

## GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA CHARAKTERYSTYKA KRASU OKOLIC CZĘSTOCHOWY

**Z**AGADNIENIA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE obszarów krasowych należały do niedawna do najściślej opracowanych. Najczęściej spotykana charakterystyka geologiczno-inżynierska obszarów krasowych sprowadzała się do następującego stwierdzenia: tereny krasowe dla bezpośredniej zabudowy nie nadają się i terenów tych należy unikać. Dopiero po drugiej wojnie światowej następuje silny wzrost zainteresowania obszarami krasowymi wskutek ogólnego rozwoju gospodarczego.

Na obszarach krasowych często występują cenne złoża. Z eksploatacją tych złóż wiąże się budowa przemysłu, tras komunikacyjnych, osiedli, co zmusza do szczegółowych badań geologiczno-inżynierskich. Z tych więc przyczyn poznanie zjawisk krasowych stało się konieczne.

Badania zjawisk krasowych dla celów budowlanych rozpoczęto w Polsce w 1946 r. w związku z budową nowego kombinatu hutniczego w Częstochowie, a jeszcze wcześniej w związku z projektowaną zapórą wodną w Ojcowie. Okolice Ojcowa badał K. Guzik. W rejonie Częstochowy prace rozpoczęli J. Gołąb i K. Guzik, L. Watyha i Wł. Rudkiewicz (7, 8).

W latach 1952 i 1953 geologiczno-inżynierskie własności krasu w okolicach Ostrowca Świętokrzyskiego w związku z projektowaną budową huty bada M. Franczyk.

Czy budownictwo, szczególnie ciężkie jest na obszarach krasowych ekonomicznie uzasadnione? Szczegółowe — kompleksowe badania geologiczno-inżynierskie obszarów krasowych wykazały, że budownictwo takie w wielu przypadkach jest uzasadnione. Na obszarach krasowych układ hydrogeologiczny jest wyjątkowo niekorzystny dla roślinności, gdyż brak jest odwodnienia powierzchniowego, a wody opadowe przenikają z powierzchni terenu bezpośrednio do wewnętrznego systemu krasowego. Tereny krasowe stanowią zazwyczaj nieużytki w sensie rolniczym i wykorzystanie ich pod zabudowę jest w wielu przypadkach bardzo celowe. Drugi aspekt ekonomiczny to koszt badań geologiczno-inżynierskich, które na obszarach krasowych muszą być wyjątkowo dokładne i wszechstronne. Otóż i w tym przypadku praktyka budowy huty w Częstochowie wykazała, że koszt badań geologiczno-inżynierskich w stosunku do kosztów inwestycji nie przekracza 1,5% wliczając w to również koszt petryfikacji. Ta sama praktyka wykazała jednak, że trudności budowlane na obszarach krasowych są duże i dlatego wymagane jest zastosowanie wszelkich środków ostrożności. Na przykład podczas wznoszenia jednego z obiektów zauważono raptowne osiadanie stopy fundamentowej słupa nośnego hali. Wykonany skośnie pod słupem otwór wiertniczy wykazał występowanie kawerny o średnicy ok. 1,5 m. Przeprowadzona pod słupem cementacja natychmiast przerwała proces osiadania.

Do poważniejszej awarii doszło pod jednym ze zbiorników wodnych. Zbiornik ten usytuowany został na skraju dużego kotła krasowego. W płytkim podłożu tego obiektu występował silnie skrasowiły wapień (4). Dno zbiornika składało się z kilkunastu żelbetonowych segmentów uszczelnionych na dylatacjach bituminami. Wskutek braku szczelności na jednej z dylatacji nastąpiła ucieczka wody w podłoże, w którym nastąpiła silna sufozja materiału gliniastego. Powierzchnia terenu w bezpośrednim sąsiedztwie osiadła o ok. 80 cm, przez co nastąpiło zagrożenie również dla sąsiednich budynków. W innym miejscu w dnach wykopów w wy-

niku wadliwie przeprowadzonego odwodnienia terenu budowy nastąpił proces tworzenia się kominów krasowych, następowała sufozja utworów zwierzelinowych, a w niektórych przypadkach pęknięcia obiektów. Wszystkie awarie udało się dotychczas w porę opanować bez potrzeby przerywania procesu produkcyjnego.

Jak z tego wynika, badania geologiczne na terenach krasowych mają dla budownictwa szczególne znaczenie. W warunkach normalnych na obszarach niekrasowych o przyjęciu dopuszczalnych obciążeń decydują przede wszystkim wyniki badań laboratoryjnych z zakresu mechaniki gruntów, które bardzo często zbliżone są do wartości średnich podanych w normach. Na obszarach krasowych wyniki badań laboratoryjnych mają bardzo ograniczone znaczenie dla oceny warstwy zwierzeliny, a ich mechaniczne stosowanie doprowadza do szkodliwych następstw. W określaniu warunków geologiczno-inżynierskich obszarów krasowych decydują prawie wyłącznie wyniki kompleksowych badań geologicznych. Podstawowym zagadnieniem w geologiczno-inżynierskich badaniach obszarów krasowych jest określenie jakościowe i ilościowe form krasowych oraz geneza tych form. Olbrzymi wpływ rozwoju form krasowych na warunki geologiczno-inżynierskie zilustrować można na przykładzie krasu okolic Częstochowy, który jest obecnie obszarem szeroko zakrojonej ekspansji budowlanej. Pierwsze opracowanie genezy form krasowych w rejonie Mirowa koło Częstochowy wyszło spod pióra K. Guzika (8). Opracowanie to uzupełnione było nowymi obserwacjami w 1953 i 1959 r. przez autora niniejszego artykułu (2, 3, 4). W 1960 r. (praca w druku) obserwacje namulisk jaskiniowych i genezę form krasowych publikuje Z. Mossoy. Pomijając szczegóły o charakterze dyskusyjnym wymienieni autorzy zgodni są co do zasadniczych dróg rozwojowych form krasowych.

Najstarsze formy krasowe powstają w słabo spekanym wapieniu na przełomie jury i kredy. Formy te ze względu na słaby stopień spekania skały oraz płytko występującą lokalną bazę wód podziemnych nie były prawdopodobnie ani liczne, ani duże. Wielkość tych najstarszych form uległa procesom denudacji. Brak w każdym razie odrębnego wyraźnego śladu form tego okresu.

Na marginesie należy wyjaśnić, że O. Lehman (11) wykazał, że rozwój form krasowych może się rozpocząć tylko w wapieniu, w którym istnieją nadkapilarne spekania. Tak więc warunkiem koniecznym dla rozpoczęcia rozwoju form krasowych jest tektoniczne przygotowanie skały. W ten sposób tektonika ma duży wpływ na rozwój krasu.

Drugi okres rozwojowy form krasowych przypada na paleocen i eocen. Rozwój krasu w tym czasie został poprzedzony powstaniem fałdu monoklinalnego w fazie ostenwaldzkiej (przełom jury — kredy) według J. Samsonowicza (12) lub w fazie laramijskiej (przełom kredy — trzeciorzędu według M. Klimaszewskiego (9). W okresie tym nastąpiło znaczne wyniesienie obszaru, przez co baza erozyjna uległa obniżeniu. W okresie tym panowały również sprzyjające rozwojowi form krasowych korzystne warunki atmosferyczne: wysoka temperatura i znaczne opady (13).

Na paleocen i eocen przypada najbardziej intensywny okres rozwoju form krasowych. Wskazują na to wyniki badań większości autorów (6, 9, 13). Wapień w tym okresie był stosunkowo słabo spekany. W warunkach tych powstał bardzo wyraźny poziom form krasowych o dużych rozmiarach. Do tego po-

ziomu należy zaliczyć wszystkie większe jaskinie jury krakowsko-częstochowskiej.

Wielki wpływ a rozwój zjawisk krasowych miała dolnooligocena faza erozyjna (6, 9). Wskutek intensywniej erozji nastąpiło obniżenie lokalnej bazy erozyjnej o 80 do 120 m. W nowej strefie wahań wody krasowej powstaje drugi poziom form krasowych.

W miocenie odbyły się bardzo intensywne ruchy tektoniczne. Spowodowały one bardzo silne potrzaskanie wapieni. Nowo powstające formy krasowe wskutek istnienia wielkiej ilości spekań są drobne, lecz liczne i nieczym skomplikowany labirynt przetrząsa wapien. Jedynie w strefach uskokowych, gdzie w wyniku silnego strzaskania skał występuje koncentracja form — formy krasowe są większe. Jaskinie powstałe w neogeńskim okresie rozwoju form krasowych charakteryzują się małymi rozmiarami nie przekraczającymi 3—5 m średnicy. Stwierdzenie powyższych faktów ma duże znaczenie dla oceny geologiczno-inżynierskiej krasu okolic Częstochowy. Łatwo stąd wnioskować, że obszary, na których występują formy krasowe należące do górnego poziomu krasowego, a więc formy duże dochodzące do 50 m średnicy, są dla budownictwa bardzo niebezpieczne. Zabudowa tych obszarów obiektami ciężkimi jest bardzo niebezpieczna i ekonomicznie nieuzasadniona.

Niestety, formy krasowe należące do starszych cykli występują na większej części Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej. Spotykamy je w okolicach Krakowa aż po Olsztyn koło Częstochowy. W pasie tym możemy wyróżnić jednak obszary, na których nasilenie zjawisk krasowych jest wyjątkowo duże. Jako pierwsze należy tu wymienić znane pod tym względem okolice Ojcowa (10). Obszar ten jest rozległy zamknięty w wieloboku miast: Nowa Góra, Zadroże, Skała, Bolechowice. Druga koncentracja form krasowych występuje między Wodzisławem a Ogródzkiem, następna między Włodowicami a Krocycami. Dużo form krasowych spotykamy w okolicach Złotego Potoku, Ludwinowa, Gorzkowa i Trzebnicy. Obszary te dla budownictwa są uciążliwe również ze względu na bardzo urozmaiconą morfologię. Na obszarach tych obowiązuje maksimum ostrożności. Dla budownictwa ciężkiego naziemnego i wodnego obszary te uważa się za wybitnie niekorzystne. Natomiast obszary, na których górny poziom form krasowych jest zdegradowany, mają znacznie korzystniejsze warunki budowlane. Niebezpieczeństwo wynikające z występowania w podłożu form krasowych nielicznych, lecz drobnych dolnego poziomu krasowego nie jest już tak duże, a same formy różnymi zabiegami technicznymi można opanować. W ten sposób można scharakteryzować obszary leżące w północnej części pasma od Olsztyna na północ, w tym również obszar kombinatu.

Na obszarze tym występuje inwersja terenu. Teren huty został zlokalizowany na zrzebie tektonicznym obrazującym strefami uskoków schodowych. Zrąb ten uległ późniejszej powierzchniowej erozji — wytworzyła się korzystna dla budownictwa inwersja terenu. Miąższość wapienia w centrum huty wynosi zaledwie kilkanaście metrów. Górny poziom dużych form krasowych uległ zniszczeniu. Występuje on bardziej na południe, począwszy od Zielonej Góry. W rejonie tym stwierdzono badaniami elektrooporowymi wykonanymi przez Bachana (1) w 1955 r. uskok o zrzućcie około 100 m. Uskok ten rozgranicza obszar, na którym występuje górny poziom form krasowych, i obszar, gdzie te formy nie występują. Stwierdzenie powyższych faktów rozwiewa wszelkie obawy co do lokalizacji huty.

Strop wapienia jest bogato urzeźbiony w formie organów krasowych (5). Deniwelacje stropu wapienia w organach krasowych na terenie huty dochodzą do 40 m. Bardzo często się zdarza, że część obiektu posado-

wiona jest bezpośrednio na wapieniu, który ma praktycznie znikomą ściśliwość, a część na głębokim leju krasowym wypełnionym glinami zwietrzelinowymi. Początkowo przypuszczano na podstawie obliczeń, że osiadania będą bardzo duże, przekraczające 100 mm, co jest niedopuszczalne dla większości obiektów. Wyniki próbnego obciążenia wykonane przez Politechnikę Gdańską a przede wszystkim wyniki precyzyjnych niwelacji obiektów wykazały, że różnice osiadań nie przekraczają 15 mm, a same osiadania osiągają skrajnie wartość 20 mm, wyłączając oczywiście osiadania związane z awariami (siłownia, osadniki dozra).

Mimo znacznie korzystniejszych warunków geologiczno-inżynierskich w stosunku do otoczenia, podłoża budowlane na terenie huty zostaje profilaktycznie wzmocnione. Wzmocnienie to odbywa się najprostszym i najtańszym sposobem, jakim jest cementacja. W trakcie prac na terenie huty Instytut Geologiczny otrzymał patent na wynalazek urządzenia cementacyjnego na obszarach krasowych \* (2).

Głównym zadaniem postawionym pracom na terenie częstochowskiego obszaru krasowego, obok bieżącej geotechnicznej obsługi budowy huty, było opracowanie najbardziej racjonalnych metod badawczych. Wyniki tych badań można streścić następująco.

W pierwszym etapie rozpoznania geologiczno-inżynierskiego w fazie założeń inwestycyjnych (wybór wariantu) zastosowanie znajdują zdjęcia lotnicze i badania elektrooporowe. Różnicowanie elementów rozpoznawczych na zdjęciach lotniczych jest bardzo duże. Elementami tymi są zarówno fototom, roślinność i morfologia. Na zdjęciach lotniczych obszarów krasowych udaje się w niektórych wypadkach różnicować głębokość występowania wapienia do 5 m pod powierzchnią terenu. Zastosowanie znajduje na tym etapie skala zdjęć lotniczych — stereogramów od 1:5000 do 1:10 000 dla zdjęć geologicznego terenowego. Przez zastosowanie zdjęć lotniczych eliminujemy prace terenowe o 30 do 60%. Mapa geologiczna w skali 1:10 000 lub 1:25 000 powstaje na podkładzie fotoszkiegu lub lepiej fotomapy.

Na wstępnym etapie rozpoznania geologiczno-inżynierskiego najlepsze wyniki dają badania elektrooporowe. Są one bardzo szybkie i tanie. Sondowaniami wielopunktowymi rozpoznajemy ogólne zarysy budowy geologicznej, szczególnie główne linie dyslokacyjne, a profilowaniem — organy krasowe. W następnych etapach rozpoznania geologiczno-inżynierskiego (projekt wstępny i techniczny) stosuje się z wielkim powodzeniem badania sejsmiczne. Pierwsze badania takie wykonał J. Uchman (14).

Powyżej poruszyłem w dużym skrócie niektóre problemy geologiczno-inżynierskie związane z budową kombinatu na krasie. Warunki geologiczno-inżynierskie występujące w sąsiedztwie kombinatu są mało korzystne dla posadowienia budynków. Na zachód w dolinie Kucelinki — Warty występują w płytkim podłożu budowlanym pyły lub drobne piaski. Najbardziej niekorzystnie na warunki budowlane wpływa woda występująca bardzo płytko od 0,5 do 2,0 m poniżej terenu. Jest ona częściowo silnie agresywna w stosunku do betonu wykonanego z cementu portlandzkiego. Bardziej na zachód i północ poza doliną występują bardzo często w podłożu budowlanym ły rudonośne. I one nie są korzystnym utworem dla bezpośredniego posadowienia obiektów. Strop łów rudonośnych jest z reguły silnie zmieniiony i zawilgocony. W zdecydowanej przewadze występują konsystencje plastyczne i płynne.

Przez Częstochowę, mniej więcej środkiem miasta biegnie kuesta odgraniczająca obszar wapieni od łów rudonośnych. Na wschód od kuesty wapien występuje na średniej głębokości 20 m i przykryty jest warstwą zwietrzliny, glin i piasków lodowco-

\* Autorzy W. Olendski, J. Bażyński.

wych. Warunki budowlane na tym obszarze są dobre. Zależą one od aktualnych cech wytrzymałościowych utworów lodowcowych. Formy krasowe nie mają tu ze względu na głębokość występowania bezpośredniego wpływu. Na zachód od kuesty warunki geologiczno-inżynierskie są zmienne. W wypadku płytkiego występowania ród rudonośnych są one niekorzystne.

Jak wynika z przytoczonych kilku przykładów, zagadnienia geologiczno-inżynierskie na obszarach krasowych mają cechy swoiste, polegające między innymi na odrębności metod badawczych i sposobów przygotowania terenu pod zabudowę.

#### CYTOWANA LITERATURA

1. Bachan W. — Sprawozdanie z badań geofizycznych metodą elektrooporową. Temat Częstochowa. Archiwum IG. Warszawa 1955.
2. Bażyński J. — Cementacja skrasowiałego podłoża budowlanego. „Przegląd Geol.” 1955, nr 12.
3. Bażyński J. — Sprawozdanie z badań zjawisk krasowych na terenie Częstochowy. Archiwum IG. Warszawa 1953.
4. Bażyński J., Kühn A. — Geologiczno-inżynierskie znaczenie lejów krasowych. „Przegląd Geol.” 1958, nr 7.
5. Cvijić J. — Karstphänomen. „Geogr. Abh.” Bd. V, H. 3. Wien 1898.
6. Dziubiński St. — Tektonika pd. części Wyżyny Krakowskiej. „Acta Geol. Pol.” Vol. III, nr 3. Warszawa 1953.
7. Guzik K. — Opis geologiczny terenu projektowanego zbiornika i zapory wodnej w Ojcowie na rzece Prądniku. Arch. IG. Warszawa 1946.
8. Guzik K. — Zjawiska krasowe w okolicy Częstochowy. Arch. IG. Warszawa 1950.
9. Klímáaszewski M. — Rozwój geomorfologiczny terytorium Polski w okresie przedczwartorzędowym. „Przegląd Geograf.” 1958, XXX.

10. Kowalski K. — Jaskinie Polski, t. I. Warszawa 1951.
11. Lehman O. — Die Hydrographie des Karstes. Leipzig 1932.
12. Samsonowicz J. — Geologia Regionalna Polski. Warszawa 1952.
13. Tyczyńska M. — Klimat Polski w okresie trzeczorzędowym i czwartorzędowym. „Czas. Geogr.” 1957.
14. Uchman J. — Tymczasowe opracowanie pomiarów sejsmicznych na terenie Nowej Huty w Częstochowie. Arch. IG. Warszawa 1950.

#### SUMMARY

Engineering geological research of karst regions in Poland were started in 1946. The industrial building is suitable, from the economic view-point, in some karst areas. The cost of geological research and of strengthening of substratum was only about 1,5 per cent of the general cost of building, in the case described. A relation between the building fitness of a karst area and the genesis of karst is outlined. A short engineering geological description of the vicinity of Częstochowa is given. The suggestion is made about the suitability of application of geophysical methods.

#### РЕЗЮМЕ

Геолого-инженерные исследования карста были начаты в Польше в 1946 г. В определенных случаях промышленная застройка карстовых областей с экономической точки зрения является целесообразной. В описываемом случае стоимость геологических исследований и укрепления основания не превысила 1,5% стоимости инвестиций. В статье изложена зависимость строительной пригодности участка от генезиса карстовых форм. Приведена также геолого-инженерная характеристика окрестностей Ченстоховы. Указана целесообразность применения геофизических исследований.