI S., WISZNIOWSKA A., 1989: *Jaskinia Niedźwiedzia w Kletnie*. Polska Akad. Nauk, Wrocław.
- KOZDRÓJ W., 1995: *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1 : 25000, arkusz Wojcieszów (z 2 tab. I 4 tabl.)*. PIG, Warszawa.
- PULINA M., 1996: *Jaskinie Sudetów*. Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Warszawa.
- PULINA M., 1999: *Kras. Formy i procesy*. Wyd. Uniw. Śląskiego, Katowice.
- ROGAŁA W., WOJTOŃ A., 2003: *Kras i jaskinie Sudetów – stan poznania*. [W:] M. Gradziński, M. Szelerewicz, *Materiały 37. Sympozjum Speleologicznego*. Kraków, 56-57
- ZYZAŃSKA H., 2003: „Zniszczyć – zasypać – udostępnić” *problemy zagospodarowania wyrobisk poeksploatacyjnych na górze Połom w Wojcieszowie*. [W:] M. Gradziński, M. Szelerewicz, *Materiały 37. Sympozjum Speleologicznego*. Kraków, 67–68

Recenzent: Leon Kozacki

Zakład Klimatologii
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

USAGE OF THREE DIMENSIONAL MODELING TECHNIQUES FOR UPDATING INVENTORY OF THE SUDETY MOUNTAINS' CAVES ON EXAMPLE OF THE BŁOTNA CAVE

SUMMARY

The area of study concentrated on the Błotna Cave in the Kaczawskie Mountains (Western Sudety, Poland). The main purpose was to update list of the Sudety's caves in this region, which is commonly known as one of the biggest karst area in whole south-western Poland. Last issue of this inventory was published in 1996 and nowadays it seems to be out of date, because of numerous discoveries of new corridors, passages and caves but also because of destruction done by local stone pits.

Beside preparing standard informations about the cave included previously in Pulina's book, authors decided to propose some extra solutions, which was made on example of the Błotna Cave. It was done by concentrating on three dimensional modeling techniques as the main form of presenting earlier processed survey data using open source Therion software. Additionally authors suggested giving some extra specification about the local conditions, necessary equipment and caver techniques need to be used inside Błotna cave. Usually described pathway to the opening hole was replaced by more detailed text and digitized map.

Profiles, plans and models made by authors using new techniques based on Therion show that list of the deepest and the longest caves in the Sudety Mountains may look significantly different than it was presented by PTPNoZ and Pulina's essays in late 90s (PULINA 1996), due to accidental errors during measurements or elaboration, which were next copied to other publications and relatively small differences vertically and horizontally between the most visited caves.

Presented in this article results are beginning of scientific description prepared by Speleological Clubs from Poznań and Żagań (Poland) and will have been published online by 2010.

