

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN—POLONIA

VOL. XIX, 3

SECTIO B

1964

Z Zakładu Geografii Fizycznej UMCS
Kierownik: prof. dr Adam Malicki

Maria DRZAŁ

Kras kopalny na obszarze między Pilicą a Nidą *

**Ископаемый карст на территории Свентокшиских гор
между реками Пилица и Нида**

**Fossil Karst Forms in the Area of the Św. Krzyż Mtns. between the
Rivers Pilica and Nida**

WSTĘP

Literatura geologiczna i geograficzna do 1940 r. zawiera nieliczne i oderwane wiadomości o zjawiskach krasowych występujących w regionie Gór Świętokrzyskich. Pewne sugestie co do istnienia na omawianym obszarze w ubiegłych epokach geologicznych procesów krasowych znajdujemy w pracach Lewińskiego, a potem Świdzińskiego. Dopiero jednakże liczne ekspertyzy i publikacje J. Czarnockiego przynoszą wiele szczegółowego materiału o krasie świętokrzyskim, przede wszystkim wykształconym w skałach tworzących jądro Gór Świętokrzyskich.

Po II wojnie światowej nastąpił na świecie ożywiony rozwój badań krasowych. Również i w Polsce rozszerzył się znacznie — nie tylko

* Niniejsze opracowanie jest streszczeniem obszerniejszej pracy przedstawionej jako doktorska.

Praca została wykonana w latach 1960—1962 pod kierunkiem Prof. Dra A d a m a M a l i c k i e g o. Jego zachętom, radom i pomocy zawdzięczam możliwość przeprowadzenia badań i zakończenia niniejszej pracy. Prace terenowe zostały wykonane w powiązaniu z moimi pracami w Zakładzie Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk w Krakowie. Badania laboratoryjne przeprowadzono w Zakładzie Ochrony Przyrody PAN (Kraków), w Stacji Karpackiej Instytutu Geologicznego (Kraków) oraz w Wyższej Szkole Rolniczej (Kraków).

problemowo, ale i przestrzennie — zakres prac nad krasem. Badaniami krasowymi objęto wszystkie główne tereny występowania skał węglanowych. Region Gór Świętokrzyskich nie doczekał się do tej pory ani przestrzennego ani problemowego opracowania całości jego zjawisk krasowych. Jednakże w różnego rodzaju pracach z zakresu geomorfologii, stratygrafii, tektoniki, geologii złóż itp. rozrzucone są wiadomości o zjawiskach krasowych występujących na obszarze Gór Świętokrzyskich i na przyległych doń terenach. Materiały te, które dotyczą bądź to wycinków obszaru, bądź to poszczególnych form krasowych, zawierają przede wszystkim prace: Z. Kotańskiego, A. Kleczkowskiego, J. Kosteckiego, B. Kowalczewskiego, E. Mycielskiej, Wł. Pożaryskiego, S. Z. Różyckiego (35), H. Senkowiej.

Analiza materiałów zawartych w piśmiennictwie pozwala na wyciągnięcie ogólnego wniosku, że na obszarze Gór Świętokrzyskich istniały okresy, w których rozwijające się na podłożu wapiennym procesy niszczące utworzyły formy krasowe.

Potwierdziły to w całej rozciągłości własne badania przeprowadzone na tym obszarze. Pozwoliły one nie tylko ugruntować ten wniosek, ale i uzupełnić go o stwierdzenie, że cały obszar Gór Świętokrzyskich, na którym w podłożu występują skały węglanowe (a więc tak trzon jak i osłona), posiada rzeźbę krasową, charakteryzującą się znacznym rozwojem form kopalnych. Ich rozległe przestrzenie i bogate ilościowo występowanie pozwala uznać obszar Gór Świętokrzyskich za największy w Polsce znany, zwarty teren występowania krasu kopalnego.

Celem pracy było przedstawienie rozmieszczenia i charakterystyki zjawisk krasu kopalnego oraz klasyfikacji form kopalnych w nawiązaniu do ich genezy i wieku.

Teren badań obejmował obszar zachodni i południowy Gór Świętokrzyskich (wg podziału M. Klimaszewskiego — 17), zbudowany z wapiennych skał dewonu, triasu, jury i kredy. Jest to teren ciągnący się szerokim pasem od Przedborza n. Pilicą po okolice Kielc i dolinę rzeki Nidy. Zachodnia i południowa granica badanego terenu jest równocześnie granicą morfologiczną między Górami Świętokrzyskimi a sąsiadującymi z nimi jednostkami. Od północy i wschodu omawiany obszar przechodzi w sposób ciągły w bardziej centralnie położone tereny Gór Świętokrzyskich.

Badania terenowe objęły obszar około 1000 km². Większość materiału dokumentacyjnego pochodzi z terenów eksploatacyjnych: dużych kamieniołomów — spółdzielczych i państwowych; małych łomów — prywatnych, drobnych; dziko eksploatowanych łomików oraz starych, obecnie nie eksploatowanych skalnych wyrobisk.

Dodatnią stroną było uzyskanie stosunkowo znacznej ilości materiału dokumentacyjnego. Dla omawianego obszaru materiał dokumentacyjny dotyczy 66 punktów badawczych, z których większość była obiektami eksploatacji skał wapiennych. Niektóre z kamieniołomów posiadały długie do 200 m ściany eksploatacyjne, dwu- lub trzy poziomowe. Dawało to możliwość wglądu w złoże skalne na znaczne — bo dochodzące do 60 m — głębokości, nieraz nawet w paru płaszczyznach profilowych.

Ujemną stroną było na ogół bardzo szybkie niszczenie w ścianie świeżo odsłoniętych form krasowych na skutek stałej i zwykle prędkiej eksploatacji ściany, a także duże trudności w przeprowadzaniu dokumentacji w czasie trwania prac kopalnianych. Dochodziło do tego jeszcze znaczne rozproszenie punktów eksploatacji na rozległym i niedogodnym ze względów komunikacyjnych obszarze, co utrudniało szybkie zarejestrowanie i przebadanie odsłaniających się form krasowych, zanim uległy one zniszczeniu. Poszukiwania w czynnych kamieniołomach były parokrotnie powtarzane.

Z większości odsłonień, w których zarejestrowano formy krasowe, pobrano próby z litej skały oraz próbki materiału wypełniającego te formy. Próby te poddano opracowaniu laboratoryjnemu wykonując badania dotyczące chemizmu i struktury petrograficznej skał wapiennych oraz materiału wypełniającego.

Wykonano 41 pełnych analiz chemicznych skały wapiennej oraz pełne analizy chemiczne materiału wypełniającego formy krasowe.

Ponadto w 35 przypadkach (i dla wapieni i dla materiału ilastego) oznaczono zawartość CaCO_3 . W 20 przypadkach oznaczono skład mechaniczny materiału wypełniającego formy krasowe. Poza tym w 27 przypadkach wykonano dla tegoż materiału analizę termiczną różnicową.

Dane uzupełniające do zagadnień struktury chemicznej i petrograficznej skał wapiennych i materiału wypełniającego formy krasowe uzyskano z laboratoriów przedsiębiorstw geologicznych i budowlanych oraz z danych zamieszczonych w piśmiennictwie.

Przeprowadzono również nie stosowane dotąd badania mikrobiologiczne litej skały wapiennej (10 prób) oraz materiału wypełniającego formy krasowe na wybranych przykładowo terenach. Celem tych badań bakteriologicznych — po raz pierwszy zastosowanych do prac geomorfologicznych — było stwierdzenie, czy i o ile czynnik mikrobiologiczny wchodzi w rachubę w procesach krasowienia skały wapiennej.

I — ZARYS HISTORII GEOLOGICZNEJ

Po Staszycu, który pierwszy zwrócił uwagę na region świętokrzyski, późniejszymi badaczami geologii tej części Polski w XIX w. byli: Pusch-Koreński, Michalski i Siemiradzki.

Wiek XX przynosi prace: Lewińskiego, Czarnockiego, Kuźniara, Passendorfera, Świdzińskiego, Mazurka, Semkowiczowej, Semkowicza, Cieślińskiego, Kowalewskiego i innych.

W geologicznym ujęciu obszar Gór Świętokrzyskich jest bardzo rozległy i obejmuje teren zawarty między dolinami: Pilicy na zachodzie i Wisły na wschodzie. Buduje go wielki kompleks skał od najstarszych ogniów paleozoikum aż po holocen. Omawiany obszar obejmuje części dwu głównych jednostek strukturalnych Gór Świętokrzyskich trzonu i osłony (obrzeżenia).

Trzon paleozoiczny w granicach badanego obszaru buduje podłoże jego części północno-wschodniej. Od południa, południowego-zachodu i zachodu przylegają doń utwory meozoicznej osłony.

Trzon paleozoiczny reprezentowany jest przez utwory litologicznie bardzo różnorodnie wykształcone. Z uwagi na problematykę krasową interesujące są przede wszystkim osady wieku dewońskiego, wykształcone jako skały węglanowe. One to grają zasadniczą rolę morfologiczną na omawianym terenie.

Żywet i fran (region kielecko-łagowski) wykształcony tu jest jako: dolomity, wapienie rafowe oraz wapienie masywne typu kadzielniańskiego. Famen jest bardziej facjalnie ujednoczony. Reprezentują go wapienie i łupki margliste, bitumiczne i krzemionkowe. W części chełmińskiej powstają także miękkie i mało odporne wapienie z liczną fauną. Devon jest więc okresem wielkiej akumulacji węglanowej. Jego starsze ogniwa twarde i odporne budują kulminacje, młodsze bardziej miękkie wyścielają obniżenia i dna.

Lokalne niezgodności między dewonem a karbonem wskazują na istnienie ruchów górotwórczych, które wiązać należy z fałdowaniami starowaryscyjskimi.

Jednakże dopiero orogeneza hercyńska, która nastąpiła u schyłku ery paleozoicznej, zaważyła w sposób zasadniczy w historii geologicznej całych Gór Świętokrzyskich, a więc także i omawianego obszaru. Powstały główne założenia strukturalne dla tego terenu. W kolejnych fazach zgromadzone dotychczas osady pod wpływem nacisków idących z NNE zostały silnie pofałdowane i obalone na południe. Powstał system fałdów, synklin i antyklin wtórnie potem rozbitych na poszczególne bloki i przesuniętych wzdłuż dużych dyslokacji. Okres ten charakteryzuje ponadto duża intensywność przebiegu procesów mineralizacji (np. syderezyacja) skał węglanowych. Te wielkie zmiany tektoniczne oraz ich dalsze konsekwencje nie pozostały bez echa w rozwoju rzeźby krasowej omawianego obszaru.

Z wapiennych utworów permskich zachowały się cechsztyńskie czerwone wapień i zlepieńce zygmuntownskie, wapień bitumiczne, dolomityczne oraz czerwone i szare wapień. Są to typowe utwory litoralne transgredującego morza.

Osady pstręgo piaskowca zachowane właśnie na południowym obrzeżeniu masywu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich świadczą o długim okresie lądowym, który istniał przez dolny trias na tym terenie. Wapienne utwory triasowe reprezentowane są przez wapień z marglami (ret) i grube pokłady wapieni (wapień muszlowy).

Na badanym obszarze nie tylko kajper (orogeneza starokimeryjska), ale także lias i retyk był okresem lądowym o silnie przebiegających procesach subaeralnej degradacji, co nie pozostało bez wpływu na rozwój krasu omawianego terenu.

Wapienne utwory jury są obok warstw dewonu głównym elementem skalnym osłony mezozoicznej dla rozwoju form krasowych.

Jurę reprezentują utwory batonu (piaski ze sferosyderytami i wapień piaszczyste) oraz wielka, wapienna seria obejmująca: kelowej, oksford, raurak, astart i kimeryd. Reprezentują ją wapień skaliste rafowe i gąbkowe, wapień płytowe, oolitowe i detrytyczne oraz wapień margliste i piaszczyste.

Tworzenie się tej serii było przerwane dwiema fazami orogenezy młodokimeryjskiej, które ją sfałdowały i wydzwignęły. Idące od południa naciski spowodowały odklucia i poprzesuwanie poszczególnych serii oraz nasunięcia ich na jądro paleozoiczne. Kierunki struktur posiadają przebieg NW-SE. Jest to okres kształtowania się antyklinorium świętokrzysko-kujawsko-pomorskiego (parokrotnie potem odnawianego), a równocześnie silnej degradacji tego obszaru, trwającej przez całą dolną kredę.

Kredowe utwory wapienne strefy obrzeżenia Gór Świętokrzyskich reprezentują na omawianym terenie wapień piaszczyste i gezowe oraz margle, wapień margliste i opoki charakteryzujące strefę litoralną.

Na granicy mastrychtu i danu zaznacza się wyraźnie orogeneza laramijska (dyslokacje przecinają warstwy kredowe). Kreda jest ostatnim okresem sedymentacji węglanowej i w ogóle ostatnim okresem morskim na omawianym obszarze. Od kredy bowiem aż po dobę obecną trwa nieprzerwanie ląd.

Paleogen — paelocen, eocen, oligocen — był na omawianym terenie okresem lądowym o silnie przebiegającym niszczeniu powierzchni subaeralnej. W neogenie (miocen i pliocen) zaś wzmożło się wyraźnie nasilenie wietrzenia chemicznego. Cały trzeciorzęd miał zasadnicze znaczenie dla rozwoju rzeźby krasowej badanego obszaru.

Utwory plejstoceniowe, które na omawianym terenie nie okrywają kulminacji i szczytowych partii pasm górskich, są ubogie i mało zróżni-

cowane. Reprezentują je przede wszystkim piaski lodowcowe i fluwio-glacialne, a w części wschodniej występują fragmentarycznie płyty lessu. Jedynie w okolicy Przedborza n. Pilicą na granicy omawianego obszaru występują gliny, piaski i żwiry moreny czołowej znaczącej tu maksymalny zasięg zlodowacenia środkowo-polskiego. Okres młodszego plejstocenu miał dla zjawisk krasowych na omawianym obszarze znaczenie przede wszystkim poprzez fakt, że teren leżał w strefie peryglacialnej.

Utwory holocenijskie reprezentowane przez torfy, mady, piaski, i żwiry wyścielają obniżenia i rozległe równiny, szczególnie w części zachodniej omawianego terenu.

II — CHARAKTERYSTYKA PODŁOŻA WAPIENNEGO

Własności litologiczne

Zjawiska krasu kopalnego na obszarze położonym między Pilicą a Nidą rozwinięte są w utworach wapiennych: dewonu, triasu, jury i kredy, przy czym utwory dewonu i jury odgrywają główną rolę, zaś warstwy triasu i kredy — podrzędną. W konsekwencji i zgodnie z głównymi założeniami paleogeograficznymi i tektonicznymi omawianego obszaru decydującą rolę krasotwórczą odgrywa w części wschodniej dewon, zaś w pozostałej jura.

Wapienie dewonu należą do żywetu, franu i famenu. Wapienie górnego żywetu są zbite, twarde, masywne i gruboławicowe, szare lub brązowawe z licznymi żyłami kalcytu. Należą one do wapieni koralowych i amfiporowo-stromatoporowych. Występują w swej charakterystycznej postaci w okolicach Chęcín (Góra Zamkowa, Zelejowa), Zajączkowa (Miedzianka), Szczukowic (Góry Szczukowskie), Bolechowic.

Z najwyższego żywetu pochodzą także czerwone wapienie płytowe z rogowcami występujące w okolicach Chęcín i Sitkówki. Żywet reprezentują ponadto zbite, ciemnoszare dolomity (Radkowice), krystaliczne i cukrowate, mniej odporne na działanie czynników mechanicznych niż żyweckie wapienie.

Wapienie franu są masywne, jasnoszare, skaliste, słabo warstwowane. Należą one do gruboławicowych wapieni rafowych z bogatą i charakterystyczną dłań fauną. Budują podłoże okolic Kielec (Kadzielnia, Karczówka, Góra Cmentarna). Są to wapienie twarde i bardzo odporne na czynniki wietrzenia mechanicznego. Bardziej miękką i wskutek tego mniej odporną na czynniki fizyczne jest odmiana franu o charakterze wapieni detrytycznych i marglisto-bitumicznych (Czarnowskie Góry, Wietrznia).

Famen reprezentowany jest przez wapienie margliste i margle o wielkiej miąższości z licznie występującą fauną (Gałęzice, Kowala, Miedzianka).

Wapienną fację triasową reprezentują utwory wapienia muszlowego (środkowy trias). Są to wapienie jasne, szare i brązowawe, z liczną fauną, zbite, zwięzłe, miejscami ziarniste i cienkopłytkowe (okolice Polichna), twarde, przekrystalizowane, dobrze uławiczone (okolice Starych Chęcin).

Jurajskie utwory wapienne należą do górnych pięter tego okresu. Reprezentują je utwory oksfordu, rauraku, astartu i kimerydu wykształcone jako wapienie skaliste: rafowe i scyfiowe (z bogatą fauną), wapienie płytowe i oolitowe oraz wapienie margliste i piaszczyste.

Oksford reprezentują zbite, gruboławicowe, żółtoszare wapienie z krzemieniami (Tokarnia). Raurak — to gruboławicowe wapienie rafowe i gąbkowe (w okolicach Podzamcza), silnie zsylikowane, masywne, zbite, o bardzo dużej twardości (okolice Małogoszczy, Grzywy Korzeckie). Astart wykształcony jest jako jasnoszare, zbite, miejscami oolityczne wapienie (Góra Leśna, Grzędy Bolmińskie). Kimeryd zaś reprezentują płytowe, margliste, miejscami łupkowe i gruzelkowe wapienie (Grzędy Bolmińskie).

Wapienna facja kredy reprezentowana jest przez górne piętra tego okresu. Są to wapienie piaszczyste i margliste oraz margle wykształcone typowo.

Wyżej wymienione wapienne utwory górnej jury i górnej kredy towarzyszą sobie w całym przebiegu Pasma Małogoskiego i Pasma Przedborskiego i widoczne są w dziesiątkach odsłoneń sztucznych i naturalnych na przestrzeni od doliny Nidy na południowym wschodzie po dolinę Pilicy na północnym zachodzie.

Ogólnie dla podłoża wapiennego omawianego obszaru jako charakterystyczne cechy wymienić należy:

1) znaczną zmienność litologiczną w obrębie skał reprezentujących dany okres, a nawet piętro geologiczne;

2) znaczne litologiczne zróżnicowanie przestrzenne w obrębie kompleksów skalnych;

3) występowanie licznych skał wapiennych o takim wykształceniu facjalnym i o takich wtórnych przeobrażeniach, które warunkują dużą ich odporność na mechaniczne czynniki niszczące;

4) dużą postrzenną zmienność stosunków tektonicznych;

5) bardzo zmienne — tak pod względem wartości nachyleń, jak i kierunku ich przebiegu — upady warstw przede wszystkim na obszarze podłoża wchodzącego w skład paleozoicznego jądra;

6) wyraźnie zaznaczające się w litologii i tektonice różnice między podłożem wapiennym paleozoicznego jądra a mezozoiczną osłoną.

Tab. 1. Wybrane analizy chemiczne skał wapiennych na obszarze kopalnego Gór Świętokrzyskich
Selected chemical analyses of the limestone rocks in the area of the fossil karst in the Św. Krzyż Mtns

%	Kadzelnia	Tokarnia	Chęciny	Kowala	Miedzianka	Zelejowa	Sitkówka	Jaworznia	Głuchowiec
SiO ₂	0,67—1,25	2,37—4,98	0,27—1,35	0,04—4,19	0,13—1,40	0,25—0,87	0,10—0,25	0,3	—
Al ₂ O ₃	0,29—0,42	0,13—2,25	0,16—0,31	0,10—1,08	0,11—0,60	0,05—0,54	0,32	0,1	0,12
Fe ₂ O ₃	10,51	0,22—2,26	0,23—1,27	0,05—0,60	0,11—0,95	0,16—0,28	0,32	0,1	0,12
MgO	0,45	ślady traces	50,05—0,09	ślady traces -2,16	ślady traces -0,73	0,30—0,55	0,08—0,19	0,3	0,46
CaO	48,57—54,25	50,11—54,39	53,39—55,30	52,47—55,99	52,49—55,99	54,10—55,19	55,06—55,61	55,3	55,55
CO ₂ O	38,67—43,98	—	43,31—43,97	41,86—44,14	42,26—43,24	—	43,93—44,92	44,8	45,60
H ₂ O	—	—	—	—	—	—	—	—	0,05

(Na podstawie materiałów: Chlipalskiej, Siomy, Strzemeskiego, Lab. Chem. ZPA Chorzów, ZM i P. Polit. Śl.,
KM i P. Polit. Lw., KGWSR Kraków, Lab. Chem. PGSS, Lab. Chem. P. G. — B. TFMB oraz własnych)
(Based upon the materials collected by: Chlipalska, Sioma, Strzemeski, various laboratories and the present author)

Charakterystyka własności chemicznych

Badany obszar budują utwory węglanowe o różnym wieku, różnym wykształceniu litologicznym i różnym składzie petrograficznym. Następstwem tego jest zróżnicowanie podłoża wapiennego także i pod względem jego własności chemicznych.

Charakterystyczną i naczelną jego cechą jest wrażliwość na wodę zawierającą CO_2 . Procent zawartości CaO jest różny i zmienny nawet w obrębie niewielkiej strefy tego samego złoża. Analizy chemiczne wykonane dla skał wapiennych na omawianym terenie (34 analiz pełnych oraz 15 skróconych) wykazały bardzo wysoki procent zawartości CaO . Wahał się on od 48,57—56,25% CaO . Przeciętna była wysoka i wynosiła 54,3%.

Poza bardzo wysokim procentem zawartości CaO , notuje się ponadto mały procent SiO_2 (z wyjątkiem wapieni drobnokrystalicznych, np. z Góry Cmentarnej lub margli kadzielniańskich, gdzie zawartość SiO_2 dochodziła do 33,30%). Przeciętnie wartości te nie przekraczały 4,8%, a w szeregu przypadków schodziły nawet do około 1% (Kowala 0,04%).

Skały silnie węglanowe odznaczały się niską zawartością krzemionki i odwrotnie.

Tab. 2. Zawartość CaO w wybranych próbach skał wapiennych na obszarze krasu kopalnego Gór Świętokrzyskich

CaO content in the selected samples of calcareous rocks in the area of the fossil in the Św. Krzyż Mtns

	%% wagowe weight %%
1. Gnieździska	50,44
2. Głuchowiec	51,85—55,55
3. Góra Y	51,91
4. Bukowa Góra	52,86
5. Mieczyn	54,35—54,38
6. Wietrznia	54,35
7. Kadzielnia	54,59
8. Leśna Góra	55,06
9. Góra Z	55,12
10. Krasocin	55,41
11. Rogalów	55,42
12. Tokarnia	55,52—55,44
13. Dalnia Góra	55,85
14. Nowiny	56,09
15. Kowala	56,25

Tab. 3. Występowanie niektórych grup fizjologicznych drobnoustrojów na materiale skalnym pochodzącym z Zelejowej pod Chęcunami

Occurrence of some physiologic groups of microorganisms on the rocky material derived from Zelejowa near Chęciny

Pochodzenie prób: Sampling places	Grupy fizjologiczne drobnoustrojów Physiologic groups of microorganisms										
	amonifikatory ammonifying		nitrifikatory nitrifying	niesymbiotyczne asymilatory wolnego N nonsymbiotic groups of free N		utleniające oxidizing	rozkładające decomposing		rozpuszczające dissolving		rozkładające decomposing
	2		3	4	5		6	7	8		9
1											
Zalejowa pod Chęcunami											
Stanowisko A:											
Locality											
Próbka nr 1 Sample	+	+	○	○	○	+	+++	+	+	+	+
Próbka nr 2 Sample	+	+	+	+	+	○	+++	++	++	+	+
Próbka nr 3 Sample	+	+	○	+	+	○	++	○	○	+	+
Próbka nr 4 Sample	+	+	○	○	○	○	+++	+	+	+	+
Stanowisko B:											
Locality											
Próbka nr 5 Sample	+	+	+	+	+	○	++	+	+	+	+
Próbka nr 6 Sample	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	○
Próbka nr 7 Sample	++	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+
Próbka nr 8 Sample	++	○	○	○	○	○	++	+	+	+	+
Stanowisko C:											
Locality											
Próbka nr 9 Sample	+++	++	+	+	+	+	+++	++	++	++	++
Próbka nr 10 Sample	+	+	+	○	○	○	++	++	++	++	○

Legenda: +++ = bardzo liczne kolonie na płytkach Petriego
 very numerous colonies on Petri's dishes
 ++ = liczne kolonie na płytkach Petriego
 numerous colonies on Petri's dishes
 + = sporadyczne kolonie na płytkach Petriego
 sporadic colonies on Petri's dishes
 ○ = nie stwierdzono wzrostu
 no growth found

Analiza wyników badań chemizmu skał wapiennych wykazała ponadto znikomą zawartość MgO. Poza nielicznymi wyjątkami (Kowala — około 2%, Góra Cmentarna — od 1,46% do 3,03%), wartości te schodziły zawsze poniżej 1% i wahały się w granicach 0,98—0,05%.

Charakterystyka mikrobiologiczna

Interesująco przedstawia się udział czynnika mikrobiologicznego w procesie korozji skały wapiennej badanego obszaru.

Na wapiennym podłożu litej skały stwierdzono występowanie następujących grup fizjologicznych drobnoustrojów: amonifikatorów, nitrifikatorów, niesymbiotycznych asymilatorów wolnego azotu (tlenowych i beztlenowych), bakterii siarkowych, drobnoustrojów rozkładających — rozpuszczających: fosforan wapniowy i węglan wapniowy oraz bakterii rozkładających glinokrzemiany. Reprezentowało je 9 gatunków bakterii oraz 35 gatunków grzybów.

Z wyżej wymienionych grup fizjologicznych drobnoustrojów najliczniej reprezentowane były: mikroorganizmy rozkładające — rozpuszczające glinokrzemiany i nitrifikatory.

Słabo reprezentowane były beztlenowe i tlenowe (*Azotobacter chroococum*) niesymbiotyczne asymilatory wolnego azotu oraz bakterie siarkowe. Zupełnie sporadycznie występowały promieniowce.

Powyższe dane wskazują na to, że na skrasowiałych powierzchniach wapiennych występują bakterie (autotroficzne i heterotroficzne) i grzyby o różnokierunkowych uzdolnieniach biochemicznych. Działalność metaboliczna i biochemiczna wyżej wymienionych fizjologicznych grup drobnoustrojów jest bardzo różnorodna i skomplikowana, a aktywność ich duża. Cechą charakterystyczną jest to, że na powierzchniach oraz w głębi podłoża wapiennego występowały najliczniej i wykazywały największą aktywność biochemiczną te grupy drobnoustrojów, które działały silnie rozkładająco — rozpuszczająco na fosforan i węglan wapniowy oraz glinokrzemiany, a więc na związki będące podstawowymi składnikami chemicznymi skał na omawianym obszarze.

Szczegółowe wyniki badań mikrobiologicznych przedstawiają załączone tabele.

III — CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁU WYPEŁNIAJĄCEGO FORMY

Własności litologiczne

Wszystkie formy krasu kopalnego, poznane na omawianym obszarze, wypełnione są materiałem różnym od skały, w której formy te są wykształcone. Materiał jest bardzo zwięzły i plastyczny. W przeważającej

Tab. 4. Wybrane analizy chemiczne materiału wypełniającego formy krasowe w Górach Świętokrzyskich

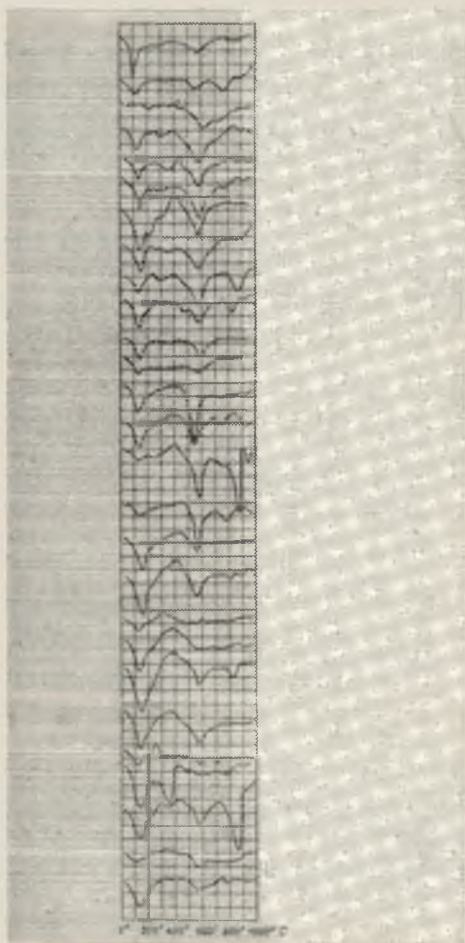
Selected chemical analyses of the material filling the karst forms in the Św. Krzyż Mtns

%	Tokarnia	Dybkowa Góra	Mieczyn	Kadzielnia
I. Część rozpuszczalna w HCl ok. 20% Part dissoluble in HCl ca. 20%				
1. SiO ₂	8,70	0,45	0,65	0,76
2. Al ₂ O ₃	3,05	10,20	6,37	20,02
3. Fe ₂ O ₃	3,70	7,04	10,50	9,55
4. CaO	0,97	10,25	1,63	2,05
5. MgO	0,32	śląd traces	1,00	1,62
6. MnO	śląd traces	0,14	0,11	brak lacking
7. TiO ₂	0,03	0,05	0,05	0,03
8. K ₂ O	0,64	0,94	0,95	2,53
9. Na ₂ O	0,87	śląd traces	śląd traces	śląd traces
10. P ₂ O ₅	0,20	0,07	0,07	0,02
11. SO ₃	brak lacking	brak lacking	brak lacking	brak lacking
12. H ₂ O	1,92	5,21	6,23	6,24
13. Strata prażenia Loss on burning	4,57	4,90	10,70	16,10
Razem Total	14,87	34,35	38,35	52,68
II. Część nierozpuszczalna w HCl ok. 20% Part insoluble in HCl ca. 20%				
1. SiO ₂	82,82	56,20	58,85	41,85
2. R ₂ O ₃	2,41	5,00	3,15	4,40
3. CaO	0,12	brak lacking	brak lacking	0,32
Razem Total	85,35		62,00	MgO 0,23
			Razem Total	46,80

większości obserwowanych form materiał był jednorodny. Tylko w paru przypadkach posiadał domieszkę piasku, tkwiły w nim fragmenty „rozlasowanego” wapienia oraz przerastały go żyłki kalcytu. Makroskopowo jest to substancja ilasto-gliniasta, o zmiennej zawartości wodorotlenków żelaza. Barwa tego materiału jest różna: od jasnożółtej do czerwono-brunatnej. Nie stwierdzono jednak w obrębie jednego odsłonięcia większej skali barw.

Stopień nawilgocenia — w świeżych odsłonięciach dosyć znaczny — jest wyraźnie związany z barwą. Najlepiej nawilgocony materiał miał barwę brunatną i brunatnordzawą.

Wyniki analiz termograficznych (27 stanowisk) wykazały, że materiał wypełniający wklęsłe formy krasowe określić należy jako illit (reakcje endotermiczne w temp. 120—140°; 580—600° oraz 880°). Jako drobna



Ryc. 1. Wykres krzywych obrazujących wyniki analiz termograficznych wykonanych na badanym obszarze dla 27 prób materiału wypełniającego formy krasowe
Diagram of curves representing the results of thermographic analyses performed in the area investigated for 27 samples of the material filling the karst forms

domieszka na niektórych stanowiskach (Dybkowa Góra, Głuchowiec, Maćkowa Góra i Krasocin) występuje montmorillonit (reakcja endotermiczna w temp. 220° oraz 950°).

Jednakże materiał ten nie jest czystą skałą ilastą. Zawiera on prawie we wszystkich próbach domieszkę węglanów (reakcja endotermiczna w temp. 800—900°) oraz w niektórych — domieszkę syderytu (reakcja endotermiczna około 400°) oraz kwarcu. Sporadycznie natomiast występuje hydromuskowit (temp. 620°), getyt (temp. 360°) oraz limonit (temp. 240°).

Analizy petrograficzne wykonane dla 20 stanowisk i określające skład mechaniczny wykazały we wszystkich wypadkach, że badany materiał jest typowym ilem, a więc produktem składającym się z najdrobniejszych cząstek i posiadającym charakterystyczne właściwości wodne. W 17 przypadkach frakcja łu koloidalnego była dominującą częścią składową materiału.

Procent części spławialnych mieścił się w granicach wielkości: 49—78, przy czym obecność frakcji łu koloidalnego była znaczna i dochodziła w niektórych przypadkach nawet do 60%. Jej zasadniczą częścią składową są minerały ilaste, a więc wtórne krzemiany i uwodnione tlenki żelaza oraz glinu.

Tab. 5. Zawartość CaCO₃ w wybranych próbach materiału wypełniającego formy krasowe

CaCO₃ content in the selected samples of the material filling the karst forms

%		%	
1. Nowiny	— 0,08	11. Głuchowiec	— 2,60
2. Wietrznia	— 0,21	12. Kowala	— 2,60
3. Tokarnia	0,58	13. Kadzielnia	— 4,20
4. Radkowice	— 0,70	14. Korzecko	— 9,20
5. Mieczyn	— 0,99	15. Leśna Góra	— 9,55
6. Dalnia Góra	— 1,65	16. Bolechowice	— 10,31
7. Szewce	— 1,94	17. Zygmuntołka	— 13,51
8. Bełkowie	— 2,18	18. Kostrza	— 14,19
9. Śluchowice	— 2,23	19. Dybkowa Góra	— 18,77
10. Sitkówka	— 2,52	20. Maćkowa Góra	— 26,91

Kwasowość, która ma znaczenie szczególnie przy powstawaniu minerałów ilastych, była we wszystkich badanych przypadkach zbliżona do wartości pH określającej środowisko obojętne. Przebadany materiał wykazał pH w granicach od 6,3 do 6,7. Różnice wartości, biorąc szczególnie pod uwagę znaczne rozprzestrzenienie form oraz zmienność podłoża skalnego, są więc małe.

Własności chemiczne

Materiał okrywający skrasowiałą powierzchnię skalną i wypełniający prawie wszystkie formy wklęsłe wytworzone w podłożu wapiennym wykazał na przykładzie 7 pełnych i 20 skróconych analiz znaczne podobieństwo swej chemicznej struktury. Materiał ten charakteryzuje się dużym nagromadzeniem części nierozpuszczalnych, w skład których wchodzi: krzemionka oraz tlenki żelaza i glinu. W części rozpuszczalnej znajdują się głównie uwodnione tlenki żelaza i glinu, niewielka zawartość wapnia i magnezu oraz pewne nagromadzenie potasu i sodu. Duża zawartość wody (— i +) świadczyć może o nagromadzeniu się (w stosunku do składu chemicznego wapieni) w różnym stopniu uwodnionych tlenków żelaza i glinu, a istnienie alkaliów — obecności illitu.

Charakterystyka mikrobiologiczna

W materiale okrywającym skrasowiałą powierzchnię i wypełniającym jej kopalne formy stwierdzono, podobnie jak w strefie powierzchni litej wapiennej skały, występowanie mikroflory. Wyodrębniono następujące grupy fizjologiczne drobnoustrojów: amonifikatory, nityfikatory, drobnoustroje utleniające połączenia siarkowe, drobnoustroje rozkładające — rozpuszczające $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ i glinokrzemiany oraz promieniowce.

Cechą charakterystyczną jest występowanie stosunkowo licznych amonifikatorów — drobnoustrojów rozkładających glinokrzemiany i utleniających połączenia siarkowe.

Na przebadanych stanowiskach nie stwierdzono drobnoustrojów rozkładających — rozpuszczających węglan wapnia.

Stwierdzono ponadto, że aktywność metaboliczna i biochemiczna wspomnianych drobnoustrojów jest znaczna. Poprzez swoją działalność biorą one udział w przekształcaniu struktury fizyko-chemicznej materiału wypełniającego formy kopalne.

Występowanie niektórych grup fizjologicznych drobnoustrojów ilustruje tabela 2 i 7.

Makroskopowo nie stwierdzono natomiast w materiale wypełniającym formy krasowe żadnych szczątków roślinnych i zwierzęcych.

IV — CHARAKTERYSTYKA GEOMORFOLOGICZNA FORM KRASOWYCH

Kras kopalny reprezentowany jest na omawianym obszarze przez zespół form wykształconych jako: studnie, kanały i krasowo przeobrażone szczeliny tektoniczne oraz fugi międzyławicowe, kieszenie i mikroformy. Sporadycznie tylko występują formy jaskiniowe. Nie są one objęte niniejszym opracowaniem.

Większość tych form znajdowała się w odsłonięciach sztucznych, którymi na omawianym obszarze są kamieniołomy. W nich grupują się prawie wszystkie badane formy takie jak: studnie i duże kanały. Jedynie drobne formy kieszeniowe, różnej wielkości i różnego typu szczeliny krasowo przeobrażone oraz cały zespół mikroform krasowych obserwować można w naturalnych odsłonięciach.

Wszystkie badane formy, z wyjątkiem mikroform występujących powierzchniowo, wypełnione są materiałem będącym bądź to bezpośrednim produktem krasowienia wapiennego podłoża, bądź to ściśle związanym z rozwojem krasu na omawianym obszarze.

Studnie krasowe

Są to duże formy wklęsłe o nieregularnych kształtach, z wyraźną jednakże przewagą wartości pomiarów w cięciwie podłużnej. Skala wy-



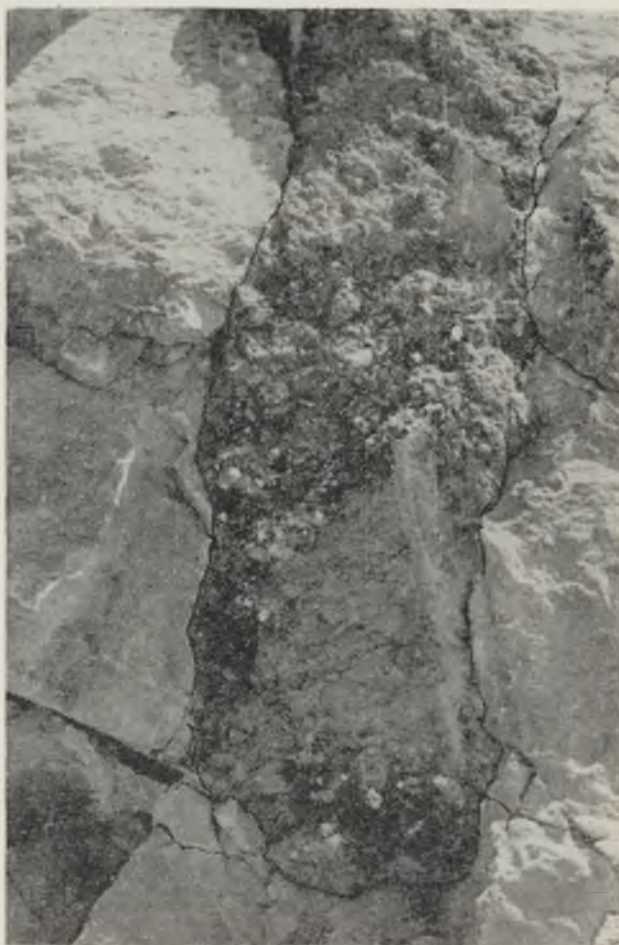
Ryc. 2. Studnia krasowa utworzona w wapieniu jurajskim, wypełniona ilastym materiałem residualnym

Karst well drilled in Jurassic limestone filled with clayey residual material

miarów tych studni jest następująca: głębokość od 1,0 do 20,0 m, średnica 0,5 m — 5,0 m. Pomierzone części dotyczą w większości przypadków tylko tych fragmentów form, które zostały odsłonięte.

Wśród 24 zinwentaryzowanych form tego typu, większe (tj. takie, których głębokość przekraczała 3,0 m, a średnica 1,0 m) stanowiły więcej niż połowę (14 studni).

Wszystkie one wdrażały się w sposób nieregularny w litą skałę wapienną i wypełnione były materiałem ilasto-gliniastym. Granica pomiędzy formą a materiałem wypełniającym była wyraźna i dobrze się zaznaczająca w linii i barwie.



Ryc. 3. Studnia krasowa utworzona w wapieniu triasowym, wypełniona ilastym materiałem residualnym

Karst well drilled in Triassic limestone filled with clayey residual material

Zdjęcia (ryc. 2 i 3) przedstawiają dwie najbardziej typowe dla badanego obszaru studnie krasowe.

Po odsłonięciu i oczyszczeniu wewnętrznej ściany studni krasowej obserwowano wyraźne, drobne formy powstałe w wyniku rozmycia wapiennej powierzchni. Były to miseczkowate zagłębienia, o nieregularnym, okrągławym zarysie. Średnice tych zagłębień wahały się w granicach 5—8 cm, głębokości były nieznaczne: około 1 cm.

Ponieważ wszystkie obserwowane formy znajdowały się w ścianach bieżąc eksploataowanych kamieniołomów, nie można było ustalić sto-



Ryc. 4. Ta sama forma po wyeksploatowaniu z niej ilastego residuum.

Na wewnętrznych ścianach widoczny mikrorelief krasowy
The same form after exploitation of the clayey residuum. On the inner
walls the karst microrelief is seen

sunku studni krasowych do ewentualnie zalegających nad nimi warstw, a także do współczesnej powierzchni morfologicznej, gdyż cały nakład był usunięty. W paru przypadkach ustalono jednakże, że materiał wypełniający formę przechodzi w sposób ciągły w pokrywę o tym samym charakterze litologicznym, okrywającą na dużym odcinku całą, silnie skrasowiałą skalną powierzchnię kopalną. Studnie krasowe stanowiły w tym obrazie jeden z elementów tej powierzchni.

Ze studniami krasowymi związane są niekiedy kanały. Na omawianym obszarze nie jest to jednakże zjawisko powszechne.

Kanały krasowe, krasowo przeobrażone szczeliny tektoniczne i fugi

Formy te omówione są wspólnie. Nie jest bowiem możliwe w całym szeregu przypadków ścisłe odgraniczenie krasowych kanałów od krasowo przeobrażonych szczelin tektonicznych i fug. Istnieją bowiem formy przejściowe, w genezie których czynnik tektoniczny zająbia się ściśle z krasowym. Dotyczy to szczególnie mniejszych form.

Kanały krasowe występują bądź to samodzielnie, bądź to związane są z tak dużymi formami jak studnie krasowe. Penetrują one litą skałę wapienną (tak dewońską jak i jurajską) na dużych przestrzeniach. Ich przebieg w stosunku do całego kompleksu skalnego jest różnokierunkowy. Uderza jednakże fakt, że w większości przypadków występują one głęboko (w drugim i trzecim poziomie eksploatacyjnym w kamieniołomach), tj. między 5 a 30 m, licząc od powierzchni danego złoża wapiennego. Wielkość ich jest bardzo różna. Długość trudno szczegółowo określić. Przebieg kanałów bowiem obserwowany był przede wszystkim w wielkich kamieniołomach i tam z reguły przecinały one całą widoczną partię skalnej ściany. Średnice natomiast były bardzo różne: od 0,02 (minimum) do 0,8 m.

Odnosnie stosunku przebiegu form kanałowych do założeń tektonicznych i strukturalnych skały, wydzielić należy trzy typy: nie uwarunkowane tektoniką, predysponowane przez szczeliny tektoniczne oraz związane z występowaniem międzyławicowych fug.

Kanały krasowe nie uwarunkowane tektoniką są na ogół formami niemałych rozmiarów. Przebieg ich w żadnym z obserwowanych przypadków nie był na większej przestrzeni prostoliniowy. Często łączyły się one w jedną sieć z krasowo przeobrażonymi przestrzeniami międzyławicowymi.

Kanały predysponowane przez szczeliny tektoniczne są dość liczne. W ich przebiegu obserwuje się wyraźną przewagę kierunków przecinających skałę w głąb, względnie zbliżonych doń. Są to zwykle formy o mniejszym wymiarze w przekroju średnicowym, a znacznie większym



Ryc. 5. Szczeliny międzyławicowe krasowo przeobrażone w głębszych partiach podłoża wapiennego
Karstically transformed seams in the lower parts of the calcareous substratum

w długości. Ich średnica na omawianym obszarze wahała się od 0,02 m do około 0,15 m. Długość zaś (tylko na odsłoniętych powierzchniach eksploatacyjnych) dochodziła do 10—12 m. Na ścianach tych krasowo przeobrażonych szczelin widoczne były bardzo drobne rozmycia. Zamazzywały one niejednokrotnie ostrość przebiegu linii mikrotektoniki wapiennego podłoża.

Szerokie rozprzestrzenienie, zwłaszcza w wapieniach uławiconych triasu i jury, mają formy krasowe, które swoją genezę i rozwój wiążą z istnieniem fug. Formy te mają na ogół większą średnicę (od około 0,1 m do około 0,3 m) od predysponowanych tektonicznie i w większości obserwowanych przypadków oraz zdecydowaną przewagę odcinków o przebiegu poziomym względnie doń zbliżonym. W tego typu formach, obserwuje się zawsze przebieg kanału zgodny z kierunkiem przebiegu fug w danym kompleksie skalnym. Przeobrażenia krasowe widoczne są zazwyczaj wyraźnie na ścianach kanałów w formie powierzchniowych, ale niezbyt głębokich rozmyć. Strefą pod tym względem uprzywilejowaną są miejsca przecięcia się fug z innymi krasowymi lub tylko tektonicznymi formami. Obserwuje się niejednokrotnie w tych właśnie miejscach nie-regularne w swym zarysie poszerzenia kanałów.

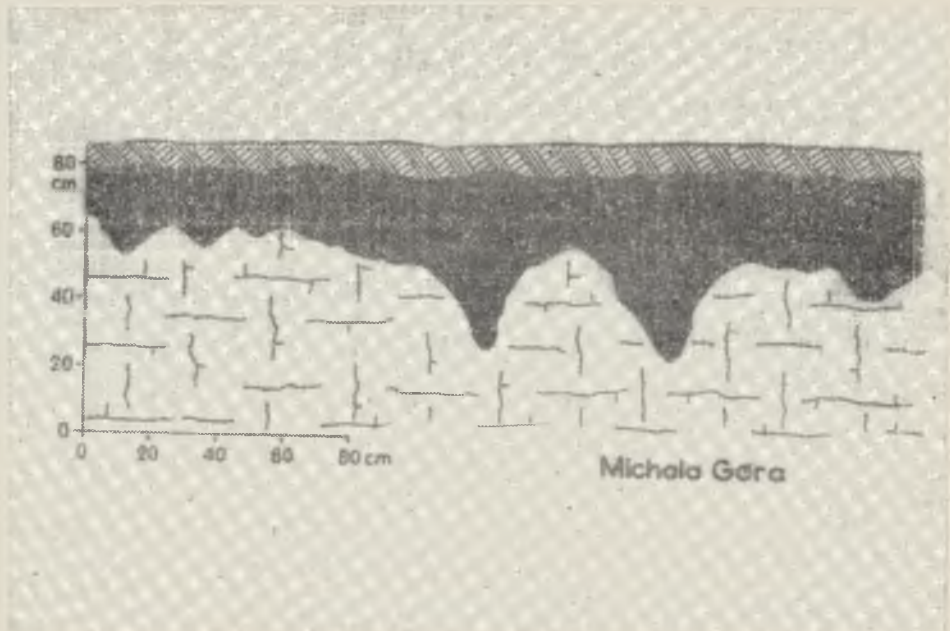
Jest rzeczą zmienną, że na badanym obszarze wszystkie trzy typy występują niejednokrotnie w jednym kompleksie skalnym i komunikują się ze sobą. Tworzą przestrzennie wspólny labirynt krasowy.

Wszystkie kanały, bez względu na ich genezę, są wypełnione materiałem ilasto-gliniastym.

Kieszenie krasowe

Kieszenie krasowe reprezentowane były przez formy stosunkowo nie-duże, ale za to bardzo liczne i występujące powszechnie na całym omawianym obszarze. W okresie badawczym zaobserwowano ich około stu pięćdziesięciu. Największa z nich posiadała 1,1 m głębokości. Przeciętnie były to formy o głębokości 0,3—0,8 m i średnicy 0,1—0,3 m. Kieszenie występowały w odsłonięciach zwykle grupowo, rzadziej jako formy pojedyncze. Strefą głównego ich rozprzestrzenienia były partie stropowe dewońskiego i jurajskiego podłoża.

Ich związek z tektoniką podłoża był — szczególnie w wapieniu dewońskim — silnie zaakcentowany. Często kieszenie krasowe założone były na kierunkach przebiegu szczelin ciosowych.

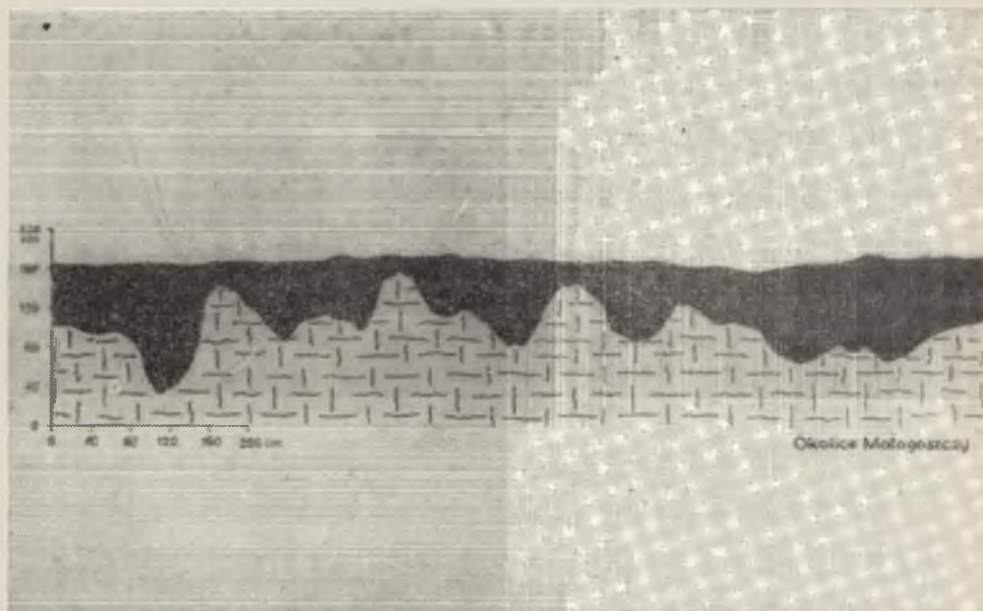


Ryc. 6. Relief krasowy stropowej części wapienia jurajskiego przykrytego residuum krasowym oraz cienką warstwą gleby
Karst relief of the top part of the Jurassic limestone overlain with karst residuum and a thin layer of soil

Kopalne kieszenie krasowe są na omawianym obszarze formą szczególnie interesującą. Na podstawie zebranych informacji należy stwierdzić, że ta forma właśnie jest głównym elementem morfologicznym w rzeźbie kopalnej powierzchni krasowej. Na ogół właśnie od częstotliwości występowania kieszeni na pewnej określonej przestrzeni kopalnej powierzchni zależy wyrazistość jej krasowego reliefu. Rozprzestrzenienie kieszeni krasowych jest powszechne na całym obszarze położonym między Nidą i Pilicą. Ilościowo jest to forma najbardziej pospolita wśród wszystkich zjawisk krasu kopalnego na tym obszarze.

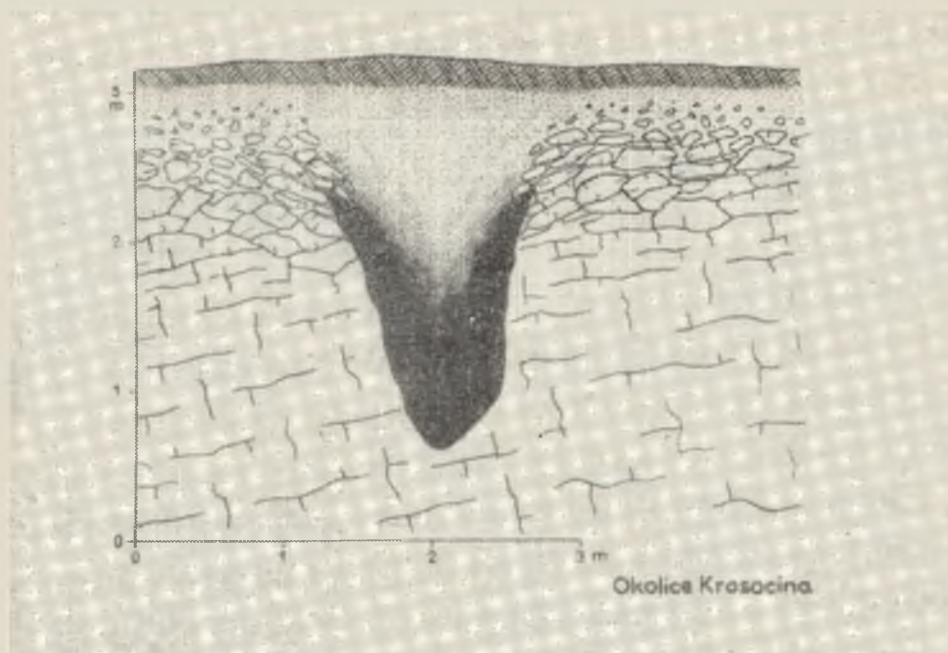
W typologii krasu kopalnego omawianego obszaru zajmuje ona pozycję specjalną. W szeregu bowiem przypadków występuje ona w takim wykształceniu morfologicznym, że trudno zdecydować, czy np. jest to już mała studnia krasowa, czy też jest to tylko bardziej poszerzony, wlotowy odcinek kanału krasowego.

Kieszenie krasowe są również na omawianym terenie formami wypełnionymi całkowicie materiałem luźnym. Są to jedyne spośród wszystkich innych form kopalnych, których materiał wypełniający nie jest we wszystkich znanych przypadkach jednorodny.



Ryc. 7. Silnie skrasowiała skalna powierzchnia kopalna wapienia jurajskiego z zalegającą nań masą residuum o charakterze ilastym
Rocky surface of the Jurassic limestone quarried for stone which underwent strong karst processes. The limestone is overlain with masses of clayey residuum

Ogólnie można stwierdzić, że kieszenie krasowe utworzone w wapieniu dewońskim i częściowo jurajskim (w części południowej badanego obszaru) są wypełnione materiałem ilastym o tej samej strukturze, co materiał wypełniający studnie i kanały. Materiał wypełniający kieszenie utworzone w wapieniu triasowym wskazuje na jego związek z utworami pstrego piaskowca. Kieszenie tego typu występują sporadycznie i jedynie na obszarze jednostki chęcińskiej.



Ryc. 8. Kieszeń krasowa wypełniona materiałem residualnym z włożonymi węł w górnej części piaskami fluwioglacjalnymi

Karst pocket filled with residual material, in the upper part of which fluvioglacial sands have been inserted

Natomiast kieszenie krasowe, utworzone w wapieniu jurajskim (w części południowo-zachodniej i zachodniej badanego obszaru) oraz w kredowym, wypełnione są materiałem ilasto-gliniastym wykazującym nieraz w części stropowej zanieczyszczenia piaszczyste. Jest to spowodowane zaleganiem wprost na podłożu wapiennym utworów pochodzących z okresu zlodowacenia krakowskiego, wśród których na badanym obszarze dominują bądź utwory piaszczyste, bądź posiadające w swym składzie znaczną zawartość piasku. Obserwowano nieliczne kieszenie krasowe, w których przekroju zaznacza się (w górnej strefie ilasto-gliniastego materiału wypełniają-

cego) reprodukowany w plejstocenijskich utworach zarys zmniejszonej kieszeni.

Jedynie właśnie w przypadku kieszeni krasowych można było na większym materiale prześledzić stosunek tych form do położonego nad nimi materiału. Poza nielicznymi wyjątkami, gdy sztuczne zaburzenia nie pozwalały na przeprowadzenie analizy, materiał ilasto-gliniasty wypełniający formy przechodził ciągle w warstwę o tym samym charakterze, okrywającą cały mikrorelief kopalnej powierzchni. Warstwa ta posiadała różną miąższość (od około 0,05 m do 0,2 m) i często w jego spągu (w materiale ilasto-gliniastym) tkwiły zwietrzałe okruchy wapienne.

Na podkreślenie zasługuje ponadto fakt, że na obszarze Pasm Małogoskiego i częściowo również Przedborskiego zaobserwowano formy kopalne, których charakter morfologiczny oraz powiązania ze zjawiskami peryglacjalnymi wskazuje na możliwość przyjęcia dlań kombinowanej genezy. Na spłaszczeniach wierzchowinowych tych pasm w sztucznych, płytkich odsłonięciach obserwowano ponad formami wklęsłymi, utworzonymi w wapiennym podłożu, niejako reprodukowanie tych form w materiale pylasto-piaszczystym, którego strop tworzyła cienka warstwa humusowa, spąg zaś — utwór ilasto-gliniasty, w niższych partiach zmieszany z coraz gęściej tkwiącym w nim autochtonicznym skalnym materiałem zwietrzelinowym.

Mikroformy krasowe

Na wyniesionych grzbietach pasm obszaru jednostki checińskiej, pozbawionych współcześnie roślinności naczyniowej oraz warstwy zwietrzelinowej, obserwowano rozległe skrasowiałe powierzchnie skalne. Były to powierzchnie lapiezowe z zespołem drobnych form krasowych. Tworzyły je przeobrażone krasowo szczeliny tektoniczne, rynienki, żłobki, miseczkowate zagłębienia i studzienki — jako formy wklęsłe oraz mostki skalne, wydłużone grzbieciki i nieregularne w zarysie, niewielkie, powierzchniowo płaskie, względnie lekko wypukłe fragmenty skalne rozdzielające poszczególne formy wklęsłe.

Przeobrażone krasowo szczeliny tektoniczne są formami o różnej wielkości. Rozszerzenie szczelin w obserwowanych przypadkach dochodziło maksymalnie do 20 cm. Drobne formy były częściej spotykane.

Rynienki są długie i głębokie, nieraz rozchodzące się promieniście, często łączące się ze sobą. Tworzą wtedy zawiły, częściowo podpowierzchniowy labirynt. Ściśle z nimi związanym elementem rzeźby są mostki skalne.

Żłobki tworzą się na powierzchniach o małym kącie nachylenia. Sieć ich jest na ogół bardzo nieregularna. Pocięta nimi powierzchnia daje wrażenie bezładnego nagromadzenia odrębnych fragmentów skalnych.

Miseczkowate zagłębienia są płytkie i mają nieregularne zarysy. Ich strefy brzeżne noszą ślady rozmycia. Często są one jak gdyby zwornikami zbiegających się doń drobnych, liniowych zagłębień o niejednolitym i trudnym do sprecyzowania charakterze. Są to zapewne rozmycia kra-
sowe, nie wykluczone, że predysponowane założeniami drobnej tektoniki.

Formy te rozdzielają skalne, drobne i nieregularne w zarysach płaszczyzny wypukłe, często wyraźnie powierzchniowo zwietrzałe.

Studzienki są również formami drobnymi, o zaokrąglonym zarysie. Ich średnica waha się od 10 do 30 cm, a głębokość dochodzi do ok. 40 cm. Krawędzie tych form są zaokrąglone, nieraz pokryte drobną siecią spękań.



Ryc. 9. Mikroformy powierzchni krasowej
Microrelief of the karst surface

Wszystkie wyżej wymienione mikroformy wykazują zależność od: nachylenia powierzchni, drobnej tektoniki i struktury chemiczno-petrograficznej wapiennego podłoża.

V — ROZMIESZCZENIE FORM I ICH REGIONALIZACJA

W omawianej części Gór Świętokrzyskich wyróżniono dwie mniejsze jednostki: chęcińską (część wschodnia) i małogoską (część zachodnia). Okolice tych dwu małych kieleckich miasteczek: Chęciny i Małogoszczy

są najbardziej reprezentatywne dla kopalnego krasu tego regionu. Poza wspólnymi cechami, które charakteryzują cały kras kopalny tej części Gór Świętokrzyskich, obie jednostki mają swoje indywidualne właściwości, wyraźnie odróżniające je od siebie i uzasadniające przeprowadzenie tego typu regionalnego rozróżnienia.



Obszar chęciński

W skład wydzielonej jednostki wchodzi obszar Gór Świętokrzyskich zawarty — ogólnie rzecz biorąc — między rzeką Łośną na zachodzie i linią kolejową Kielce—Kraków na wschodzie oraz rzeką Nidą na południu i linią kolejową Kielce—Częstochowa na północy. Teren ten jest ogromnie zróżnicowany geologicznie, morfologicznie zaś charakteryzuje się występowaniem ciągów pasm i odosobnionych wzgórz wyrastających z szerokich obniżeń. Występowanie zjawisk krasu kopalnego na obszarze chęcińskim i jego charakter stoi w ścisłym związku z obu tymi cechami. Formy kopalne związane są na tym terenie z rozprzestrzenieniem skał wapiennych dewonu i triasu, a także (w części południowo-zachodniej) jury.

Zasadnicze znaczenie dla krasu obszaru chęcińskiego posiadają wapień i dolomity dewońskie. Wszędzie tam, gdzie jest możliwość odsłonięcia głębi dewońskiego kompleksu skalnego, obserwuje się zjawiska krasu kopalnego rozwiniętego nie tylko powszechnie, ale i bogato.

Charakterystyczną cechą krasu kopalnego związanego z podłożem dewońskim, gdy rozpatruje się jego przestrzenne rozmieszczenie, jest występowanie największych obserwowanych na obszarze między Nidą a Pilicą form kopalnych i istnienie najlepiej wykształconych powierzchni lapiezowych, których co najmniej genetyczne założenia są ściśle związane z kopalnym krasem.

Obszar małogoski

W skład wydzielonej jednostki wchodzi dwa pasma: Małogoskie i Przedborskie wraz z leżącymi w ich najbliższym sąsiedztwie terenami wychodni skał wapiennych. Jest to obszar bogaty w występowanie form krasu kopalnego. Obfituje w nie szczególnie jego wschodnia część (Pasma Małogoskie i towarzyszące mu od północy, a leżące na jego przedpolu, wapienne wzgórza okolic Gnieździsk i Mieczyna), gdzie znaczna ilość rozległych, sztucznych odsłoneń wcinających się głęboko w jurajską i kredową skałę pozwala na szczegółowe poznanie nie tylko stropowej części wapiennego podłoża, ale i jego głębszych partii.

Zjawiska krasu kopalnego obserwowano na obszarze małogoskim bądź jako formy pojedyncze, bądź — i to w większości przypadków — jako zespoły form. Najliczniej występują one w części wschodniej obszaru małogoskiego. Głównymi miejscami występowania form kopalnych na terenie Pasma Małogoskiego są: okolice Małogoszczy, Cieśli, Gruszczyna, Krasocina.

Szczególnie najbliższe okolice Małogoszczy są bogate w formy kopalne. Występują tu one nie tylko w znacznej ilości, ale i reprezentują różne typy morfologiczne. W tej części obszaru małogoskiego obserwowano również najbardziej wyraziste i pełne kompleksy form kopalnych utworzonych w wapieniu jurajskim.

Wyraźne zmniejszenie się ilościowe występowania form krasowych na obszarze Pasma Przedborskiego jest spowodowane paroma czynnikami.

W Pasmie Przedborskim główny akcent litologiczny przesuwają się ze skał węglanowych na piaskowce. Ponadto pewna część utworów wapiennych reprezentowana jest przez wapienie krzemionkowe ilaste i margliste oraz margle, a więc utwory o wiele mniej podatne na krasowienie niż skaliste wapienie rafowe.

Mniej też korzystnie przedstawiają się na tym terenie stosunki tektoniczne. W porównaniu do Pasma Małogoskiego zwiększają się znacznie — szczególnie w utworach kredowych — upady warstw, osiągając wartości dochodzące do 55°. Jest to właściwość utrudniająca znacznie chemiczne oddziaływanie wody na skałę z uwagi na zbyt szybki jej powierzchniowy

s wpływ i podziemny przepływ. Ponadto Pasma Przedborskie charakteryzuje się o wiele bardziej skomplikowanymi niż Pasma Małogoskie stosunkami tektonicznymi. Potraskane gęsto przez podłużne i poprzeczne uskoki i poprzesuwane znacznie względem siebie bloki, posiadające jeszcze przy tym znaczne upady i wiele utworów o charakterze piaszczysto-ilastym, stwarzają dla rozwoju krasu w tym kompleksie skalnym sytuację przestrzenną niekorzystną. Na przykładzie Pasma Przedborskiego wydaje się słuszny ostatnio wypowiedziany przez R. Gradzińskiego (11) pogląd, że „strefy uskoków raczej nie sprzyjają rozwojowi większych kanałów krasowych”.

Obszar małogoski — w przeciwieństwie do chęcińskiego — posiada nieliczne miejsca, w których na powierzchnię wychodzi skrasowiałe podłoże wapienne. Nie pokryte roślinnością powierzchnie są dosyć znacznie skorodowane. Drobne żłobiny i rowki typowe dla wietrzejących powierzchni jurajskiego wapienia tworzą charakterystyczną siatkę mikroform, znaną z wielu innych miejsc na Wyżynie Małopolskiej. Poza szeregiem innych punktów najpełniej formy te obserwuje się w okolicach Mieczyna.

Charakterystyczną ponadto cechą odróżniającą obszar małogoski od chęcińskiego w rozmieszczeniu i charakterze zjawisk krasowych jest fakt występowania na tym terenie licznych form krasu kopalnego, których geneza i rozwój związane są z warunkami peryglacjalnymi. Formy tego rodzaju występują bardziej licznie w Pasmie Przedborskim. Ich rozmieszczenie ogranicza się do stref kulminacji pasm i ich stoków. Szczególnie dobre zazębianie się procesów krasowych i peryglacjalnych śledzić można w starym wykopie przeciwpancernym przebiegającym północno-wschodnimi stokami obu pasm na przestrzeni około 50 km oraz w okolicach Krasocina i Cieśli.

VI — WARUNKI ROZWOJU FORM KOPALNYCH

Dotychczasowe wyniki badań krasowych pozwalają stwierdzić, że krasowanie skał wapiennych uzależnione jest od wielu czynników, które współistniejąc w czasie i przestrzeni stwarzają skomplikowane warunki dla powstawania i rozwoju krasu. Są one ograniczone do danego regionu względnie niekiedy występują lokalnie.

W literaturze światowej znajdzie się dosyć zgodne poglądy na zasadnicze zespoły czynników biorących udział w procesach krasowych.

Można je ująć w 4 grupy:

- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1) litologiczne i petrograficzne cechy skały 2) warunki klimatyczne 3) sytuacja przestrzenna kompleksu wa- | } | — zgodnie z wyróżnieniem podanym przez R. Gradzińskiego piennego oraz |
|--|---|---|

4) czynnik biologiczny (B. S myk i M. Drzał).

Natomiast bardzo różne są nadal punkty zapatrywania na stopień i zakres wywołanych przez te czynniki skutków geomorfologicznych oraz ich wzajemnych oddziaływań, a w konsekwencji zatem na zagadnienie gradacji ich ważności. Problem ten jest nierozzerwalnie związany z rozwojem historycznym badań krasowych. On to bowiem był najczęściej właśnie istotnym wykładnikiem kierunku reprezentowanego przez poszczególnych badaczy względnie ich grupy.

Szkole europejskiej, która zapoczątkowała i położyła główne podwaliny pod światową problematykę krasową, a której głównymi przedstawicielami byli: J. Cvijić, (6, 7), A. Grund (12), F. Katzer (15), E. A. Martel, O. Lehman, L. Sawicki (36) i inni, w latach trzydziestych przeciwstawiła swe poglądy szkoła amerykańska wyrosła na koncepcjach geomorfologicznych W. M. Dawisa, związanych ściśle z założeniami strukturalnymi podłoża (A. C. Swinnerton, C. A. Malatt, J. H. Gardner, a później J. H. Bretz, W. E. Davies, W. R. Halliday, R. H. Jordan, R. O. Vernon, M. C. Schroeder, H. Klein, N. D. Hay, J. Vineyard i inni). Prace tych badaczy w dużym stopniu skupiają się na zjawiskach krasu podziemnego (11).

Ostatni dziesięć lat przynosi, szczególnie w Europie, koncentrację zainteresowań na problematyce krasu powierzchniowego (szeroka ekspansja na obszary krasowe położone w klimacie tropikalnym, subtropikalnym, a także zimnym: polarnym i wysokogórskim) i, co za tym idzie, wyraźną akcentację — przez długi okres czasu pomijanego lub bardzo słabo uwzględnianego — znaczenia warunków klimatycznych dla przebiegu procesów krasowych: H. Lehmann (23, 24), H. Wissmann (42), J. Corbel (5), G. Lassere (22), P. Birot (1), H. Louis, J. Büdel, G. Chabot, G. Warwick.

Spośród polskich badaczy, którzy podjęli ten temat, wymienić należy: S. Gilewską (10), R. Gradzińskiego (11), M. Klimaszewskiego (16 i 18), J. Policht.

Poza bezpośrednią rolę, jaką klimat niewątpliwie odgrywa w przebiegu, nasileniu i tempie procesów krasowych, warunki klimatyczne mają znaczenie w kształtowaniu się szaty roślinnej. Wpływ jej w mniejszym lub większym stopniu działający na przebieg procesów krasowienia był od dawna sygnalizowany w literaturze — G. Lassere, H. Lehmann, K. Krömmelbein, W. Lötschert (24), A. Malicki — przy czym podkreślano zawsze silnie moment działania mechanicznego, fizycznego, bardzo zaś nikle chemicznego — A. Bögli (2), A. Malicki (26).

Tab. 6. Występowanie niektórych grup fizjologicznych drobnoustrojów w materiale wypełniającym formy krasowe
 Occurrence of some physiologic groups of microorganisms in the material filling the karst forms

Pochodzenie prób Sampling place		Grupy fizjologiczne drobnoustrojów Physiologic groups of microorganisms							
		Amonifikatory Ammonifying	Nitrifikatory Nitrifying	Azotobakter Nitrobacter	Utleniające potężenia siarkowe Oxydizing sulphur compounds	Rozkładające — rozpuszczające Decomposing — dissolving		Promieniolowce Actinomyces	
						Ca ₃ (PO ₄) ₂	CaCO ₃		Glinokrzemiany Aluminium silicates
Tokarnia	A	+	○	○	+	○	○	+	
	B	+	+	○	+	○	○	+	
Mieczyn	A	+	○	○	+	○	○	○	
	B	+	○	○	+	○	○	○	
Głuchowiec	A	+	○	○	+	○	○	○	
	B	+	○	○	+	+	○	○	
	C	+	○	○	+	○	○	○	
Kadzielnia	A	+	○	○	+	○	○	+	
	B	+	○	○	+	○	○	+	
Dybkowa Góra	A	+	○	○	+	+	○	+	
	B	+	○	○	+	+	○	○	
	C	+	○	○	+	○	○	+	

+ — występowanie kolonii
occurrence of colonies

○ — brak występowania kolonii
colonies lacking

Tymczasem czynnik biochemiczny, na istnienie którego zwrócił uwagę J. Roglić, nie precyzując jednakże bliżej tego zagadnienia, i o którym ogólnikowo w skojarzeniu z „bakteriami” mówią inni autorzy — M. Klimaszewski (16), J. Kunsy (21), H. Lehmann (23), A. Malicki (26) — musi być brany pod uwagę w rozważaniach krasowych. Jego udział i rola w procesach przeobrażania wapiennego podłoża skalnego zostały ostatnio potwierdzone polskimi pracami — B. Smyk i M. Drzał (38). Na ich podstawie należy przyjąć, że niewidzialny świat mikroorganizmów (promieniowce, bakterie, grzyby) odgrywa w procesach korozji litej skały wapiennej znaczną rolę, która w szczególnych okolicznościach (wysokie temperatury i znaczna wilgotność) może mieć nawet dominujące znaczenie.

Badania nad krasem kopalnym obszaru położonego między Pilicą a Nidą pozwalają na dorzucenie danych odnośnie znaczenia niektórych czynników i ich roli w rozwoju form krasowych.

Zagadnienie to jednakże nie jest proste z uwagi na poligenetyczny i różnowiekowy charakter krasowych form kopalnych. Niewątpliwie w różnych okresach i w tworzeniu się odmiennych form, zmieniały się warunki, które doprowadziły do powstania tego typu rzeźby, ale zapewne zmianom tym podlegała nie tyle ich ogólna suma, ile dominanta jakiegoś pojedynczego czy też zespołowego elementu. Wydaje się, że tylko lokalnie mogło to mieć większe znaczenie w rozwoju form krasowych. O całym „profilu” rozwoju rzeźby krasowej decydował zespół warunków. I niewątpliwie właśnie w podobieństwie całego zespołu warunków szukać należy analogii rozwojowych, nie akcentując zbyt jednostronnie w wielkich czasowych przedziałach i na rozległych przestrzeniach jednego tylko czynnika.

Materiał dokumentacyjny z badanego obszaru pozwala na stwierdzenie, że w długim okresie czasu i na rozległej przestrzeni zmienność cech litologicznych i petrograficznych w obrębie wapiennego podłoża nie odgrywa dominującej roli w rozwoju rzeźby krasowej. Zasadniczą rolę odgrywa tu zawartość CaO oraz domieszka krzemionki (w tych przypadkach, gdy zawartość CaO w skale wapiennej jest zbyt duża). Krasowieniu sprzyja wysoka zawartość CaO oraz mała zawartość SiO₂. Wydaje się także, że nie wpływają hamująco (a nieraz nawet są korzystne) te cechy skały wapiennej, które są wynikiem procesów metamorficznych.

Kras kopalny między Pilicą a Nidą wskazuje na to, że we wszystkich okresach warunki klimatyczne odgrywały dużą bezpośrednią i pośrednią rolę. Przede wszystkim właśnie charakter i rozprzestrzenienie utworów, wypełniających formy i okrywających powierzchnię krasową, wskazują na bezpośrednie związki, jakie są między klimatem a procesami kraso-

wymi, a ściślej, jakie istnieją między typami klimatycznymi (określony zespół warunków klimatycznych) a nasileniem, intensywnością rozwoju rzeźby krasowej. Rzeźba krasowa obszaru położonego między Pilicą a Nidą tworzyła się w zmiennych warunkach klimatycznych. Wydaje się jednak, że okresy klimatów ciepłych były optymalne dla rozwoju krasu tego obszaru.

Sytuacja przestrzenna kompleksu wapiennego odgrywała na badanym obszarze znaczną rolę. Dobrze rozwinięte kopalne formy krasowe zawsze związane były z dużymi kompleksami wapiennego podłoża, którego miąższość była znaczna, a kontakty powierzchni wapiennej z warunkami subarealnymi rozległe.

Strefy charakteryzujące się silnym strzaskaniem podłoża wapiennego (co powodowało zbyt szybką ucieczkę wód w głąb podłoża) nie były korzystne dla rozwoju w tych rejonach form krasowych. Nie znaczy to jednak, że nie odgrywały znacznej roli pośredniej przez fakt wnikania dużej ilości wody w wapienne podłoże.

Natomiast najkorzystniejsze pod tym względem warunki dla krasowienia przedstawiały skały uławiczone lub słabo uławiczone. Szczególnie pozytywnym faktem była duża miąższość ławic oraz ich nachylenie nie przekraczające $40-50^\circ$. Intensywność korozyjnej działalności wody była wtedy znaczna.

Poza zespołem warunków fizyczno-chemicznych wzięć należy pod uwagę i element biologiczny. Rola roślin naczyniowych i niższych grup zwierząt w przeobrażeniu wapiennego podłoża na omawianym obszarze nie jest znana. Można jedynie mówić o znaczeniu drobnoustrojów w procesach krasowych.

Zagadnienie to odnośnie omawianego obszaru nie może być w obecnym stadium badań nie tylko wyczerpane, ale nawet dokładniej przedstawione. Niemniej można już stwierdzić, że czynnik biologiczny współdziałał w całym zespole, stwarzając dodatkowe, pozytywne warunki biochemiczne dla rozwoju rzeźby krasowej. Odnosi się to przede wszystkim do tej fazy rozwoju krasu, w której zaczęła narastać ilość substancji ilastej, residualnej jako korzystnego środowiska dla bytowania i rozwoju drobnoustrojów. Wydaje się, że ich rola zaczęła wzrastać (a przynajmniej zwiększać się w stosunku do innych czynników) właśnie wtedy, gdy zmniejszało się działanie innych elementów i że mikroflora była tym czynnikiem, który działał stosunkowo intensywnie od wewnątrz, tj. w krasowiejącym podłożu.

LITERATURA

1. Birot P.: Problèmes de morphologie karstique. Ann. de Geogr. LXIV, Ann. No. 337, Paris 1955.
2. Bögli A.: Der Chemismus der Lösungsprozesse und der Einfluss der Gesteinbeschaffenheit auf die Entwicklung des Karstes. Report of the Commission on Karst Phenomena IGU, New York 1956.
3. Bögli A.: Kalklösung und Karrenbildung. Zeitschrift für Geomorphologie, Neue Folge, Supplementband 2, Berlin 1960.
4. Bögli A.: Probleme der Karrenbildung. Geographica Helvetica, vol. VI, Bern 1951.
5. Corbel J.: Les Karts du Nord-Ouest de l'Europe et de quelques regions de comparaison. Publ. Hors Serie de la Revue de Geographie de Lyon, Lyon 1957.
6. Cvijić J.: Hydrographie souterraine et évolution morphologique du Karst. Rev. Trim. Inst. Geogr. alpine v.ol. VI, 1918.
7. Cvijić J.: Das Karstphänomena. Geogr. Abhandl., vol. III, 1898.
8. Drzał M.: Kras w kredzie w Mielniku nad Bugiem (Karst in the Cretaceous of Mielnik on the Bug River). Biul. IG „Z badań czwartorzędu w Polsce”, t. X, Warszawa 1961.
9. Gapanow J. A.: Sledy kastrovych javlenij v pontskich izvestniakach jużnoj Ukrainy. Trudy Odesskogo Univ., Kijiv 1954.
10. Gilewska S.: Przyczynek do poznania rozwoju krasu w środkowo-triasowym dolomicie kruszczośnym na Górnym Śląsku (Contribution to the Recognition of Karst Development in Middle Triassic Metalliferous Dolomite of Upper Silesia). Przegląd Geogr., t. XXXII, z 1—2, Warszawa 1960.
11. Gradziński R.: Rozwój podziemnych form krasowych w południowej części Wyżyny Krakowskiej (Origin and Development of Subterranean Karst in the Southern Part of the Cracow Upland). Rocznik PTG, t. XXXII, Kraków 1962.
12. Grund A.: Die Karsthydrographie. Geogr. Abhandl. herausgegeben von A. Penck, vol. VII, z. 3, 1903.
13. Hornig A.: Z zagadnień krasu w górnośląskim triasie (Les problèmes du karst dans le trias de la Haute Silésie). Czas. Geogr., t. XXVII, z. 4, Wrocław 1956.
14. Kamiński M.: Skały budowlane w Polsce. Biul. PiG, nr 57, Warszawa 1949.
15. Katzer F.: Karst und Karsthydrographie. Sarajewo 1909.
16. Klimaszewski M.: Nowe poglądy na rozwój rzeźby krasowej (Modern Views on the Development of the Karstic Relief). Przegląd Geogr., t. XXX, z. 3, Warszawa 1958.
17. Klimaszewski M.: Podział morfologiczny południowej Polski. Czas. Geogr., t. XVII, Wrocław 1939/46.
18. Klimaszewski M.: Rozwój geomorfologiczny terytorium Polski w okresie przedczwartorzędowym (The Geomorphological Development of Poland's Territory in the Pre-Quaternary Period). Przegląd Geogr., t. XXX, z. 1, Warszawa 1958.
19. Korčujev S. S., Nikolajev S. S.: Typy mierzlotnego karsta i niekatoryie osobiennosti jego projavlenija. Izv. Ak. Nauk SSSR, ser. Geogr., Nr 6, Moskwa 1957.
20. Kowalski K.: Jaskinie Polski. Państw. Muz. Arch., Warszawa 1951.
21. Kunský J.: Zjawiska krasowe. Warszawa 1956.

22. Lassere G.: Notes sur le Karst de la Guadeloupe. Erdkunde, vol. III, Bonn 1954.
 23. Lehmann H.: Karstenentwicklung in den Tropen. Die Umschau in Wiss. und Technik, Frankfurt am Mein 1953.
 24. Lehmann H., Krömmelbein K., Löstehert W.: Karstmorphologische, geologische und botanische Studien in den Serra de los Organos auf Kuba. Erdkunde, vol. X, Bonn 1956.
 25. Lehmann O.: Hydrographie des Karstes. Enzyklopädie der Erdkunde, Leipzig 1932.
 26. Malicki A.: Kilka przyczynków do poznania warunków i procesów tworzenia się wertebów w Krasiu Dynarskim (Contributions to the knowledge of conditions and processes concerning the development of dolines in the dinaric karst). Czasopismo Geogr., t. XX, Wrocław 1949.
 27. Malicki A.: Rozwój i stan badań nad terenami krasowymi (Die Entwicklung und jetziger Stand der Forschungen über Karstgebiete). Czas. Geogr., t. XV, Lwów 1937.
 28. Marcelin P.: Phénomènes du vent et du froid au Quaternaire supérieur dans la région nimoise. Bull. de la Soc. Langued. d. Geogr., vol. XXI, 1950.
 29. Mycielska E.: Formy krasowe na północ od Osieka Sandomierskiego (Karstic Forms north of Osiek Sandomierski). Przegl. Geogr., t. XXXII, z. 4, Warszawa 1960.
 30. Nicod J.: Les lapiez en Bonne Provance. Revue de Géographie Alpine, vol. XLII, Grenoble 1954.
 31. Olive P.: À propos des lapiez. Science et Nature, Paris 1959.
 32. Parmuzin J. P.: Landšaftoobrazujuščee značenie karsta Sibiri. Uč. zapiski Mosk. Un., nr 170, Moskwa 1954.
 33. Roglič J.: Korrosiwe Ebenen im Dinarischen Karst. Erdkunde, vol. VIII, Bonn 1954.
 34. Roglič J.: Quelques problèmes fondamentaux du karst. Information Géogr., nr 1, 1957.
 35. Różycki S. Z.: Jura i górna kreda oraz zjawiska krasowe w płn. części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Przewodnik XXXIII Zjazdu PTG, Kraków 1960.
 36. Sawicki L.: Szkic krasu słowackiego z poglądem na cykl geograficzny w krasie w ogóle (Skizze des slowakischen Karstes und den geographischen Zyklus im Karst überhaupt). Kosmos, t. XXXIII, Lwów 1908.
 37. Sapper K.: Geomorphologie der feuchten Tropen. Leipzig 1935.
 38. Smyk B., Drzał M.: Badania nad występowaniem i rolą mikroflory na krasowych terenach wapiennych Polski południowej. Cz. I, Acta Agraria et Silvestria PAN, seria rolnicza, vol. II, Kraków 1962.
 39. Ščerbakova A. V.: Drevnyj karst v dokembryjskich porodach Ukrainского Massiva. Rozvedka i Ochrona Nedr, Moskwa 1954.
 40. Turnau-Morawska M.: Petrografia skał osadowych, Warszawa 1954.
 41. Tyczyńska M.: Klimat Polski w okresie trzeciorzędowym i czwartorzędowym (Climat de Pologne au tertiaire et au quaternaire). Czasopismo Geogr., t. XXVIII, z. 2, Wrocław 1957.
 42. Wissmann H.: Der Karst der humiden, heissen und sommerheissen Gebiete Ostasiens. Erdkunde, vol. VIII, Bonn 1956.
-

РЕЗЮМЕ

В годы 1960—1962 были проведены карстовые исследования в районе западной и южной части Свентокшиских гор, расположенном между рекой Пилица на западе и рекой Нида на востоке (поверхность около 1000 км²).

Цель настоящей работы — это представление размещения и характеристики явлений ископаемого карста, а также классификации ископаемых форм в связи с генезисом и возрастом.

Проведенные исследования показали, что в формировании рельефа Свентокшиских гор принимали участие и карстовые процессы. Эта их роль до сих пор в достаточной мере не оценивалась. В некоторых геологических периодах они сыграли в южной и западной частях геоморфологическую роль. Сверх того установлено, что обширные пространства и обильное в количественном отношении наличие карстовых форм позволяет считать территорию Свентокшиских гор наибольшим, до сих пор в Польше известным, плотным районом существования ископаемого карста.

Явления ископаемого карста развиты в известняковых породах девона (живет, фран, фамен), триаса (раковинный известняк), юры (оксфорд, раурак, асарт, кимеридж), а также мела (верхняя эпоха). Эти известняковые горные породы характеризуются:

- 1) значительной литологической изменчивостью в пределах скальных пород, представляющих данный геологический период,
- 2) значительным литологическим расслоением в пределах скальных комплексов,
- 3) наличием многочисленных известняков с таким фаціальным сформированием и с такими вторичными преобразованиями, которые обуславливают огромную их сопротивляемость к механическим разрушающим факторам,
- 4) большой пространственной изменчивостью тектонических условий; весьма изменчивые, как в отношении величины наклонов, так и в направлениях их хода, падения слоев прежде всего материнской породы, входящей в состав палеозойского ядра,
5. отчетливо выраженными в литологии и тектонике различиями между известняковыми материнскими породами палеозойского ядра и мезозойской ширмой (ограждением).

В химическом отношении (49 анализов) характерным и главным признаком известняковых горных пород является их необыкновенная чувствительность к воде, содержащей CO₂. Процент содержания СаО в известняках различен и непостоянен, но всегда значителен и колеблется от 48,57% до 56,25%. Сверх того типичным

и важным признаком для хода процессов карстования пород является малый процент SiO_2 , обратно пропорциональных к содержанию CaO . Подробные химические данные представлены на приведенных таблицах (Табл. № 1).

Первый раз были проведены такие исследования над участием микробиологических факторов по карстовому преобразованию скальных пород. Установлено на однородном известняке наличие многочисленных микроорганизмов, относящихся к 9 видам бактерий и 35 видам грибов. Их биохимическая деятельность различная и весьма сложная, активность огромная. Она проявляется в особенности теми физиологическими группами микроорганизмов, которые сильно действуют растворяя фосфорокислый и углекислый кальций, а также кремнекислый алюминий. Подробные результаты микробиологических исследований представлены на приведенных таблицах (Табл. № 7).

Все формы ископаемого карста выполняются материалом сжатым, пластичным, в преобладающем большинстве наблюдаемых случаев однородным, с характером ило-глинистого вещества, с непостоянным содержанием гидроокисей железа и в общем со значительной степенью увлажнения.

Термографические анализы (27 наблюдательных постов) позволили определить этот материал как иллит, а в немногочисленных случаях — монтмориллонит. В качестве примеси выступают карбонаты, сидерит и кварц, а спорадически гидрослюда, гетит и лимонит (приведены графики).

Петрографические анализы (20 наблюдательных проб) показали, что доминирующей составной частью этого материала является коллоидный ил. Количество расплавленных частей находилось в пределах 49—78%. Кислотность колебалась в пределах 6,3—6,7. Химические анализы (27 наблюдательных пунктов) подтвердили и дополнили некоторым образом данные, полученные с термографических анализов. Подробные результаты иллюстрируют приведенные таблицы (Табл. № 4).

Были проведены также микробиологические исследования материала выполняющего формы. Выделено ряд физиологических групп микроорганизмов, как: амонификаторы, нитрификаторы, микроорганизмы окисляющие серные соединения, микроорганизмы раскладывающие — растворяющие $\text{Ca}_3(\text{PO})_4$, алюмосиликаты, а также *Radiolaria* (Табл. № 13). Установлено т. наз. биохимическую активность.

Ископаемый карст представлен на обсуждаемой территории комплексом форм, как: колодцы, каналы и карстово видоизмененные

тектонические трещины, а также междуслоистые щели, карманы и микроформы. Эти все формы (за исключением лишь микроформ) выполняются материалом, связанным непосредственно или косвенно с химическим преобразованием известняковых пород в карстовых процессах.

Карстовые колодцы (24 колодцев) представляют собой крупные вогнутые формы с нерегулярной конфигурацией. Их глубина колебалась от 1,0 до 20,0 м диаметр от 0,5 до 5,0 м. Они выполнены ило-глинистым материалом. По внутренним стенам наблюдаются четкие малые формы, образовавшиеся в результате размыва известняковой поверхности.

Каналы и карстово преобразованные тектонические трещины и междуслоистые щели являются формами, нередко переходящими друг в друга и не всегда дающими возможность точно классифицировать. Каналы, неоднократно связанные с колодцами, проникают литую скалу разными направлениями на обширных пространствах. Их величина весьма различна, но они все выполнены ило-глинистым материалом. Каналы можно подразделить на: 1) необусловленные тектонически (в общем крупные формы), 2) предрасположенные тектоническими трещинами (многочисленные формы, с длиной достигающей до 10—12 м и диаметром, колеблющимся в пределах от 0,02 м до 0,15 м), 3) связанные с наличием междуслоистых щелей (преобладание направления характера горизонтального и с более крупными диаметрами, достигающими до 0,3 м).

Карстовые карманы — это небольшие формы, но выступающие повсеместно в сводчатых частях девонских и юрских пород (около 150 карманов). Они выступают обыкновенно группами. Их средние величины: глубина 0,3—0,8 м, диаметр 0,1—0,3 м. Карстовые карманы представляют собой на обсуждаемой территории особенно интересные формы. Они являются главным его морфологическим элементом в ископаемом рельефе карстовой поверхности. От многократности наличия этой формы на некотором определенном пространстве ископаемой поверхности зависит выразительность ее карстового рельефа. В самом деле все формы этого типа тоже выполнены материалом, но лишь только в случае карстовых карманов этот материал не отличается однородностью. Изучение взаимоотношения этих форм с материалом, над ними расположенным, дает возможность — и то лишь только в случаях карстовых карманов — подтвердить, что ило-глинистый материал, выполняющий эти формы, переходит постоянно в слой такого же самого характера но разной мощности (от 0,05—0,2 м), покрывающий весь микрорельеф ископаемой поверхности.

Установлено также возможность принятия для части этого типа форм комбинированного генезиса: карстово-перигляциального.

Карстовые микроформы, имеющие характер карровых поверхностей с хорошо сформированными комплексами мелких форм, занимают обширные территории. Они обнаруживают заметную зависимость от наклона поверхности, микротектоники и химически — петрографической структуры известняковых скальных пород.

Исследования над ископаемым карстом территории расположенной между Пилицой и Нидой позволяют обогатить данные касающиеся значения некоторых факторов и их роли в развитии карстового рельефа.

Эти исследования показывают, что в продолжительном периоде времени и в обширном пространстве изменчивость литологических и петрографических признаков в сфере известняковых пород не сыграла доминирующей роли в развитии карстового рельефа. Главное значение здесь имел химизм известняков и прежде всего количество CaO и отношение его к SiO_2 . Карстованию известняковой породы способствует высокое содержание CaO и небольшое SiO_2 . Кажется, что не влияют (в общем) тормозящим образом на процесс карстования те черты известняковых пород, которые являются следствием метаморфических процессов.

Ископаемый карст западной и южной части Свентокшиских гор ясно указывает на то, что во всех периодах карстования горных пород климатические условия играли огромную непосредственную и косвенную роль. Прежде всего именно характер и распространение геологических образований, покрывающих закарстованную поверхность и заполняющих все их формы, указывают на тесные связи, существующие между определенным комплексом климатических условий и направлением и интенсивностью развития рельефа этого типа. Хотя карстовый рельеф территории, расположенной между Пилицой и Нидой, формировался в изменчивых климатических условиях, однако следует принять, что самые подходящие для его развития были периоды теплых климатов.

Тектонические условия характерным образом отразились на процессах карстования. Зоны, характеризующиеся сильным раздроблением известняковых горных пород, не способствовали развитию в этих районах карстовых форм, что совсем не обозначает, что в целом процессе составляли негативный аспект. Они играли значительную роль в проникновении большого количества воды во внутрь скалистого комплекса. Самые выгодные условия установлено в уложенных слоями скальных породах и в особенности, когда мощность слоев была значительной, а наклон не превышал $40-50^\circ$.

Пространственная ситуация известнякового комплекса на исследуемой территории весьма благоприятна для развития карстового рельефа. Залегание карбонатных отложений на обширных пространствах, их большая толща, а также широкие и продолжительные контакты известняковой поверхности с субэральными условиями сыграли значительную роль в образовании карстового рельефа западной и южной части Свентокшиских гор.

Сверх того, впервые проведенные микробиологические исследования показали, что кроме комплекса физико-химических условий в карстовых процессах, следует считаться тоже в биологическим фактором т.е. с деятельностью микроорганизмов. Этот фактор создает добавочные, положительные биохимические условия для развития известнякового рельефа. Особенно в более позднем этапе развития карста, когда начало возрастать количество резидуальной коры выветривания — хорошей среды для существования микроорганизмов, их биохимической деятельности, протекающей в некоторой степени во внутрь карстующих пород, следовало считаться со всей совокупностью условий, преобразующих известняковые отложения.

Подробный геоморфологический анализ дал возможность еще выделить на исследуемой части территории Свентокшиских гор две меньшие единицы: хенцинскую (восточная часть) и малогощскую (западная часть). Они обладают особыми отличительными индивидуальными особенностями относительно характера ископаемого карстового рельефа.

Хенцинский район (т.е. район расположенный между рекой Лосьна с запада, железнодорожной линией Кельце — Краков с востока, рекой Нидой с юга и железнодорожной линией Кельце — Ченстохова с севера) отличается большой дифференциацией геологического строения и типичной геоморфологической системой. В тесной связи с этими чертами находится выступание и характер явлений в этом районе. Ископаемый карст развит повсеместно и в изобилии. Ископаемые формы связаны здесь прежде всего с породами девона (известняки и доломиты), а также юры (известняки). Здесь существуют самые крупные из встречающихся на всей исследуемой территории ископаемые карстовые формы и лучше всего сформированные карровые поверхности.

Малогощский район (Малогощские и Предборские горные цепи и самые близкие участки выхода известняковых пород) характеризуется обильно выступающими ископаемыми формами образованными в юрских и меловых известняках. В особенности изобилует ими восточная часть (т.е. Малогощская цепь), где наблюдаются зна-

чительные в количественном отношении и разнородные типы форм ископаемого карста. Это более всего характерная часть исследуемого района, иллюстрирующая ископаемый рельеф, образованный в юрском известняке. Остальные участки Малогощского района гораздо беднее карстовыми ископаемыми формами. Причина этого явления состоит прежде всего в перемещении литологической черты с карбонатных пород на песчаниковые, в менее благоприятных тектонических соотношениях (значительные наклоны слоев, сложная пространственная ситуация материнской породы). Кроме того малогощский район характеризуется наличием специфических форм ископаемого карста, генезис и развитие которых следует связывать с перигляциальными условиями средне-польской и балтийской ледниковых эпох.

Вся исследуемая автором территория обладала в течение своей долгой истории благоприятными условиями для развития карстовых явлений. Эти условия прежде всего представляли: повсеместное наличие известняковых пород с большим содержанием CaO , большую их мощность, значительную трещиноватость, дающую возможность подземной циркуляции вод и весьма длительно (непрерывно от мелового периода вплоть до современности) продолжающийся материковый период.

Ископаемый карст южной и западной части принадлежит к разным геологическим периодам и во многих случаях является полигенным. В его развитии следует выделить три главные рельефообразующие фазы, с которыми связаны: нарастание интенсивности хода карстовых процессов и генезис карстовых форм на обсуждаемой территории.

Первая фаза совпадает с периодом верхней эпохи пермского периода (цехштейн) и нижним триасом. Этот продолжительный континентальный период с благоприятными климатическими условиями и с выгодным орографическим положением оставил в хенцинском районе вполне образованный известняковый карстовый рельеф, погруженный под массой резидуальных образований с вторично возникающими процессами рекристаллизации, кальцинизации, минерализации.

Второй фазой чрезвычайно важной для развития ископаемого карстового рельефа был третичный период. По почти совершенной денудации мелового покрова обнаженная известняковая юрская материнская порода в Свентокшиских горах подверглась очень сильным карстовым преобразованиям. Образовался резкий карстовый рельеф, доведенный позже (палеоген) — вследствие прежде всего климатических перемен, интенсивного развития растительности и ми-

кроорганизмов — к стадии зрелости согласно с общей геоморфологической эволюцией целых Свентокшиских гор. Уменьшение относительных высот, выравнивание и замазывание остроты форм рельефа, погружение его в большой массе резидуальной коры выветривания, закупорение карстовых каналов и остановление подземного дренажа были эффектом очень сильно действующих химических процессов, которые в этот период времени играли доминирующую роль. Им подвергались не только юрские известняки, но и более древние породы (прежде всего девонские), которые во многих местах вследствие благоприятных орографических условий залегали на суб-аэральной поверхности или в близком ее соседстве.

Плейстоцен составлял третью важную фазу для развития карстового рельефа Свентокшиских гор. Часть форм ископаемого карста указывает ясно на содействие процессов перигляциального выветривания и карстовых. Особенно выгодные условия имели место в западной части исследуемой территории, которая находилась в периоде средне-польского оледенения в непосредственном соседстве ледниковых масс. Нижней границей плейстоценовой карстовой деятельности следует считать ээмский интергляциал. Эти процессы, хотя с меняющимся напряжением, продолжались все время существования перигляциальных условий т.е. до времени отепления климата в постгляциале.

Выпрепарирование древних форм на исследуемой территории является сегодня минимальным и ограничивается лишь до спорадических случаев. Следовательно, рельеф на территории, расположенной между рекой Пилицей и рекой Нидой, принимает в настоящее время, как целость, характер ископаемого карста.

SUMMARY

In the years 1960—1962 the author carried out investigations on karst phenomena occurring in the western and southern part of the Św. Krzyż Mtns. (Góry Świętokrzyskie), i. e., in an area of about 1,000 square kilometers, bordered by the rivers Pilica to the west and Nida to the east.

The aim of the work was to present the distribution and to characterize the fossil karst phenomena as well as to classify the fossil forms in connection with their origin and age.

It results from these investigations that the relief of the Św. Krzyż Mtns. was also formed by karst processes, the role of which has not hitherto been taken into proper consideration. They played an important morphological role during several geological periods. The Św. Krzyż Mtns. are known to be the largest single region of fossil karst forms.

The fossil karst phenomena have developed in the calcareous formations of the Devonian (Givetian, Frasnian, Famennian) Triassic (Muschelkalk), Jurassic (Oxfordian, Rauracian, Astartian, Kimmeridgian), and Cretaceous (upper series). This calcareous substratum is distinguished by:

- 1) a considerable lithological variability of the rocks representing particular geological periods,
- 2) a considerable lithological differentiation of the rock complexes,
- 3) the occurrence of numerous calcareous rocks showing a facial development and secondary transformations which account for their considerable resistance to mechanical destructive factors,
- 4) a considerable areal differentiation of the tectonic conditions: the dips of beds, highly varied both with respect to their inclination and direction, above all in the area of the substratum of the Paleozoic core,
- 5) the differences between the calcareous substratum of the Paleozoic core and the Mesozoic mantle, which are pronouncedly marked in the lithology and tectonics.

From the point of view of chemistry (49 analyses) the calcareous substratum is characterized first and foremost by a high susceptibility to water containing CO_2 . CaO is contained in calcareous rocks in a different and varying, but always considerable, degree amounting to 48.57—56.25% of CaO . Moreover, the small percentage of SiO_2 , which is reversely proportional to the content of CaO , is another character typical of, and important for, the development of karst processes. Detailed chemical data are submitted in the tables enclosed.

It is for the first time that investigations have been carried out on the role of the microbiological factor in the karst transformation of the substratum. On a solid calcareous rock, the author has detected the occurrence of a rich world of microorganisms represented by 9 species of bacteria and 35 species of fungi. Their activity is considerable and the biochemical effect highly varied and complicated. The physiological groups of the microorganisms, which decompose-dissolve calcium phosphate and carbonate as well as alumino-silicates, are especially active.

All forms of the fossil karst are filled with a compact and plastic material which in most cases observed is also homogeneous and shows the character of a clayey substance, with a varying content of iron hydroxides and a considerable humidity.

The thermographic analyses (27 localities) enabled the author to identify this material as illite and, in a few cases, as montmorillonite. Carbonates, siderite and quartz occur in admixture, while hydro-muscovite, geothite and limonite are sporadically encountered (cf. diagrams enclosed).

The petrographic analyses (20 localities) have shown that the colloidal clay forms the dominating part of this material. The number of floatable particles varied from 49 to 78%. The acidity oscillated between 6.3 to 6.7. Chemical analyses (27 localities) corroborated and accomplished the results obtained by thermographic analyses.

Microbiological investigations on the material which fills up the forms have also been carried out. A number of physiological groups of microorganisms have been distinguished, e. g. ammonificators, nitrificators, microorganisms oxidising sulphur compounds, microorganisms which decompose-dissolve $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, alumino-silicates, and streptomycetes. A considerable biochemical activity has been established in them.

The fossil karst forms are represented in the area discussed by wells, channels, and karstically transformed tectonic fissures, beddings, "karst pockets", and microforms. All of them, except the microforms, are filled with the material which, directly or indirectly, is connected with the chemical transformation of the calcareous substratum in karst processes.

Karst wells (24 forms) are large concave forms irregular in shape. Their depth varies from 1.0 m to 20.0 m and their diameter from 0.5 m to 5 m. They are filled with clayey material. On their inner walls distinct small forms are observed. They have originated in consequence of the surface-wash of limestones.

The karstically transformed channels, tectonic fissures and beddings are forms which sometimes pass one into another and are not always easily classified. The channels which sometimes are connected with the wells penetrate the solid rock in many directions and over extensive areas. They differ in size but all of them are filled with clayey material. The channels are either not conditioned tectonically (mostly large forms), or predisposed by tectonic fissures (numerous forms 10—12 m long, their diameter varying from 0.02 to 0.15 m), or connected with the occurrence of beddings (mostly running horizontally, their diameter amounting to 0.3 m.).

The "karst pockets" are rather small forms common in the top parts of the Devonian and Jurassic substratum (about 150 forms). They usually occur in groups. Their average values are as follows: depth 0.3—0.8 m. These forms are of special interest with regard to the territory discussed because they represent the main morphological element in the configuration of the fossil karst surface. It is on the frequency of occurrence of this very form over the area of a given fossil surface that the sharpness of its karst relief depends. Although all forms of this type are also filled with material, the latter is not homogenous in the case of the "karst pockets". The study of the relation of these forms to the material overlying them enables us to establish — solely in the case of "karst

pocket" occurrences — that the clayey material which fills the forms passes continuously into a layer of the same character but of a different thickness (from 0.05 m to 0.2 m); this layer covers the whole micro-relief of the fossil surface.

It has also been established that a combined karst-periglacial origin may be accepted for some forms of this type.

The karst microforms of the character of lapies surfaces with well developed complexes of small forms are distributed over extensive territories. They evidently depend on the inclination of the surface, micro-tectonics and chemo-petrographic structure of the calcareous substratum.

The fossil karst forms of the western and southern part of the Św. Krzyż Mtns. indicate quite distinctly that climatic conditions played a considerable direct and indirect role in all periods of the karst development. Above all, the character and distribution of the formations covering the karst surface and filling all of its forms point to connections existing between a given complex of climatic conditions and the direction and intensity of the development of the relief of that type. It is true that the karst configuration of the territory situated between the rivers Pilica and Nida was formed under changing climatic conditions, but the periods of warm climates should be accepted to form the optimum of its development.

The tectonic conditions affected the karst processes in a characteristic way. The zones distinguished by a strong jointing of the calcareous substratum did not favour the development of karst forms in these regions. However, this does not mean they have a negative aspect in the whole process. They played an important part in the penetration of a large amount of water in the interior of the rocky complex. The most favourable conditions have been established in stratified rocks, especially at a considerable thickness of the layers, the dip not exceeding 40—50°.

Moreover, the microbiological investigations carried out for the first time showed that the biological element represented by the microorganisms should also be taken into account besides the complex of the physico-chemical conditions. It is this element which offers additional positive biochemical conditions for the development of the karst relief. At a later stage of the formation of the karst phenomena, when the amount of the residual weathered material grew and formed a favourable environment for the existence of microorganisms whose biochemical activity passed into the interior of the substratum, these biochemical conditions were of great importance in the whole complex of the factors which transformed the calcareous rock.

A detailed geomorphological analysis enabled the distinction of two smaller units of the area investigated, i. e., those of Chęciny (eastern part)

and Małogoszcz (western part). Both show individual distinct peculiarities as regards the character of their fossil karst relief.

The Chęciny part is distinguished by a highly varied geological structure and a typical morphological configuration. These peculiarities are closely connected with the occurrence and character of the phenomena in that territory. The fossil karst is common and richly developed. The fossil forms are connected here, above all, with the Devonian (limestones and dolomites) and Jurassic (limestones) rocks. The largest fossil karst forms among all those observed in the whole area investigated occur here, as well as the best developed lapies forms.

The Małogoszcz part (the ranges of Małogoszcz and Przedbórz and the closest neighbouring territories in which limestone rocks crop out) is characterized by the numerous fossil forms found in Jurassic and Cretaceous limestones. They are especially abundant in the eastern part (i. e., the Małogoszcz range) in which various types of fossil karst forms are to be found in great quantities. This section of the area investigated is most typical as it represents fossil relief formed in the Jurassic limestone. The other territories of the Małogoszcz part are poorer in fossil karst forms. This phenomenon results from the lithological accent being shifted from carbonate to sandstone rocks and less favourable tectonic conditions (a considerable dip of the strata and a complicated areal situation of the substratum). Moreover, the Małogoszcz part is characterized by the occurrence of special forms of the fossil karst, the origin and development of which should be referred to the periglacial conditions of the Central Polish and Baltic glacial period.

The fossil karst of the southern and western parts is of various age and polygenic in many cases. Three main periods should be distinguished in the formation of the relief. They are connected with the intensification of the karst processes and the origin of karst forms in that area. The first period dates back to the upper Permian (Zechstein) and lower Triassic. This long land period with favourable climatic conditions and a suitable geographic situation has left in the Chęciny part a mature calcareous karst relief covered by a mass of residual formations with secondary processes of recrystallization, calcination and mineralization.

The Tertiary was another period of great importance for the development of the fossil karst relief. After an almost complete denudation of the Cretaceous cover, the revealed Jurassic limestone substratum of the Św. Krzyż Mtns. underwent far-reaching karst transformations. A bold karst relief has formed, which next (Palaeogenic), due to the climatic changes and an intensive development of the vegetation and micro-organisms, led to a mature stage of development in accordance with the general morphological evolution of the whole area of the Św. Krzyż Mtns.

The chemical processes, which at that period of time acted on a large scale and played a deciding role, were responsible for the lowering of the relative height, the planation and blurring of the sharp forms of the relief and covering them with a great mass of residual weathered material, logging of the karst channels and stopping of subterranean drainage. It was not only the Jurassic limestones but also some older links (Devonian, above all) of the rocky substratum lying on the subaerial surface or in its neighbourhood which were subject to these processes owing to favourable orographic conditions.

The Pleistocene was the third period important for the development of the karst relief in the Św. Krzyż Mtns. A part of the fossil karst distinctly indicates the co-operation of the processes of the periglacial weathering and karst processes. There existed particularly favourable conditions in the western part of the area investigated which, during the Middle Polish glaciation, lay in the close vicinity of the masses of ice. The Eemian Interglacial should be considered as the lower limit of the of the Pleistocene karst activity. Although variable in their intensity, these processes lasted through the whole time in which the periglacial conditions persisted, i. e., until the climate grew warmer in the postglacial period.

At present, the uncovering of the old forms in the area investigated is very small and restricted only to sporadic cases. Thus, the calcareous relief of the area situated between the rivers Pilica and Nida taken as a whole shows the character of the fossil karst.

Tab. 7. Wykaz drobnoustrojów* czynnych w procesach krasowych na obszarze Zelejowej
List of microorganisms active in the karst processes in the area of Zelejowa

Nazwa systematyczna mikroorganizmów Systematic name of microorganisms		Stanowiska i nr prób Locality and No. of sample									
		A				B				C	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bakterie — Bacteria											
1	<i>Bacillus megatherius</i> de Bary	●			●	●		●	●	●	
2	<i>Bacillus</i> sp. — zbliżony (approaching) do <i>Bacillus megatherium</i> de Bary	●	●	●	●	●	⊕	⊕	○	●	●
3	<i>Bacillus megatherium</i> de Bary zbliżony (approaching) do var. phosphaticum	●	●		●	●	●	●	●	●	
4	<i>Bacillus</i> sp. — zbliżony (approaching) — do <i>Bac. polymyxa</i> Prażmowski	⊕		⊕	⊕	⊕			⊕	⊕	
5	<i>Bacillus myocides</i> Flügge	○			○				○	○	
6	<i>Bacterium</i> sp. (szczep A) (strain A)	●	●	●	●	●	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
7	<i>Bacterium</i> sp. (szczep B) (strain B)	⊕	⊕		⊕	⊕				⊕	
8	<i>Bacterium</i> sp. (szczep C) (strain C)	⊕		○	⊕					○	
9	<i>Micrococcus</i> sp.	○			○	○		○			
Grzyby — Fungi											
1	<i>Absidia lichtheimii</i> (L. C.) Lendner		⊕								
2	<i>Altenaria geofila</i> Daszewska							○	○		
3	<i>Aspergillus flavus</i> Link					⊕					
4	<i>Aspergillus glaucus</i> Thom	⊕			⊕						
5	<i>Aspergillus niger</i> van Tieghem		●	●	●						⊕
6	<i>Aspergillus sydovi</i> Them and Church			⊕							
7	<i>Aspergillus terreus</i> Thom	⊕									
8	<i>Botrytis cinerea</i> Persoon	⊕			⊕						
9	<i>Chaetomium bestrychodes</i> Zopf.									○	○
10	<i>Chaetomium globosum</i> Kunze								○		
11	<i>Curvularia geniculata</i> (Tracy and Earle) Boedija					⊕	⊕	⊕		⊕	⊕
12	<i>Fusarium argillaceum</i> (Fries) Saccardo									⊕	
13	<i>Fusarium aporotrichioides</i> Sherbakoff	⊕									
14	<i>Mucor mucedo</i> (Linne) Brefeld	○	○	○	○						
15	<i>Mucor silvaticus</i> Hagen							⊕			
16	<i>Paecilomyces</i> sp. zbliżony (approaching) do <i>P. viridis</i> Szilvinyi		⊕								
17	<i>Penicillium</i> sp. zbliżony (approaching) do <i>P. chermesinum</i> Biourge									○	○
18	<i>Penicillium expansum</i> (Link) Thom			⊕							⊕
19	<i>Penicillium italicum</i> Wehmer										⊕
20	<i>Penicillium purpurogenum</i> Stoll		⊕								
21	<i>Penicillium</i> sp. zbliżony (approaching) do <i>P. restrictum</i> Gilman and Abbot							○			
22	<i>Penicillium roseo — purpureum</i> Dierox		⊕			⊕					
23	<i>Rhizopus</i> sp. zbliżony (approaching) do <i>Rhizopus nodosus</i> Namysłowski		⊕								
24	<i>Rhodotorula flava</i> (Saito) Lodder					⊕					⊕
25	<i>Rhodotorula</i> sp. zbliżony (approaching) do <i>Rhodotorula glutinis</i> (Fres.) Harrison							●	●	●	
26	<i>Saccharomyces</i> sp. zbliżony (approaching) do <i>S. elegans</i> Lodder	⊕			●						●
27	<i>Scopulariopsis communis</i> Bainier			⊕							
28	<i>Torulopsis</i> sp. zbliżony (approaching) do <i>T. molischiana</i> (Ziken) Lodder		●								
29	<i>Trichoderma album</i> Preuss	⊕			○						
30	<i>Trichoderma</i> sp. zbliżony (approaching) do <i>T. album</i> Preuss					⊕	⊕	⊕	⊕		
31	<i>Trichoderma lignorum</i> (Tode) Herz	⊕	⊕								
32	<i>Trichosporon capilatum</i> Diddens et Lodder										⊕
33	<i>Trichothecium roseum</i> Link	○	○	○	○						
34	<i>Verticillium effusum</i> Otth	○	⊕	⊕	⊕						
35	<i>Verticillium sulphurellum</i> Saccardo	⊕	○								

* posiadających uzdolnienia do rozkładu — rozpuszczania fosforanu wapniowego (Ca_3PO_4)₂. Część z wymienionych drobnoustrojów (izolowana z podłoża Kraińskiego) oznaczona numerami: 2, 3, 7, 8, — 1, 7, 8, 11, 18, 19, 25, 27, 30 i 35 posiada również uzdolnienie do rozpuszczania węglanu wapniowego.

* capable of decomposing-dissolving calcium phosphate (Ca_3PO_4)₂. A part of these microorganisms (isolated from Kraiński's medium) marked with the numbers: 2, 3, 7, 8, — 1, 7, 8, 11, 18, 19, 25, 27, 30 and 35 are also capable of dissolving calcium carbonate.

Objaśnienie znaków:

Explanation of signs:

- — oznacza strefę rozpuszczania fosforanu wapniowego przez odpowiedni mikroorganizm o średnicy ok. 1 cm
denotes the zone of calcium phosphate dissolved by the proper microorganism ca. 1 cm in diameter
- ⊕ — oznacza strefę rozpuszczania fosforanu wapniowego przez odpowiedni mikroorganizm o średnicy ok. 0,5 cm
denotes the zone of calcium phosphate dissolved by the proper microorganism ca. 0.5 cm in diameter
- — oznacza strefę rozpuszczania fosforanu wapniowego przez odpowiedni mikroorganizm o średnicy ok. 0,2 cm
denotes the zone of calcium phosphate dissolved by the proper microorganism ca. 0.2 cm in diameter
- ⊕ ○ — oznacza drobnoustroje o dużej częstotliwości występowania w danym środowisku
denotes the microorganisms showing high frequency of occurrence in the given environment.

The chemical processes, which at that period of time acted on a large scale and played a deciding role, were responsible for the lowering of the relative height the planation and blurring of the sharp forms of the

rel

ter

It

vo

or

fav

of

dis

we

cor

Mi

The

of

the

cor

pe

is

rel

a v