

GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE ZNACZENIE LEJÓW KRASOWYCH NA PRZYKŁADZIE OBSZARU CZĘSTOCHOWSKIEGO

OBSZARY KRASOWE zajmują w Polsce stosunkowo duże tereny. Związane z nimi formy krasowe zarówno wewnętrzne, jak i przypowierzchniowe stanowią na tych terenach poważne problemy geologiczno-inżynierskie. Zagadnienia geologiczno-inżynierskie związane z występowaniem w podłożu form krasowych są jeszcze bardzo słabo poznane i dlatego tym bardziej niebezpieczne dla budownictwa. Nowoczesne budownictwo potrafi opanować każdą trudność pod warunkiem, że zostaje ona rozpoznana przed przystąpieniem do projektowania budowli. Jednym z procesów fizycznych, jakie muszą być bezwzględnie opanowane przez budownictwo na obszarach krasowych, jest suffozja gruntu.

Celem niniejszego artykułu jest omówienie problematyki geologiczno-inżynierskiej, związanej z występowaniem w podłożu budowlanym czynnych lejów krasowych, na podstawie badań morfologicznych i genetycznej klasyfikacji powierzchniowych form krasowych.

W Polsce badaniami geomorfologicznymi krasu i zagadnieniem lejów krasowych zajmowali się głównie: Łoziński, Sawicki, St. Różycki, Malicki oraz ostatnio Flis i Wałczak.

Pierwsze publikacje z tej dziedziny dotyczą lejów bardzo wyraźnie rozwiniętych na obszarach gipsowych miecki i rdziańskie.

Łoziński obserwował w krasie gipsowym leje, które słusznie klasyfikował jako formy typowo zapadłiskowe. Pogląd Łozińskiego na genezę tych form, negowany przez niektórych autorów (Malicki), przetrwał do dnia dzisiejszego; Flis (2) potwierdził go oraz wyczerpująco udowodnił.

Różycki obserwował leje tworzące się współcześnie w warunkach krasu zupełnie przykrytego glinami zwalowymi i piaskami lodowcowymi znacznej miąższości. W swej pracy (kras opoczyński — 7) autor zajmuje się cechami morfologicznymi tych form oraz ich ewolucją. Powstały one drogą katastrofalnego, nagłego zawatu utworów powierzchniowych nad zu-

pełnie przykrytym osadami lodowcowymi ciągiem jaskiń krasowych. Autor zwraca uwagę na stosunki hydrogeologiczne, które decydują o intensywności i kierunkach rozwoju krasu opoczyńskiego. Leje zapadliskowe są tu naturalnymi zlewiskami nie tylko dla wód powierzchniowych, ale i gruntowych.

W drugiej swojej pracy (Kras starachowicki — 8) Różycki omawia zjawiska krasowe mezozoicznego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. Podobnie jak w okolicach Opoczna jest to kras współcześnie aktywny, tworzący się na wapieniach rauraku przykrytych różnej miąższości pokrywą piasków.

Autor zwraca uwagę na mechanizm tworzenia się lejów w piaskach w odróżnieniu od krasu opoczyńskiego występującego pod pokrywą glin zwalowych. Tam tworzyły się od razu zapadliska duże o cechach okrągłego rowu tektonicznego, związane z gwałtownym zawalem stropów jaskiń. Natomiast w krasie pod grubą pokrywą piasków tworzą się leje o wymiarach od dwu do kilkudziesięciu metrów średnicy. Stadium początkowe to mały lejek, który powoli rozrasta się i pogłębia. Zbocza lejów mają kąt nachylenia zbliżony do kąta stoku naturalnego piasku. Są to formy o wolniejszym cyklu rozwojowym niż w krasie opoczyńskim, w powstaniu ich nie widać wyraźnego, katastrofalnego zawalu utworów pokrywających. Formy te wiążą się ze stopniowym osiadaniami piasków; dna lejów funkcjonujące jako ponory pochłaniają nie tylko wodę, ale i sypki piasek.

Różnice widać nie tylko w samym mechanizmie powstawania i rozwoju lejów, ale również w ich rozmieszczeniu. I tak w krasie opoczyńskim leje są rozrzucone bezładnie, prawdopodobnie wzdłuż głównych kierunków spekał wapieni. Rozmieszczenie ich nie ma żadnego związku z elementami rzeźby powierzchni. W krasie starachowickim odwrotnie, leje rozmieszczone są wzdłuż linii spływu wód powierzchniowych, są więc ściśle związane z siecią odwodnienia powierzchniowego. Znajdują to swoje uzasadnienie w dużych różnicach przepuszczalności utworów pokrywających w obu typach krasu (w pierwszym przypadku gliny, w drugim piaski). W związku z tym kras starachowicki jest bardziej aktywny niż kras opoczyński.

Powierzchniowymi formami krasowymi południowej części Jury Krakowskiej zajmuje się Wałczek (9). Opisywane przez niego lejki i inne pokrewne formy („łykawce” — kotłinkowate zagłębienia) tworzą się współcześnie w pokrywie lessowej nad chłonnymi szczelinami w wapiennym podłożu. Według Wałczaka, chłonne działanie szczelin jest często połączone z zawaleniem się stropów nad krasowymi kawierniami.

Leje krasowe próbowano dotychczas klasyfikować w oparciu o cechy morfologiczne. Filis klasyfikuje leje według kształtu dna i wydziela: studnie krasowe, wertep wypukłodenny, pochyłodenny i wklęsłodenny.

Podział taki ma znaczenie tylko porównawcze w odniesieniu do wycinka terenu, na którym te formy były obserwowane, ale mało mówi o genezie leja, gdyż cechy morfologiczne ścianek czy dna nie zawsze są wskaźnikiem genezy danej formy.

Różycki pisze, że obserwowane przez niego płaskie, szerokie leje w kształcie mis w krasie starachowickim i opoczyńskim mogą być pierwszym stadium zawalu nad stropem próżni krasowych, a więc formą początkową, młodszą, lub też stanowić będą formę już dojrzałą, tzw. „mise osiadanía”, gdzie osiadanie gruntu na dnie leja odbywa się powoli i stale.

Podobne leje w kształcie misy czy spodka obserwowano w ZSRR (6), gdzie formy takie, licznie występujące w różnych typach krasu, klasyfikowano jako podstawowe, główne stadium rozwoju szeregu genetycznych typów lejów krasowych. Tak więc powierzchniowe zarzysy leja czy też kształt dna niewiele mówi o mechanizmie jego powstawania, gdyż w powstawaniu tej formy bierze udział nie tylko korozja (erozja chemiczna), ale i szereg innych geodynamicznych czynników, jak: erozja mechaniczna, suffozja, zawaly, które niejednokrotnie nakładają się na siebie.

Morfologiczne kryterium w klasyfikacji lejów krasowych spełnia swą rolę w geomorfologii, w geologii inżynierskiej ma jednak znaczenie ograniczone.

Ciekawą próbę genetycznej klasyfikacji lejów krasowych podjęli geomorfolodzy radziecy G. A. Maksimowicz i L. B. Gołubiewa (6), uwzględniając jednocześnie ich rozprzestrzenienie i przynależność do poszczególnych stref hydrodynamicznych i typów krasu. Jest to więc próba schematycznego ujęcia sposobu powstawania lejów w zależności od warunków hydrogeologicznych i z grubsza biorąc geologicznych.

Maksimowicz i Gołubiewa wprowadzają 4 typy krasu w zależności od stopnia przykrycia osadami powierzchniowymi krasowiejących skał:

- 1) śródziemnomorski — odkryty, brak utworów pokrywających albo utwory o b. małej miąższości;
- 2) środkowo-europejski — pokryty aluwiami krasowiejących skał;
- 3) wschodnio-europejski — (rosyjski) zupełnie zakryty osadami powierzchniowymi;
- 4) kasński — występuje w podłożu tarasów rzecznych przykryty aluwiami.

Tabela I

Strefy hydrodynamiczne	Przeważające kierunki ruchu wód krasowych	Reżim wodny	Napór
Strefa pionowej cyrkulacji wody	ruch pionowy zstępujący	periodyczne zwilżanie	nie ma
Strefa pionowej i poziomej cyrkulacji wody (przejściowa)	przy niskim stojącym poziomie wód krasowych ruchy pionowe, przy wysokim poziomie	periodyczne zwilżanie albo zapełnianie	„
Strefa poziomej cyrkulacji wody	ruchy poziome zstępujące	stała cyrkulacja	„
Strefa cyrkulacji wody w syfnach	na wododziałach wód krasowych ruchy zstępujące, a w strefie drenowania wstępujące	„	istnieje
Strefa głębokiej cyrkulacji wody	zwolniony ruch wód krasowych u zależniony budową tektoniczną	stałe b. powolne ruchy	„

Charakterystykę hydrodynamicznych stref działania wód krasowych przedstawia tabela I wg Maksimowicza i Gołubiewej.

Jak wynika z tabeli II (wg Maksimowicza i Gołubiewej), śródziemnomorski typ krasu reprezentuje najmniejszą ilość genetycznych typów lejów krasowych. Najliczniej występują leje w strefie pionowej cyrkulacji.

W naszych warunkach przeważnie będziemy mieli do czynienia ze środkowo i wschodnio-europejskimi typami krasu, a więc z krasem zakrytym produktami wietrzenia lub grubym płaszczem utworów lodowcowych. Istnieją zatem warunki powstania niemal wszystkich typów lejów wymienionych w tab. II.

Wydaje się jednak, że klasyfikacja ta jest aż nazbyt szczegółowa. Dotyczy to przede wszystkim strefy pionowej cyrkulacji, np. różnice między lejem korozyjno-erozyjnym a korozyjno-suffozyjnym w takim ujęciu jak w tab. II są niewielkie, praktycznie dosyć trudne do uchwycenia i polegają na sposobie wynoszenia materiału z rozmytych utworów powierzchniowych. Pewne wątpliwości budzą wydzielenia lejów typu korozyjno-spełzającego i obwałowego oraz poligenetycznego. Wydaje się, że z powodzeniem można połączyć je w jeden typ genetyczny — leje pochodzenia mieszanego (poligenetyczne), umieszczając tu leje, w których powstaniu brały udział: erozja, suffozja, spełzwanie i obwały. Maksimowicz nie

wymienia przy lejach poligenetycznych, jakie czynniki oprócz korozji biorą udział w ich formowaniu.

Uwzględniając strefę powierzchniowej cyrkulacji, można w podobny sposób sklasyfikować większość zjawisk krasowych (6), co pozwala rozpatrywać zjawiska krasowe jako odrębny proces geodynamiczny, na który składa się chemiczna i mechaniczna działalność podziemnych i powierzchniowych wód oraz niszczenie stropów i ścian próżni krasowych.

Np. w krasie rozwiniętym na wapieniach i dolomitach strefa poziomej cyrkulacji znajduje się głęboko, możliwości zawału sklepień są minimalne, a więc zapadliskowe leje krasowe prawie nie występują. Warunki dla budownictwa są więc pomyślniejsze niż na terenach zbudowanych ze skał łatwiej rozpuszczalnych (gipsy), o niegłębokim załęganiu strefy poziomej cyrkulacji i silnie rozwiniętych lejach typu zapadliskowego.

Klasyfikacja leków krasowych wg ich genezy ma bardzo duże znaczenie przy geologiczno-inżynierskim opracowywaniu terenów krasowych i dlatego została nieco szerzej potraktowana. Rozpoznanie głównego czynnika wpływającego na powstanie i rozwój leków krasowych zezwala bowiem na zastosowanie właściwych zabiegów zmierzających do sztucznej poprawy warunków posadowienia na krasowiałym podłożu. Właściwe rozpoznanie genezy i ewolucji leków krasowych na danym obszarze zezwala na ustalenie najbardziej aktywnych w tym procesie czynników. Zezwala też przewidzieć skutki dla posadowionych budowli, gdy brak przeciwdziałania tym procesom w bezpośrednim podłożu budowlanym.

Tworzenie się leków krasowych lub ponorów można wywołać również sztucznie przez zaburzenie stosunków hydrodynamicznych na obszarach krasowych wskutek awarii zbiorników wodnych, wodociągów, zmiany kierunków spływu wód atmosferycznych itd.

Powstawanie leków krasowych pod obiektami lub w ich sąsiedztwie oraz w dnach wykopów fundamentowych obserwowano na niektórych obiektach przemysłowych zlokalizowanych na Jurze Krakowsko-Częstochowskiej. Aby zrozumieć i właściwie zinterpretować to zjawisko, zanalizujemy fakty dotyczące ewolucji leków krasowych na powierzchni terenu w warunkach naturalnych.

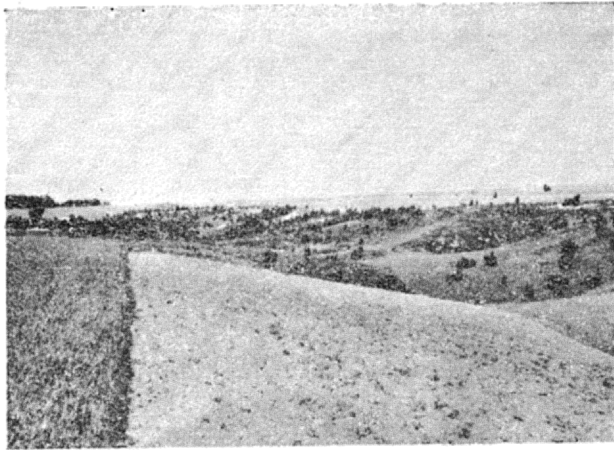
W sąsiedztwie kombinatu hutniczego w odległości 3—5 km od niego, na powierzchni terenu występują dość liczne leje krasowe. Rozmiary tych leków są różne: średnica ich wynosi od kilku do kilkudziesięciu metrów, a głębokość od kilkudziesięciu centymetrów do kilku metrów. Wśród leków wyróżnia się głębokością i wielkością bezodpływowa dolina krasowa. Z odległości kilkuset metrów istnienie jej zdradza jedynie grupa krzewów jałowcowych. Dolina ta ma około 250 m długości i około 40 m szerokości. Dolina krasowa składa się z szeregu leków krasowych połączonych w jedną całość. Na ryc. 1 widzimy omawianą dolinę z jej nieregularnymi zboczami. W dnie doliny w poszczególnych jej najniższych partiach obserwuje się nagromadzenie (lub krzemieniny) (ryc. 2). Podczas intensywnych opadów oraz szczególnie w okresach roztopowych w dolinie gromadzą się pokaźne ilości wód powierzchniowych. Odpływ wód do systemu krasowego jest tak duży, że w wodzie tworzą się wyraźne wiry, tak charakterystyczne dla punktowego spływu. Przy tak intensywnym spływie wód następuje suffozja gruntu. Podczas obserwacji terenowych stwierdzono, że w niektórych partiach zboczy pod 10 cm warstwą darniową istnieją puste przestrzenie zapadające się pod stopami.

Fakt ten wskazuje na stałe osiadanie podłoża, a w miarę osiadania dna leja krasowego następuje spęływanie utworów zwietrzelinowych, leżących na zboczach leja lub doliny krasowej.

Tabela II

Strefy hydrodynamiczne	Typy krasu	Genetyczne typy leków krasowych					
		Korozyjne (wylugowane)			Korozyjno-erozyjne		
Strefa pionowej cyrkulacji	śródziemnomorski	Wysztalone w postaci ponorów dzięki lęgającej (i mechanicznej) działalności wód zstępujących, pochodzących z opadów atmosferycznych.			Wysztalone w dolinach w postaci ponorów, rozszerzone przez lęgowanie i erozję wód powierzchniowych potoków.		
	środkowo-europejski, rosyjski, kamski	Korozyjno-osiadające	Korozyjno-zapadliskowe	Korozyjno-suffozyjne	Korozyjno-erozyjne	Korozyjno-spełzające i obwałowe	poligenetyczne
		Powstałe drogą postępującego osiadania powierzchniowych warstw w miejscu powstania leja w krasowięjących skałach.	Powstałe drogą obruszenia i zawału utworów posiadania powierzchniowych nad lejem krasowym, znajdującym się bezpośrednio pod utworami pokrywającymi.	Powstałe drogą powierzchniowego i podziemnego wymywania i wynoszenia materiału utworów pokrywających przez ponory lub szczeliny w krasowięjących skałach.	Powstałe pod utworami pokrywającymi, podobne do leków w śródziemnym typie krasu, przy czym rozmywane są nie tylko krasowięjące skały, ale i utwory pokrywające przez wody powierzchniowe	Stanowią połączenie korozyjno-erozyjnych, korozyjno-suffozyjnych i innych typów leków, w lejach powstają spełzanie i obwały utworów pokrywających	Leje pochodzenia mieszanego, w ich formowaniu biorą udział oprócz korozyjnych jeszcze inne czynniki.
Strefa poziomej cyrkulacji	śródziemnomorski	Leje zapadliskowe. Powstanie poziomych (i nachylonych) próżni, rozszerzenie ich w formę groty. Zawałenie sklepień jaskiń położonych w krasowięjących skałach i powstanie zapadliskowych leków.					
	środkowo-europejski, rosyjski, kamski	Leje zapadliskowe. Powstałe tak jak i w śródziemnym typie krasu. Różnią się tym, że krasowięjące skały są przykryte młodymi (rosyjski typ), rzeczonymi (kamski typ) eluwalnymi (środkowo-europejski) niekrasowięjącymi utworami. Ulegają one naruszeniu razem z krasowięjącymi skałami. Przy niegłębokim załęganiu podziemnych wód możliwość powstania jezior krasowych.					
Strefa cyrkulacji w syfonach	śródziemnomorski, rosyjski, kamski	Korozyjne leje wstępujących źródeł. W miejscach wychodni wylotów kanałów wstępujących krasowych źródeł w tej strefie dzięki lęgającemu i mechanicznemu działaniu wody powstają leje krasowe. Przy normalnym ruchu wody okruszki skał nie są unoszone i wstępujący strumień może filtrować poprzez osady na dnie leja.					

Spelzywanie zboczy zostało zaobserwowane również podczas prac terenowych wykonanych jesienią 1954 r. Wykonany w tym okresie szybik w dnie doliny został podczas ulewnych deszczów zniszczony, przy czym dał się zauważyć wyraźny ubytek masy gruntu. W dnie szybiku pozostały większe fragmenty buł krzemienych. Po paru dniach na zboczu doliny powstawały pęknięcia i spelzywanie zboczy (ryc. 3 i 4). Podczas następných okresów deszczowych suffozji uległy dalsze masy skalne, w wyniku czego dolina krasowa stale się poszerza.



Ryc. 1



Ryc. 2

Powyższe fakty wskazują na to, że omawiana dolinę w jej obecnej fazie należy zaliczyć do typu korozyjno-suffozyjnego.

W wykopach fundamentowych pod obiekty kombinatu obserwowano dość często puste przestrzenie między glinami zwietrzelinowymi i wapieniem. Z rozmów przeprowadzonych ze starszymi przedstawicielami miejscowej ludności wynika, że niektóre leje krasowe powstały lub pogłębiły się wskutek raptownego zapadnięcia się powierzchni. Wydaje się rzeczą najbardziej prawdopodobną, że zapadnięcia te powstały przez suffozję zwietrzelin kontaktującej z wapieniem. Postępująca suffozja doprowadziła do powstania okazałych rozmiarów próżni i w konsekwencji do zawalenia powierzchniowych partii utworów zwietrzelinowych.

W odległości 600 m od opisanej doliny krasowej występuje druga prostopadła, bardziej płaska, wąska dolina krasowa o długości około 1 km. Z licznych wierceń i odkrywek wykonanych na terenie kombi-

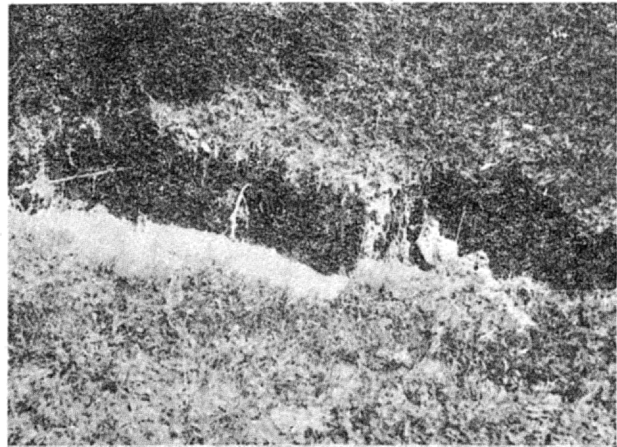
natu oraz z ułożenia dolin krasowych wynika, że w strefach uskokowych procesy krasowe są najbardziej intensywne.

W obu dolinach wykonano latem 1955 r. badania elektrooporowe metodą prądu stałego.

Badania elektrooporowe w dolinach krasowych miały na celu stwierdzenie, czy doliny krasowe wytworzyły się nad jaskiniami lub wzdłuż uskoku. Poprzecznie do obu dolin wykonano dwa ciągi sondowań w układzie Wennera 16—21 punktowych o maksymalnym rozstawie A/B do 1200 m. Na piono-



Ryc. 3

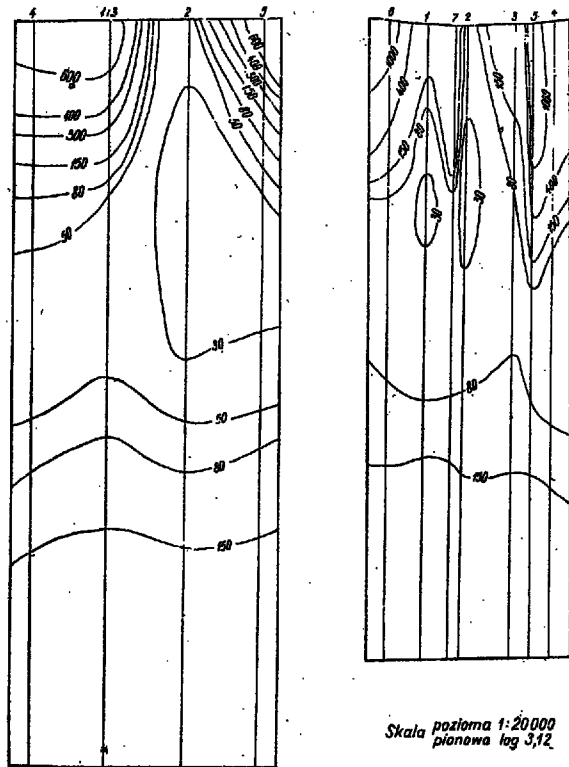


Ryc. 4

wym przekroju izoomów (ryc. 5) widzimy, że po obu stronach doliny krasowej występuje na powierzchni warstwa wysokooporowa (600—700 omm). Warstwa ta, której miąższość nie przekracza 2 m, składa się z suchych różnoziarnistych piasków pokrywowych pochodzących z przemycia glin zwałowych i zwietrzelinowych. Poniżej leży warstwa niskooporowa (20—80 omm), której odpowiadają gliny zwietrzelinowe. Pod glinami występuje wapień o oporach od 300 do 1000 omm, a pod nimi na głębokości około 300 m leży warstwa bardzo niskich oporów odpowiadająca ilom rudonośnym jury środkowej. Stosunki geologiczne odzwierciedla w bardziej przystępnej formie przekrój fizyczny (ryc. 8). Na przekroju tym widzimy, że strop wapienia zagłębia się w kierunku zachodnim, a spąg jest bardzo wyrównany.

Układ izoomów nie wskazuje na występowanie w wapieniu jaskiń. Obecność dużych jaskiń wpłynęłaby niewątpliwie na podwyższenie oporów w wapie-

niu, czego nie obserwuje się na przekrojach. Istnieje jednak możliwość, że w podłożu występują drobne jaskinie. Należy pamiętać, że metodą elektrooporową można stwierdzić tylko te jaskinie, których rozmiary są równe lub przekraczają głębokość występowania. Z drugiej strony wykonane badania elektrooporowe nie dają odpowiedzi na pytanie, czy w miejscu utworzenia się dolin krasowych występują uskoki. Metoda elektrooporowa obarczona jest błędem wielkości 20%, różnice do 40 m w występowaniu spągu wapienia mogą na głębokości 300 m ujść urwadze.



Ryc. 5, 6

Z badań geologicznych wykonanych na tym terenie wiemy, że większość uskolków ma zrzuty niewielkie, nie przekraczające zaledwie kilku metrów.

Omawiana dolina krasowa mogła się rozwinąć również na szczelnie w wapieniu i wtedy przesunięcia spągu wapienia w ogóle nie będzie. Brak większych jaskiń w wapieniu pod dolinami krasowymi potwierdza również przekrój izomów (ryc. 6), przekrój fizyczny (ryc. 7) dla drugiej doliny krasowej. Na rycinach tych widzimy zupełnie podobny układ oporów jak dla pierwszej doliny krasowej (ryc. 5 i 8).

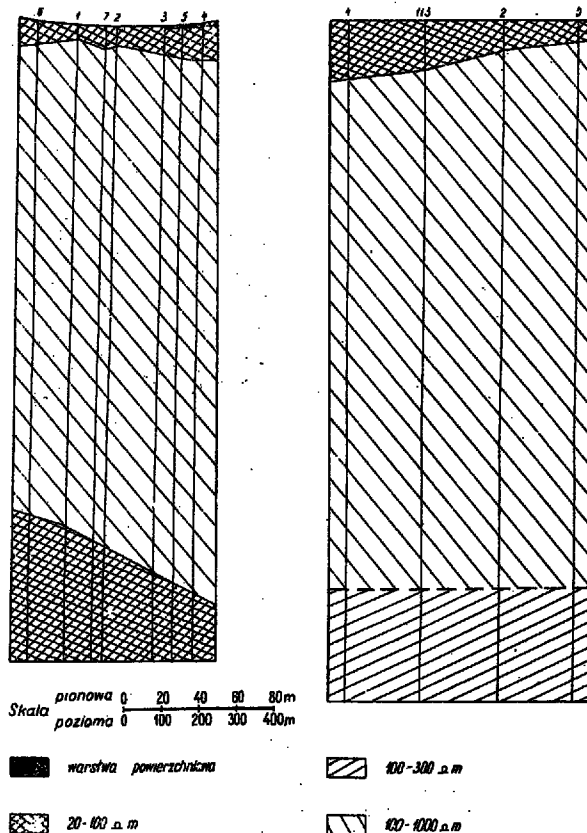
Tak więc zetrawne materiały wskazują na to, że omawiane doliny krasowe powstały drogą suffozji materiału zwietrzelninowego do systemu krasowego rozwiniętego w strefie spękań lub uskoku o małym przesunięciu.

W glinach zwietrzelninowych leżących na wapieniu występują bardzo często kliny i żyły zmarzlinowe (ryc. 9). Formami tymi zostają odprowadzone wody powierzchniowe do systemu krasowego. Z tej też przyczyny na powierzchni terenu brak jest zupełnie ścieki wodnej, mimo że wapień jest przykryty płaszczem glin zwietrzelninowych, a więc materiałem nieprzepuszczalnym. Każdy klin zmarzlinowy, każda żyła zmarzlinowa jest potencjalnym miejscem tworzenia się lejów. Przy nurzeniu równowagi hydrodynamicznej następuje suffozja i w miejscu tym tworzy się lej krasowy.

Wypadki takie notowano na terenie omawianego obiektu przemysłowego podczas awarii osadników wodnych. W osadnikach tych czystą się woda przemysłowa znajdująca się w statym obiegu. Od stałego obiegu tych wód zależy właściwe funkcjonowanie najważniejszych obiektów kombinatu.

Osadniki wykonane są z segmentów żelazobetonowych w formie okrągłej miski o średnicy około 30 m i 2 m głębokości. Jednostkowy nacisk fundamentów osadników na podłoże jest stosunkowo bardzo mały — wynosi około 0,6 kg/cm². To małe obciążenie było przyczyną, że projektant nie zasięgnął opinii co do geologicznej budowy podłoża tego rejonu.

Osadniki zlokalizowane zostały na południowej krawędzi wielkiego kotła krasowego wypełnionego glinami zwietrzelninowymi. Do kotła krasowego prowadzą liczne, wąskie i głębokie zasypane doliny



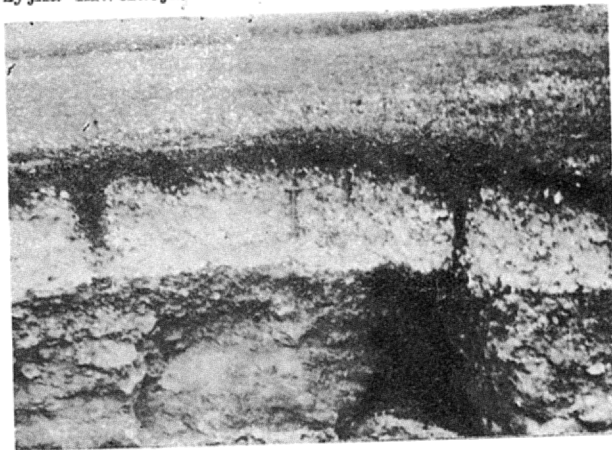
Ryc. 7, 8

krasowe, które przebiegają również przez rejon osadników. Strop wapienia w tym rejonie jest bardzo silnie zróżnicowany. Występuje on od około 2 m pod powierzchnią terenu do 20 i więcej metrów głębokości. W glinach zwietrzelninowych obserwować można opisane już uprzednio gliny zmarzlinowe, przez które wody powierzchniowe kontaktują się z systemem krasowym. Wynika stąd, że taki układ geologiczny jest bardzo podatny na suffozję w wypadku awarii osadników.

W 1953 r. osadnik środkowy uległ dwukrotnie awarii. Segmenty dna miski osadnika uszczelniono na stykach asfaltem. Podczas eksploatacji osadnika znaczne ilości wody pochodzące z przecieku nieszczelnego zaworu wody brudnej spływały pod osadnik. Woda ta spowodowała nieduże nierównomierne osiadańce poszczególnych segmentów dna osadnika i przedarcie się wody z osadnika w podłoże. Podczas całkowitego opróżnienia osadnika wody doprowadziły do uruchomienia i odprowadzenia gruntu w jednym z klinów zmarzlinowych znajdujących się pod płytą osadnika. Wskutek ucieczki wody powstała pod płytą kawerna. Kawernę tę uszłowano wypełnić mleczkiem cementowym, wlewając je z zewnątrz pod płytę. Po zorientowaniu się w sytuacji geologicznej w tym rejonie zalecono natychmiast przeprowadzenie iniekcji cementowych. Wykonawca i użytkownik zlekceważyli jednak ostrzeżenie i po naprawie uszczelnienia osadnik włączono do eksploatacji.

Po upływie paru tygodni nastąpiła druga ucieczka wody. Tym razem suffozji uległ grunt nie tylko pod płytą osadnika, ale również w jego sąsiedztwie. Powierzchnią terenu przy osadniku osiadła podczas tej awarii o około 60 cm. Podczas tej awarii zagrożony został całkowitym zniszczeniem osadnik i stojąca w pobliżu pompownia.

W bezpośrednim sąsiedztwie osadnika powstał komin krasowy o średnicy około 50 cm. Fakty te zmusiły inwestora do wykonania zastrzyków cementowych zgodnie z zaleceniami orzeczenia geologicznego. Wynik iniekcji cementowych wykazuje, że chłonność podłoża w okolicy ucieczki wody z osadnika jest znaczna — przekracza bowiem 5000 kg mleczka cementowego na 1 mb otworu. Iniekcje były wykonane w otworach do głębokości około 3 m pod płytą przy ciśnieniu 1—2 atm. i przy stałej kontroli niwelatorem ruchu płyty. Po wykonaniu tych iniekcji do obecnej chwili większych zmian nie zauważono. Na obiekcie tym przez dwa lata została przeprowadzona precyzyjna niwelacja.



Ryc. 9

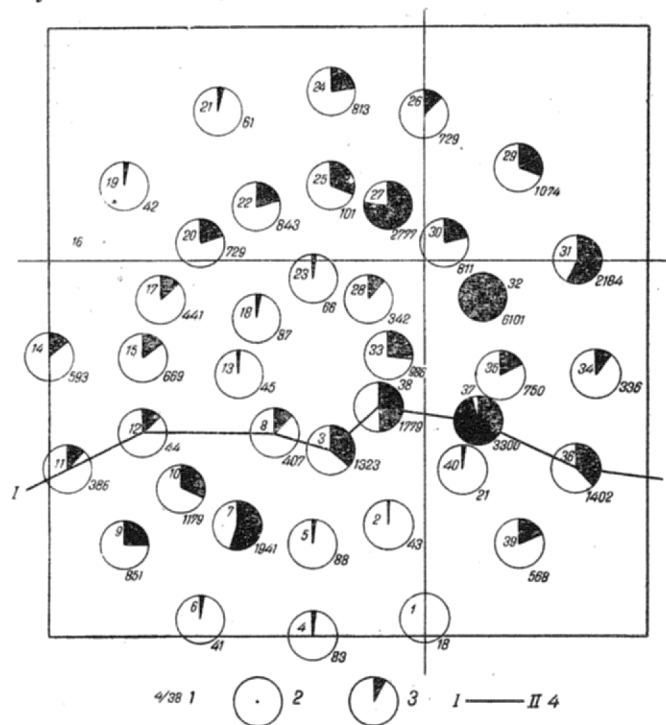
W skarpie sąsiedniego osadnika przebiega szereg rurociągów wody przemysłowej o średnicy od 600 do 800 mm, pracujących pod ciśnieniem od 3 do 4,5 atm. W ciągu jednego roku pracy rurociągi te uległy 6 razy awarii. Przyczyną awarii było wybijanie ołowiu na złączach rurociągu. Wskutek tych awarii nastąpiła suffozja gruntu, zniszczenie jego struktury i obsunięcie się skarpy przy osadniku, co doprowadziło do okresowego jego unieruchomienia.

Po awariach tych przystąpiono na najbardziej zagrożonym odcinku do wymiany złącz na elastyczne i petryfikacji podłoża osadnika. Maksymalna chłonność podłoża w przeliczeniu na 1 mb wynosiła dla tego osadnika 1185 kg mleczka cementowego. O awariach rurociągu nadzór geologiczny został poinformowany dopiero po uruchomieniu skarpy i wyłączeniu osadnika z eksploatacji. Gdyby projektant i wykonawca zasięgnęli wcześniej opinii geologa lub też uwzględniali ogólne zalecenia dotyczące warunków posadowienia zawarte w licznych orzeczeniach, awarii można było uniknąć. Niestety, o konieczności stosowania specjalnych zabiegów przy posadawianiu obiektów przemysłowych na obszarze krasowym przekonały projektanta i wykonawcę dopiero przykre konsekwencje zaniedbań.

Po przykrym doświadczeniu podłoże budowlane pod trzecią z kolei osadnik zostało spetryfikowane przed przystąpieniem do układania płyty. O konieczności petryfikacji przekonują nas najlepiej wyniki iniekcji (ryc. 10). W otworze nr 32 osiągnęła 6101 kg mleczka cementowego na 1 mb otworu. Na ryc. 11 podano przykładowo przekrój pionowy. Na uwagę zasługuje fakt, że maksymalna chłonność podłoża przypada w poziomie zwierciadła wód krasowych.

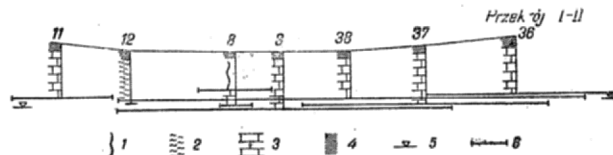
Tworzenie się ponorów zaobserwowano również w północnej części omawianego obiektu. Powstały one w dnach wykopów fundamentowych bezpośrednio po ulewnych deszczach. Mimo licznych ostrzeżeń wykonawcy robót budowlanych nie zawsze zabezpiecza

wykopy fundamentowe przed szkodliwym wpływem wód opadowych. Tworzenie się ponorów zaobserwowano w wykopach pod obiekty bardzo wrażliwe na różnice osiadań. Dopuszczalna różnica osiadań dla tych obiektów wynosi zaledwie 3 mm.



Ryc. 10

1 — Pierwsza cyfra: numer otworu, druga cyfra: ilość mleczka cementowego w kg przypadająca na metr bieżący otworu; 2 — środek koła — miejsce otworu; 3 — powierzchnia wycinka koła o rozwarości promieni ograniczających równą 1° odpowiada 10 kg mleczka cementowego przypadającego na 1 mb. otworu; 4 — linie przekroju cementacyjnego



Ryc. 11

1 — strata rdzenia, 2 — gliny, 3 — wapień, 4 — fundament, 5 — średni poziom wody gruntowej, 6 — 1 mm odcinka na przekroju, mierzony z jednej strony otworu odpowiada 100 kg mleczka cementowego iniekowanego w tym poziomie

Z opisanych faktów wynika, że największym wrogiem obiektów przemysłowych posadowionych na obszarze krasowym Jury Krakowsko-Częstochowskiej są wody przemysłowe przedostające się do podłoża. Dlatego też wody przemysłowe na obszarach krasowych powinny być stale pod ścisłą kontrolą i każde miejsce ucieczki wód, szczególnie w bezpośrednim sąsiedztwie obiektów powinno być natychmiast likwidowane zgodnie z zaleceniami geologa.

LITERATURA

1. Bażyński J. — Cementacja skrasowiałego podłoża budowlanego „Przegląd Geologiczny” 1955, nr 12.
2. Flis J. — Kras gipsowy niecki nidziańskiej. PAN Instytut Geogr. Prace Geograficzne (1954).
3. Gwoździeckij N. A. — Karst. Moskwa 1954. G.I.G.L.
4. Łoziński W. — Przykłady tworzenia się doliny wskutek podziemnych zapadnięć, w W. Ks. Krakowskim. Sprawozdania Kom. Fizjogr. Akad. Umiejętn. Dział VI. T. XLIII. Kraków 1908.
5. Maksimowicz G. A. — Gienieticzskie typy karstowych jawień. Dokłady AN SSSR, t. XC, nr 6, 1953 r.

6. Maksimowicz G. A., Gołubiewa A. — Gienieticzeskije typy karstowych woronok. Dokłady AN SSSR, t. XC, nr 4, 1953 r.
7. Różycki St. Zb. — Przyczynki do znajomości krasu Polski, cz. I. Kras opoczyński. „Przegląd Geograficzny” 1946, t. 20.
8. Różycki St. Zb. — Przyczynki do znajomości krasu Polski, cz. II. Zapadłe doły we wschodniej

części lasów starachowickich. „Przegląd Geograficzny” 1948/49, t. 22.

9. Walczak W. — Czwartorzęd i morfologia południowej części Jury Krakowskiej w dorzeczu Będkówki i Kobylanki. „Z badań czwartorzędu w Polsce” t. 7. Warszawa 1956. Wydawnictwa Geologiczne.