

KAZIMIERZ PASTERNAK

## Geologiczna i gleboznawcza charakterystyka dorzecza rzeki Sanu — Geological and pedological characteristics of the basin of river San

Wpłynęło 7 października 1963 r.

Wiadomo jest, że budowa geologiczna i glebowa jest jednym z ważnych czynników oddziałujących bezpośrednio lub pośrednio na ustrój rzeki oraz skład chemiczny jej wody. Skromne i urywkowe wiadomości na ten temat zostały omówione w poprzedniej mojej pracy (Pasternak 1962).

Celem niniejszego opracowania jest scharakteryzowanie geologicznej i glebowej budowy dorzecza Sanu bez zlewni Wisłoka, ze szczególnym uwzględnieniem własności fizycznych i chemicznych materiałów podłoża, w odniesieniu do jakości wody, hydrologii rzeki oraz ekologicznych konsekwencji dla organizmów wodnych. Praca ta wchodzi w ramy zbiorowego hydrochemicznego i hydrobiologicznego opracowania rzeki San podjętego przez Zakład Biologii Wód PAN pod kierunkiem prof. dr K. S t a r m a c h a. Opracowanie to oparte jest o dane z literatury oraz o terenowe i laboratoryjne badania własne. Terenowe prace własne obejmują szczegółowe przebadanie podłoża doliny i koryta rzeki a także jej większych dopływów oraz punktowe opracowanie w całym dorzeczu jakości utworów glebowych i skalnych, wydzielonych na glebowej i geologicznej mapie Polski. W pobranych ze 152 punktów dorzecza glebach oznaczono ich odczyn, zawartość łatwo rozpuszczalnego  $K_2O$  i  $P_2O_5$ ,  $CaCO_3$  oraz w części prób skład mechaniczny i zawartość siarczanów.

### Fizjografia terenu

Rzeka San jest ostatnim i największym karpackim dopływem Wisły. Dorzecze jego obejmuje 16 779 km<sup>2</sup>, z czego małą tylko część znajduje się poza granicami Polski, a 3 541 km<sup>2</sup> przypada na nieopracowywane dorzecze Wisłoka. Pod względem morfologicznym dorzecze Sanu można podzielić najogólniej na obszar górski i pogórski po Przemyśl oraz nizinny od Przemyśla do ujścia rzeki.



W skład górskiego terenu dorzecza wchodzi Bieszczady Zachodnie i wschodnia część Beskidu Niskiego. Obszar Bieszczadów (ok. 720 km<sup>2</sup>) tworzy kilka długich wyrównanych (900—1343 m n.p.m.) wałów górskich o stromych stokach ciągnących się równolegle do siebie z kierunku N-W na S-E pooddzielanych szerokimi obniżeniami.

Beskid Niski charakteryzuje się niższymi (600—1070 m n.p.m.), szerokimi, bardziej zaokrąglonymi, przysadzistymi garbami górskimi o zmiennym przebiegu i łagodniejszych stokach. Przejście w teren pogórza jest stopniowe i niewyraźne.

Pogórską część dorzecza tworzą różne pod względem krajobrazowym obszary. Południowy, nieduży obszar stanowi wschodnia część Pogórza Bukowskiego (400—600 m n.p.m.). Rejon Sanoka tworzy Kotlina Sanocka (270—300 m), należąca do tzw. Dołów Jasielsko-Sanockich. Reszta pogórskiego obszaru dorzecza aż po Przemyśl należy do Pogórza Dynowskiego (380—600 m).

Całą nizinną część dorzecza tworzą równinne (144—270 m n.p.m.), lekko sfalowane tereny wschodniej części Kotliny Sandomierskiej (Klimaszewski 1939/46).

San wypływa z karpackiego grzbietu wododzielnego na wysokości 843 m n.p.m. w rejonie Przełęczy Użockiej. Długość jego biegu wynosi 444 km, z tego na teren górski i pogórski przypada 279 km, a na nizinny 165 km. Od źródeł aż po przełom za Tworylnem rzeka żłobi sobie drogę krętą i wąską doliną w kierunku NW w mniej odpornych warstwach skalnych wypełniających lęki pomiędzy brzeźnym wałem Bieszczadów a pasmem Otrytu. San w tym rejonie łączy się z wieloma, przeważnie lewobocznymi, potokami odwadniającymi najwyższe partie górskie. Największy z nich Wołosaty ma długość 27 km, powierzchnię dorzecza 118,2 km<sup>2</sup> i średni spadek 23‰. Po przełamaniu się pomiędzy Toustą (748 m) a zachodnim krańcem pasma Otrytu, San osiąga po kilkunastu kilometrach znowu kierunek NW i łączy się z rzeką Solinką, zasilaną powyżej miejscowości Polanki przez duży dopływ rzekę Wetlinę. Solinka o długości 45 km, pow. dorzecza 377 km<sup>2</sup> i średnim spadku 14,2‰ odwadnia tereny Bieszczadów i Beskidu Niskiego. Odtąd San, jako już duża rzeka, płynie po przełom Międzybrodzia w tym samym kierunku wśród pogórskich wzniesień o stromych zboczach ogólnie już szerszą doliną. Dotąd płytka, słabo wcięta w podłoże rzeka ma bieg zgodny z biegiem warstw skalnych, tworząc w dnie rzeki podłużne sterzące żebrza skalne, zwane lokalnie „berdami”. Z większych dopływów wpływa na tym odcinku do Sanu z prawego brzegu pod Zwierzyniem rzeka Olszanica, a z lewego brzegu pod Hoczwią rzeka Hoczewka (długość biegu 28 km, pow. dorzecza 180 km<sup>2</sup> i średni spadek w górnym odcinku 41,1‰, w dolnym 7,4‰), w Zagórzu rzeka Oślawa z Kalniczką (długość 55 km, dorzecze 504 km<sup>2</sup>) oraz poniżej Sanoka duży potok Sanoczek. Hoczewka i Oślawa w górnym biegu zbierają wody z terenu Beskidu Niskiego, a w dolnym z Pogórza. Olszanica i Sanoczek tylko z te-



renu Pogórza. Wszystkie po Zagórz, górskie i pogórskie lewoboczne dopływy Sanu, przełamują się przez liczne pasma górskie o rusztowym układzie w kierunku północnym wąskimi skalistymi dolinami, przerzucając się z jednego obniżenia w sąsiednie. Przecinają one w większości poprzecznie warstwy skalne, przez co tworzą się w ich dnach liczne progi skalne. W tym rejonie w miejscowości Myczkowce i Zabrodzie zostały ostatnio wybudowane na Sanie dwie zapory wodne.

San, po przełamaniu się pod Międzybrodziem przez dość wysokie brzeżne pasmo wzgórz Pogórza Dynowskiego, płynie w kierunku północnym, a od Dynowa we wschodnim, przez tereny tego pogórza aż po Przemysł, niezgodnie z biegiem warstw skalnych. Dolina Sanu na tym odcinku ma dość jednolity charakter o następujących po sobie na przemian krótkich odcinkach przełomowych i długich nieckowatych. Odcinki przełomowe mają wąskie skalisto-kamieniste dno i strome zbocza doliny. Odcinki nieckowate cechuje szerokie, płaskie dno doliny, łagodniejsze zbocza i wytworzone szerokie aluwialne tarasy akumulacyjne (K l i m a s z e w s k i 1937). Na tym terenie San zasilają liczne, lecz małe potoki.

Za Przemysłem San skręca znowu w kierunku NW i płynie aż do ujścia równinnym terenem bardzo szeroką doliną o połogich zboczach. Bardziej strome zbocza ma jedynie lewy brzeg doliny od Przemysła za Jarosław (płyta lessowa) i prawy brzeg w okolicy Rudnika i Niska. Na tym odcinku San otrzymuje szereg dużych dopływów jak rzeki Wiar, Wisznia, Szkło, Lubaczówka, Tanew (długość 93 km, dorzecze 2380 km<sup>2</sup>) i Bukowa. Z lewego brzegu wpływa oprócz mniejszych potoków jedynie rzeka Wisłok. Z wyjątkiem Wiaru zbierającego swe wody z pogórskich terenów na południe od Przemysła, wszystkie pozostałe prawoboczne rzeki biorą początek u podnóża Roztocza i odwadniają w kierunku NW równinne tereny Doliny Sandomierskiej.

Klimat dorzecza wykazuje znaczne zróżnicowanie w zależności od wzniesienia terenu i jego ukształtowania. Największe sumy opadów (od 900 do 1200 mm) notowane są na obszarze górskim, mniejsze na pogórskim (od 700 do 900 mm), a najmniejsze na równinnym (od 600 do 700 mm). Większość opadów w całym dorzeczu przypada na półrocze letnie, a w nim na miesiąc lipiec (około 15% sumy rocznej — Praca zbiorowa 1958). Najbardziej specyficzny klimat w dorzeczu mają Bieszczady. W sezonie letnim obok dużych opadów panują tam także okresy dużych upałów. Bieszczady mają również znacznie większą grubość i trwałość pokrywy śnieżnej wynoszącej od 150 do 200 dni w roku (M i l a t a 1937).

Średni roczny przepływ i odpływ jednostkowy oraz spadek Sanu przedstawiono w tabeli I. Zmienność przepływu Sanu jest znaczna, największa na terenie górskim i pogórskim. Największe średnie odpływy występują w terenie górskim i pogórskim. Przy niskich odpływach różnice pomiędzy górskim a równinnym odcinkiem rzeki są nieznaczne. Wezbrania z reguły



przypadają na miesiąc marzec, ale występują także często i w lipcu. Niżówki w półroczu letnim przypadają na wrzesień i październik.

Średni spadek, średnie roczne przepływy (Q) i odpływy jednostkowe Sanu (q) (wg. pracy zbiorowej 1958)

Tab. I

mean gradient, mean yearly flows (Q) and unitary outflows of the San river (q) (according to the collective work 1958)

Miejscowość Locality	długość odcinka rzeki w km length of the river sector in km	powierzchnia dorzecza w km <sup>2</sup> surface of the basin in km <sup>2</sup>	spadek w % gradient in pro mille	niski low		roczny yearly		wysoki high	
				$\frac{m^3}{sek.}$ $\frac{m^3}{sec.}$	$\frac{l}{sek.km^2}$ $\frac{l}{sec.km^2}$	$\frac{m^3}{sek.}$ $\frac{m^3}{sec.}$	$\frac{l}{sek.km^2}$ $\frac{l}{sec.km^2}$	$\frac{m^3}{sek.}$ $\frac{m^3}{sec.}$	$\frac{l}{sek.km^2}$ $\frac{l}{sec.km^2}$
Postolów k/Leska	150	1618	3,52	3,4	2,10	16,7	10,30	475	294
Przemysł	129	3676	0,88	7,5	2,04	37,5	10,20	900	245
Radomyśl	156	16750	0,32	34,0	2,03	123,0	7,34	1830	109

Na stosunki hydrologiczne rzeki duży wpływ ma zalesienie terenu. Lasy w dorzeczu Sanu występują na znacznych powierzchniach. W górzysej części zajmują one od 70 do 90% powierzchni. Resztę górskich obszarów pokrywają połoniny oraz dzikie łąki i pastwiska, występujące w większości w miejscach dawnych użytków rolnych (Pałczyński 1958). Stopień zalesienia na pogórzu waha się w granicach od 22 do 41%. Lasy występują tam w wyższych partiach wzgórz. Dominującymi gatunkami w górskich drzewostanach Bieszczad jest buk (59%) i jodła (21%), w Beskidzie Niskim i na pogórzu jodła (35%), buk (28%) i sosna (18%) (Kulig, Smólski 1962). Na terenach równinnych większe powierzchnie zajmują lasy w dolnym odcinku dorzecza pomiędzy Leżajskiem a ujściem rzeki, zwłaszcza w rejonie zlewni rzeki Tanwi. Od Przemysła po Jarosław zalesienie jest bardzo małe. Na tych obszarach przeważają lasy sosnowe. Na podmokłych terenach w dorzeczu rzeki Tanwi i Bukowej występują także na znacznie większych powierzchniach lasy olchowe.

### Budowa geologiczna

Podłożem skalnym górskiej i pogórskiej części dorzecza Sanu są karpackie utwory fliszowe, a dolnej równinnej osady miocenijskie i małe powierzchnie kredowych margli przykryte utworami czwartorzędowymi. Wiek skał fliszowych przypada na okres kredy i trzeciorzędu (eocen, oligocen). Zasięgi poszczególnych utworów skalnych na terenie dorzecza przedstawia mapa (Ryc. 1).

Obszar dorzecza od południa ku północy budują następujące jednostki tektoniczne: fałdy dukielsko-użockie, centralna depresja karpacka, jednostka śląska, brzeżne fałdy inoceramowe (skilbowe) oraz trzeciorzęd przedgórza.



Fałdy dukielsko-użockie ciągną się szerokim klinem od zachodu aż po źródła Sanu budując najbardziej południowo-zachodnie tereny dorzecza z północną granicą na linii Szczawne, Baligród, Wetlina, Ustrzyki Górne. Pod względem tektonicznym wyodrębniają się w nich dwie strefy: właściwe fałdy dukielskie (płaszczyzna michowska O p o l s k i e g o 1930) i ich przedpole. Właściwe fałdy dukielskie tworzy pęk grzbietów o jądrach kredowo-eoceńskich (kreda inoceramowa i śląska) przedzielonych synklinami menilitowo-krośnieńskimi (O p o l s k i 1930). W strefie fałdów przedpola spośród warstw krośnieńskich wyrastają tutaj siodła menilitowe z wyspowatymi wypiętrzeniami eocenu podmenilitowego oraz dolnej kredy śląskiej (Ś w i d z i ń s k i 1953).

Centralna depresja zajmuje obszar dorzecza pomiędzy fałdami dukielskimi a brzegami, tzw. jednostki śląskiej, tj. do północnej linii Ustianowa, Załuż, Sanok, Trepcza. Budują ją głównie najmłodsze utwory fliszu karpackiego, tj. warstwy krośnieńskie (O p o l s k i 1933, H o r w i t z 1936).

Jednostka śląska jest to pofałdowana antyklina, której jądro budują kredowe utwory serii śląskiej, tj. łupków i piaskowców wierzowskich oraz lgoeckich. Wcina się ona na teren dorzecza 3 km szerokości klinem poprzez przełom Sanu pod Międzybrodziem aż po Załuż. Na jej skrzydłach występują wąskie smugi pstrych łupków menilitowych (H e m p e l 1933, T o k a r s k i 1947, Ś w i d z i ń s k i 1953).

Brzeżne fałdy inoceramowe obejmują swym zasięgiem środkowy odcinek dorzecza pomiędzy Przemyślem a północną granicą jednostki śląskiej. Południową ich część tworzy szereg regularnych siodel oddzielonych łękami. W centrach siodel znajdują się inoceramowe utwory kredowe otulone na skrzydłach eocenem pстрыm i łupkami menilitowymi. W łękach zalegają warstwy krośnieńskie lub eocen pstry. Na wschód od Bachorza zmienia się tektonika fałdów. Miejsce dobrze wykształconych antyklin i synklin zajmują skiby ponarzucane na siebie, stąd im bliżej Przemyśla tym bardziej redukuje się powierzchnia warstw krośnieńskich na korzyść inoceramowych (W d o w i a r z 1939, 1948).

Fliszowe utwory skalne budujące obszar górski i pogórski mimo regionalnych różnicowań litologicznych można ogólnie scharakteryzować następująco:

Warstwy krośnieńskie (oligocen) w spągu wykształcone są w postaci monotonnych szarych wapnistych różnoziarnistych piaskowców rzadko przelawicowanych łupkami (warstwy dolne). Ku górze warstwy piaskowców stają się coraz cieńsze i częściej są przekładane marglistymi, szarymi łupkami. W stropie, warstwy marglistych łupków tworzą duże kompleksy, a występujące wśród nich warstwy piaskowców są silnie wapniste.

Warstwy krośnieńskie fałdów dukielsko-użockich (synklina Woli Michowej) są nieco inne, mianowicie w dolnych warstwach zanikają gruboławicowe piaskowce, a przeważają łupki (O p o l s k i 1927). Ogólnie wię-



cej łupkowe są także warstwy krośnieńskie w północno-zachodniej części centralnej depresji.

Grubo ławicowy piaskowiec warstw krośnieńskich zawiera około 60% kwarcu, mało tlenków żelaza i w spoiwie od 15 do 18% substancji ilastej oraz od 16 do 19%  $\text{CaCO}_3$ . Piaskowiec serii łupkowo-piaskowcowej ma około 40% kwarcu, 30% substancji ilastej, 29%  $\text{CaCO}_3$  oraz także mało tlenków żelaza. Łupki zawierają średnio około 20%  $\text{CaCO}_3$  i 20% substancji ilastych (Dziewański i Starkel 1962).

Ze względu na podobny charakter połączyłem na mapie (Ryc. 1) w jeden kompleks utwory bezwęglanowe, oligoceńskie i eoceńskie skały, jak łupki menilitowe i podmenilitowe utwory (tj. warstwy hieroglifowe i łupki pstre).

Łupki menilitowe na terenie dorzecza występują w postaci serii bruno-czarnych, zwykle bezwapiennych, twardych, liściasto się łupiących łupków ilasto-bitumicznych z cienkimi wkładkami najczęściej krzemienistych piaskowców. Łupki te wietrzejąc jaśnieją, pokrywają się charakterystycznymi żółtymi i rdzawymi nalotami tlenków i siarczanów żelaza oraz wykwitami alunów i gipsu. Z reguły w ich spągu występuje seria ciemnych rogowców (Świdziński 1947).

Warstwy hieroglifowe składają się głównie z zielonych, popielatych, czerwonych ilastych łupków lub iłów poprzeplatanych cienko płytowymi kwarcytowymi lub krzemionkowymi piaskowcami z hieroglifami. Rzadko występują słabo wapniste piaskowce.

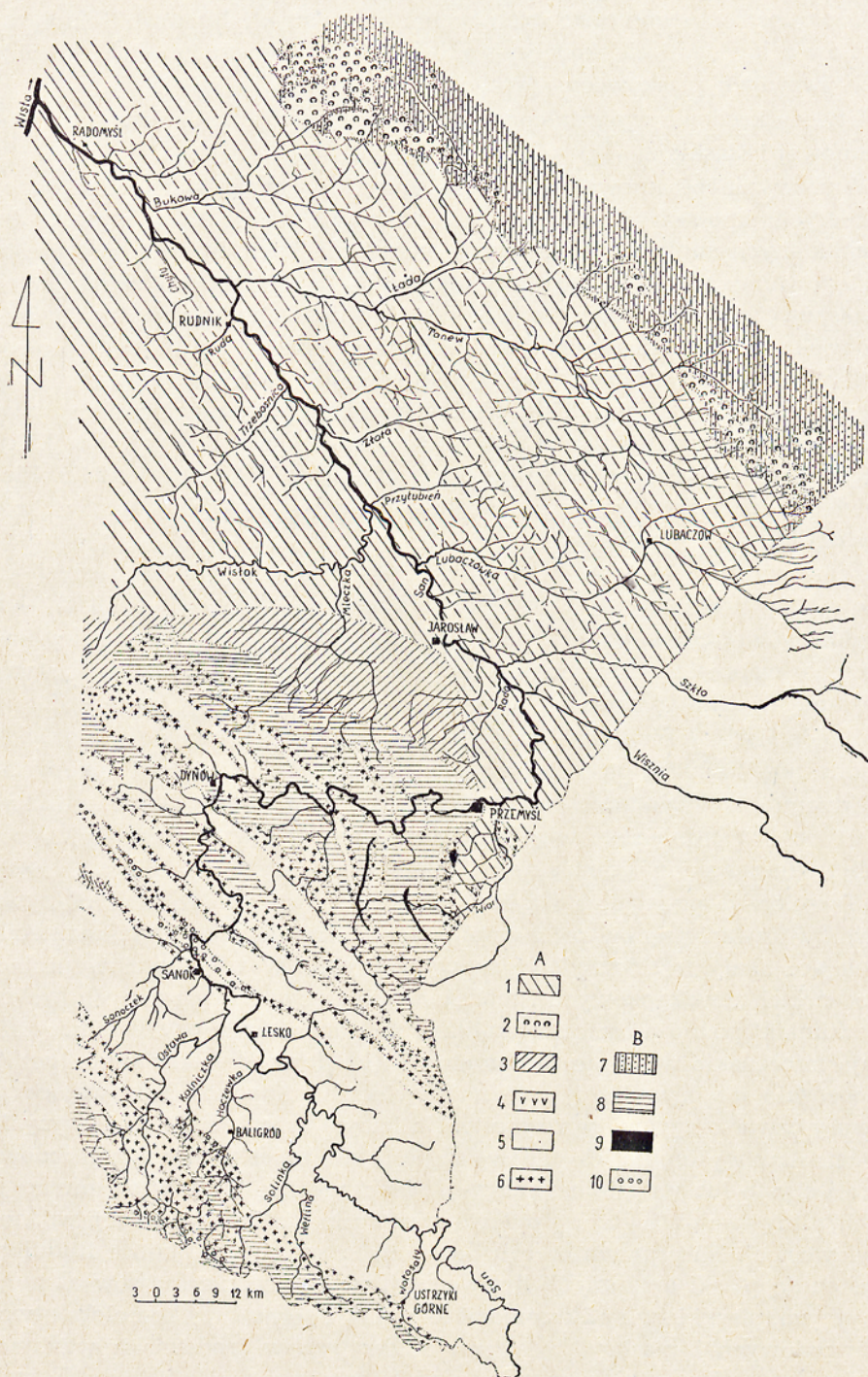
Ryc. 1. Mapa geologiczna dorzecza rzeki San (wg Przeglądowej Mapy Geologicznej Polski — Praca zbiorowa 1953/54)

A. Trzeciorzęd: 1) iły łupkowe i iły krakowieckie; 2) wapień litotamniowe (torton), rafowe i serpulowe; 3) iły łupkowe, piaski i żwiry facji solonośnej; 4) łupki pstre, margle i piaskowce warstw stebnickich; 5) piaskowce i łupki krośnieńskie; 6) łupki menilitowe z piaskowcami i rogowcami, łupki i piaskowce hieroglifowe oraz łupki pstre; B. Kreda: 7) margle kruche i twarde; 8) łupki i piaskowce inoceramowe (seria inoceramowa i dukielska); 9) łupki spaskie; 10) łupki i piaskowce lgockie i wierzowskie (seria śląska)

Fig. 1. Geological map of the basin of the river San (according to the Geological Survey Map of Poland — Collective work 1953/54)

A. Tertiary: 1) schist clay and krakowiecki clay; 2) lithotome limestone (torton), reefy and serpulian; 3) schist clay, sands and gravel of the salt-bearing facies; 4) variegated shales, marls and sandstone of Stebnik strata; 5) Krosno sandstones and shales; 6) menilite shales with sandstone and hornstone, schist and hieroglyphic sandstone and variegated shales; B. Cretaceous: 7) brittle and hard marl; 8) shales and inoceramian sandstone (inoceramian and Dukla series); 9) spaskie shales; 10) shales and Lgota and Wierzowa sandstone (silesian series)







Łupki pstre to kompleks zielonych i czerwonych łupków, iłołupków, lub iłów z ławicami cienko płytowych krzemionkowych lub słabo wapni-  
stych twardych piaskowców (W d o w i a r z 1931, 1939).

Utwory kredowe wykształcone są na terenie dorzecza Sanu w facji ino-  
ceramowej i śląskiej.

Warstwy inoceramowe rozwinięte są pod postacią twardych drobno-  
ziarnistych sino-szarych piaskowców o spoiwie silnie wapnistym, stale  
przekładanych łupkami. Charakterystyczne dla tych warstw jest często  
występowanie wkładek margli fukoidowych, a w partiach zaburzonych  
w piaskowcach — żył kalcytowych. W północno-zachodniej części Pogórza  
Dynowsko-Przemyskiego przeważają ławice łupkowe, a w południowo-  
wschodniej oraz w rejonie fałdów dukielsko-użockich — piaskowce, two-  
rzące wyniosłe grzbiety górskie. Na Pogórzu Dynowskim w stropie warstw  
inoceramowych występują jeszcze margle zwane bakulitowymi i w kilku  
wąskich smugach czarne ilaste łupki spaskie (Ś w i d z i ń s k i 1947). Pia-  
skowiec inoceramowy zawiera dość dużo tlenków żelaza i w spoiwie około  
20%  $\text{CaCO}_3$ .

Warstwy inoceramowe w fałdach dukielsko-użockich na zachód od  
Osławy są wykształcone w postaci typowej (W d o w i a r z 1931). Ku  
wschodowi natomiast wzbogacają się one w drobnoziarniste, twarde, bar-  
dzo mało wapniste piaskowce mikowe z zielonawymi lub szarymi ilastymi  
łupkami. Tę odmianę nazwał O p o l s k i (1927) „kredą ciśniańską”.

Kreda śląska (dolna) występuje na tym terenie (fałdy dukielsko-użockie  
i jednostka śląska) w postaci grubej serii czarnych liściastych łupków ila-  
sto-krzemionkowych, przelawicowanych kruchymi piaskowcami, kwarcy-  
tami i rogowcami. Jest to więc seria skał typu łupków i piaskowców lgoc-  
kich i wierzowskich (T o k a r s k i 1947, Ś w i d z i ń s k i 1953).

Trzeciorzęd przedgórze i pokrywająca go różnej miąższości pokrywa  
utworów czwartorzędowych zajmują całą równinną część dorzecza. Pod-  
ścielające skały trzeciorzędowe są wykształcone w większości w postaci  
miocenijskich iłów łupkowych i monotonnych szarych iłów zwanych krako-  
wieckimi. U podnóża roztocza (źródła rzeki Tanwi) małe powierzchnie zaj-  
mują miocenijskie wapienie litotamniowe i kredowe kruche margle (gezy).  
Miocenijskie utwory ukazują się na powierzchni rzadko. Pokrywające je  
utwory czwartorzędowe są rozmaite. Na lewym brzegu Sanu od Przemysła  
za Jarosław występują lessy, dalej aż po Rudnik piaski akumulacji lodow-  
cowej czyste lub na glinie zwałowej, piaski rzeczne tarasów akumulacyj-  
nych, gliny zwałowe, utwory pyłowe oraz piaski i żwiry akumulacji wodno-  
lodowcowej. Na prawym brzegu Sanu, od Przemysła po okolice Rudnika,  
występują piaski akumulacji lodowcowej, piaski rzeczne tarasów akumu-  
lacyjnych, piaski i żwiry akumulacji lodowcowej oraz duży kompleks utwo-  
rów pyłowych i piasków pylastych osadzonych w środowisku wodnym,  
objmujący swym zasięgiem obszar od Lubaczowa po lewy brzeg Tanwi.



Od Rudnika do ujścia Sanu na obu jego brzegach występują już tylko piaski rzeczne tarasów akumulacyjnych, wśród których gęsto rozsiane są piaski wydmore.

### Gleby

Na tych różnych skałach w dorzeczu Sanu wytworzyły się rozmaite gleby. Ich rozmieszczenie i własności wykazują znaczną zależność od budowy geologicznej i morfologii terenu. Ponieważ głównie od składu mechanicznego i mineralnego gleby zależy przesiąkliwość, retencyjność, podatność na erozję, także wymywanie z niej składników chemicznych, utwory glebowe dzielę na grupy mechaniczne. Rozmieszczenie ich w dorzeczu przedstawia mapa (Ryc. 2).

Górską i pogórską część dorzecza, po przełom Międzybrodzia, pokrywają gleby gliniaste, ilaste i szkieletowe. Gleby szkieletowe występują na stosunkowo niewielkich powierzchniach, w większości w najbardziej południowej, górskiej części dorzecza, na podłożu bezwęglanowych więcej krzemionkowych twardych skał fałdów dukielskich, w szczytowych partiach gór. Gleby ilaste wykształciły się w dużych powierzchniach na najbardziej łupkowych skałach w części zachodniej tego odcinka dorzecza, tj. na terenie zlewni rzeki Oslawy i Sanoczka, a także w górnej części doliny rzeki Wetliny. Resztę powierzchni omawianego odcinka dorzecza pokrywają gleby gliniaste, wśród których występują małe powierzchnie utworów pyłowych oraz torfów.

Gleby szkieletowe są silnie kwaśnymi (pH 3,9—4,7) mało zasobnymi glebami typu początkowego stadium rozwojowego. Zawierają oprócz kamienistego szkieletu dość znaczną domieszkę zwietrzelin o składzie mechanicznym gliny lekkiej.

Gleby ilaste są to przeważnie gleby o składzie mechanicznym gliny ciężkiej pylastej\*, średnio głębokie, mało przesiąkliwe i rozmywne. Wykształciły się w górnej części zlewni Wetliny i Oslawy na ubogich w wapń łupkach menilitowych, a na pozostałych terenach na bogatych w ten składnik łupkach krośnieńskich. Stąd, w pierwszym rejonie mają one odczyn kwaśny (pH 4,7—5,5), a w drugim od słabo kwaśnego do zasadowego (pH 5,9—7,6). Wszystkie one zawierają znaczne ilości przyswajalnego potasu (od 13 do 32 mg  $K_2O/100$  g gleby) oraz siarczanów (od 0,30 do 0,62% wag.).

Gleby gliniaste zajmujące grzbiety i zbocza wzniesień są glinami średnimi lub lekkimi pylastymi wytworzonymi in situ. Mają one płytki profil, przy czym domieszka części szkieletowych ku dołowi wzrasta. Gleby gliniaste występujące w dolinach i nieckowatych zagłębieniach są glebami

\* Większa, jak w ilach, ilość piasku może pochodzić z roztartych okruchów łupków podczas przygotowywania gleby do analiz.



deluwialnymi, zwykle bardziej zwięzłymi (gliny ciężkie) i mniej przepuszczalnymi. W większości z powierzchniowej warstwy tych gleb został już  $\text{CaCO}_3$  w znacznym stopniu wymyty, dlatego też te warstwy u gleb leśnych mają odczyn silnie kwaśny (pH 4,1—4,7), a u gleb uprawnych lub dawnych użytków rolnych od pH 4,8—7,6. Częściej zasadowy odczyn mają gleby gliniaste dolnej części zlewni Olszanicy, Hoczewki, Osławy z Kalniczką i Sanoczka. Zawartość łatwo rozpuszczalnego potasu w wierzchnich warstwach tych gleb wynosi od 5,6 do 17,0 mg  $\text{K}_2\text{O}/100$  g gleby. Wszystkie gleby tej części dorzecza są bardzo ubogie w przyswajalny fosfor (od 0 do 4 mg  $\text{P}_2\text{O}_5/100$  g gleby) i w większości w substancję organiczną.

Dalszy pogórski odcinek dorzecza Sanu od przełomu Międzybrodzia po Przemyśl zajmują w większości lessopodobne gleby pyłowe. Gleby gliniaste występują jedynie w większej powierzchni na prawym brzegu Sanu pomiędzy Mrzygłodem a Wołodzą, a gleby ilaste na SE od Przemyśla w zlewni rzeki Wiar. Występowanie gleb pyłowych związane jest głównie z wychodniami warstw krośnieńskich i zawierających więcej łupków warstw inoceramowych. Gleby gliniaste wytworzyły się na twardszych skałach, a ilaste na marglistych łupkach. Gleby pyłowe mają przeważnie skład me-

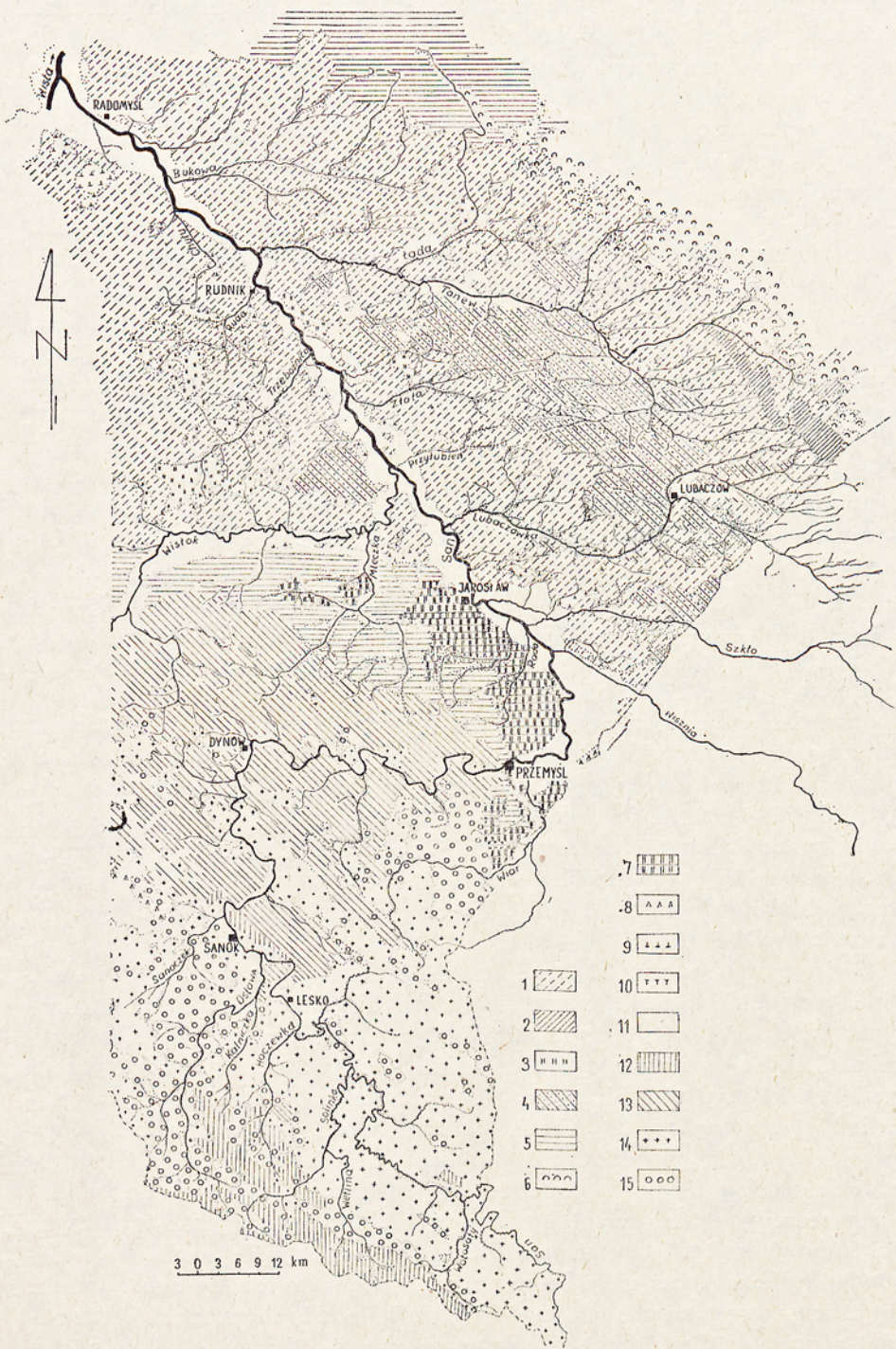
Ryc. 2. Mapa gleb dorzecza rzeki San (wg Mapy Gleb Polski — Praca zbiorowa 1958/59)

- 1) Kompleks gleb piaszczystych wytworzonych z piasków luźnych, słabo gliniastych i gliniastych; 2) kompleks bielicowych piasków nawapieniowych oraz rędzin trzeciorzędowych; 3) gleby lekkie i średnie wytworzone z glin zwałowych oraz piasków naglinowych i naitowych; 4) gleby pyłowe wytworzone z utworów pyłowych wodnego pochodzenia; 5) gleby pyłowe wytworzone z lessów i utworów lessowatych; 6) gleby wytworzone z gezów formacji kredowej; 7) czarnoziemy wytworzone z lessów; 8) czarne ziemie wytworzone z utworów różnego pochodzenia geologicznego; 9) gleby mułowo-biotne; 10) gleby torfowe wytworzone z torfów niskich; 11) mady lekkie, średnie i ciężkie oraz piaski rzeczne; 12) gleby gliniaste szkieletowe wytworzone ze skał fliszowych; 13) gleby pyłowe wytworzone ze skał fliszowych; 14) gleby gliniaste wytworzone ze skał fliszowych; 15) gleby ilaste wytworzone ze skał fliszowych

Fig. 2. Map of soils of the San river basin (according to the Map of Polish soils — Collective work 1958/59)

- 1) Complex of sandy soils formed from loose slightly loamy or loamy sands; 2) complex of podsol upon limestone sands and tertiary marl; 3) light and middle soils formed from boulder loams and sands on loam and on clay; 4) silty soils formed from dust sediments of water origin; 5) silty soils formed from loess and loess formations; 6) soils formed from gizes of Cretaceous formation; 7) chernozem soils formed from loess; 8) black earth formed from formations of a different geological origin; 9) slime and muddy soils; 10) peat soils formed from low peat; 11) light, average and heavy alluvial soils and fluvial sands; 12) skeletal loam soils formed from flisch rocks; 13) silty soils formed from flisch rocks; 14) loamy soil formed from flisch rocks; 15) clayey soil formed from flisch rocks







chaniczny utworów pyłowych ilastych i miąższość zależną od położenia. Na szczytach wzgórz i stromych stokach są płytsze niż w dolnych rejonach. Cechuje je średnia przepuszczalność malejąca w profilu ku dołowi i duża rozmywność zwłaszcza gleb uprawnych. Z badań Dobrzańskiego i Malickiego (1950), Borowca (1953) oraz własnych wynika, że są to gleby kwaśne (pH 5,2—6,8) prawie bezwęglanowe, ubogie w przyswajalny fosfor (1—3 mg  $P_2O_5/100$  g gleby), substancje organiczne (1—2%) i potas (5—9 mg  $K_2O/100$  g gleby), a zasobne w żelazo. Nasylenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi wzrasta nieco wgłąb profilu.

W części równinnej dorzecza Sanu od okolic Przemyśla za Jarosław, głównie na lewym brzegu Sanu, występują gleby pyłowe i czarnoziemy wytworzone na lessach. Resztę rozległych terenów równinnych zajmują różnogatunkowe gleby piaszczyste, wśród których na lewym brzegu rzeki Tanwi i w części zlewni Lubaczówki oraz na lewym brzegu Sanu w rejonie Leżajska (Ryc. 2) występują gleby pyłowe wodnego pochodzenia. Na lewym brzegu Sanu w okolicach Leżajska i Rudnika, pomiędzy glebami piaszczystymi występują jeszcze bielcowe gleby gliniasto-piaszczyste wytworzone na glinach zwałowych i piaskach naglinowych. U źródeł rzeki Tanwi i Lubaczówki występują bardzo małe powierzchnie gleb wytworzonych z gezów, a w górnej części ich dolin oraz ich dopływów podmokłe gleby mułowo-błotne i niskie torfy (potok Łada). Gleby mułowo-błotne występują również w dolinach potoków i obniżeniach terenu na lewym brzegu Sanu.

Gleby pyłowe lessowe i czarnoziemy zawierają dużo części pyłowych i w związku z tym odznaczają się dużą przesiąkliwością i rozmywnością. Zaliczają się do najlepszych gleb uprawnych mających doskonale właściwości fizyczne i zawierających także znaczny zasób składników pokarmowych,  $CaCO_3$  i substancji organicznej, której zawartość waha się około 4%. Ilość węglanu wapnia w lessowej skale macierzystej w okolicach Przemyśla sięga do 13,5% (Malicki 1950). Odczyn powierzchniowych warstw tych gleb waha się od pH 6,0 do 7,0, a na głębokości około 1 m wynosi już przeważnie pH 8,0.

Gleby piaszczyste w większości składają się z piasków luźnych i słabo gliniastych. Piaski gliniaste stanowią niewielki odsetek. Z powodu podobnych właściwości tych gleb na mapie (Ryc. 2) połączono je w jeden kompleks. Gleby piaszczyste po obu brzegach Sanu po Rudnik wytworzyły się w większości na piaskach rzecznych starych tarasów akumulacyjnych (piaski luźne i słabo gliniaste) oraz na piaskach wodno-lodowcowych i lodowcowych (piaski słabo gliniaste i gliniaste pylaste). Od Rudnika do ujścia rzeki dorzecze pokrywają głównie gleby piaszczyste wytworzone na piaskach rzecznych tarasów akumulacyjnych z przewagą piasków luźnych nad słabo gliniastymi. Suche piaski luźne w tym rejonie tworzą dość często wydmy. Miąższość gleb piaszczystych jest dość różna, na ogół znaczna. Piaski naglinowe (na glinach zwałowych lub ilach krakowieckich) oraz nawapieniowe (źródła Tanwi) stanowią niewielki odsetek. Ogólnie gleby



piaszczyste mają dużą przepuszczalność, są ubogie w składniki pokarmowe, wapń, magnez, substancję organiczną, a stosunkowo bogate w żelazo. Zasadnicze pod tym względem są gleby piaszczyste wytworzone na piaskach lodowcowych i fluwioglacjalnych. Odczyn piaszczystych gleb lasów sosnowych waha się od pH 4,5 do 5,5, a gleb uprawnych od pH 5,0 do 7,7.

Gleby pyłowe wodnego pochodzenia różnią się od gleb lessowych większą ilością części piaszczystych, brakiem  $\text{CaCO}_3$ , niedużą miąższością i dużym odsetkiem tlenków żelaza (Dobrzański, Malicki 1948, 1950). Są to gleby średnio przesiąkliwe i słabo kwaśne (pH 5,8—7,0).

Gleby mułowo-błotne to przeważnie więcej próchniczne, zamulone, podmokłe piaski położone w obniżeniach terenowych na nieprzepuszczalnym podłożu. Często w ich profilu można spotkać poziom twardego nieprzepuszczalnego orsztynu.

W górskich odcinkach Sanu i jego większych dopływów, gdzie dna dolin są wąskie a ich spadek podłużny znaczny, występują małe powierzchnie różnych gatunkowo mady, ze znaczną domieszką kamieni i żwiru. W obrębie pogórza mady tworzą już większe powierzchnie i mają mniejszą domieszkę szkieletu. Na terenie nizinym, gdzie San ma już mały spadek (Tab. I) i szeroką zatapianą w czasie powodzi dolinę, mady zajmują już znaczne powierzchnie. Są to żyzne, słabo alkaliczne mady piaszczyste, lekkie, średnie lub ciężkie (Wondrausch 1953).

Dno Sanu, od źródeł po przełom pod Międzybrodzem, a także jego dopływy na tym odcinku, budują sterczące z dna lub gładkie ławice skalne, pokryte, w niektórych głębszych i o mniejszym spadku odcinkach, luźnymi kamieniami i żwirem. Od tego przełomu aż do ujścia San ma już koryto wyżłobione głównie w napływowych rzecznych materiałach, które po Przemysłu są utworami kamienisto-żwirowymi, po ujście rzeki Lubaczówki żwirowo-piaszczystymi, a dalej aż do ujścia rzeki zmiennymi piaszczysto-mulistymi lub piaszczysto-żwirowymi. Od ujścia rzeki Wiary wszystkie nizinne dopływy Sanu mają przeważnie dna piaszczysto-muliste. Zamulenie dna Sanu i jego dopływów po przełom Międzybrodzia z wyjątkiem dolnego odcinka rzeki Hoczewki i Olszanicy jest minimalne. Jest to między innymi wynikiem słabej erozji gleb tego terenu spowodowanej ich znaczną zwięzłością, pokryciem przez lasy i roślinność trawiastą. Od przełomu aż do końca Sanu zamulenie jego dna jest coraz większe. Wiąże się to z silną erozją uprawnych gleb pyłowych położonych w środkowym biegu rzeki i zmniejszaniem się jej spadku (Tab. I).

#### Uwagi końcowe

Większość powierzchni górskiego i pogórskiego dorzecza Sanu budują piaskowcowo-lupkowe skały warstw krośnieńskich i inoceramowych bogate w węglan wapnia, substancje ilaste, muskowitz oraz siarczany. Pias-



kwce warstw inoceramowych w porównaniu z krośnieńskimi mają większą ilość żelaza. Węglan wapnia występuje w tych skałach w spoiwie wraz z substancjami ilastymi zwykle w postaci przekryształizowanej. W twardej piaskowcach inoceramowych znajduje się jeszcze w formie żył kalcytowych. W substancji ilastej łupków krośnieńskich przeważa nad kaolinitem montmorylonit (Dziewański, Starkel 1962). Ogólnie ubogie w wapń są w południowej części dorzecza skały fałdów dukielsko-użockich zbudowanych z kredy śląskiej (tzw. ciśnieńskiej) oraz warstw menilitowych i hieroglifowych. Prawie bezwęglanowe skały złożone przeważnie z tych ostatnich warstw występują jeszcze wąskimi pasami na Pogórzu Dynowskim wśród warstw krośnieńskich i inoceramowych.

Skały warstw krośnieńskich i inoceramowych z wyjątkiem twardej, mało nasiąkliwe, grubo ławicowych piaskowców budujących wysokie wzniesienia gór wietrzeją stosunkowo łatwo. Najszybciej ulegają wietrzeniu łupki. W warunkach suchych łupki są zwarte i stanowią układ półskalny. Przy zetknięciu się ich z wodą, montmorylonitowa substancja ilasta wchłania wodę, pęcznieje, staje się bardziej porowata, aż w końcu cała masa skały ulega rozłusowaniu. Twarde bitumiczno-ilaste łupki menilitowe wietrzeją nieco trudniej. Podczas wietrzenia pokrywają się one nalotami ałunów, tlenkami i siarczanami żelaza oraz gipsu. Kuhl (1931) przypuszcza, że kwas siarkowy potrzebny do powstawania ałunów pochodzi z wietrzenia pirytu. Ałuny zmyte przez wodę rozkładają się w niej na pojedyncze siarczany i są one jednym ze źródeł siarczanów i potasu w podłożu.

Wytworzone w tym rejonie dorzecza gleby zachowują w większości własności chemiczne podłoża. Na słabo wapiennych skałach fałdów dukielskich i jednostki śląskiej wytworzyły się głównie gleby szkielecowe, silnie kwaśne, bezwęglanowe, ubogie w składniki pokarmowe, a bogate w krzemionkę. Z gliniastych, pyłowych i ilastych gleb wytworzonych głównie na warstwach krośnieńskich i inoceramowych  $\text{CaCO}_3$  został już przeważnie wylugowany, stąd ich wierzchnie warstwy wykazują odczyn kwaśny. Mniejsze zakwaszenie mają jeszcze uprawne gleby gliniaste i ilaste w środkowej i dolnej części zlewni rzek Olszanicy, Hoczewki, Osławy z Kalniczką i Sanoczka. Ta partia gleb powstałych na więcej łupkowych warstwach skalnych bogatsza jest również w łatwo przyswajalny potas, którego ilości sięgają 32 mg/100 g gleby. Znaczne ilości potasu zawierają także gleby gliniaste pozostałych terenów. Gleby pyłowe Pogórza Dynowskiego są w potas mało zasobne. Wymywanie przez wodę potasu ze zwięzłych gleb gliniastych i ilastych, których ilastość wzrasta jeszcze w dół stoku, jest utrudnione ze względu na ich dużą pojemność sorpcyjną. Nie będzie się to prawdopodobnie odnosiło do gleb o bardzo dużej ilości łatwo przyswajalnego potasu. Wszystkie gleby tej części dorzecza są bardzo ubogie w fosfor. Żelaza natomiast zawierają dość dużo. Wymywanie go przez wodę jest jednak minimalne. Żelazo bowiem, które pod wpływem przesiąkającej wody i kwasów organicznych wymywane jest w głąb profilu, napotyka na większe



stężenie koloidów oraz więcej zasadowe środowisko, wytrąca się, utlenia i unieruchamia.

Pokrywające w przewadze równinną część dorzecza skały oraz gleby piaszczyste i pyłowe wodnego pochodzenia są na ogół ubogie w wapń, magnez, substancję organiczną i składniki pokarmowe (NPK). Zawierają natomiast znaczne ilości żelaza. Bardzo zasobne pod tym względem skały i gleby lessowo-czarnoziemne zajmują stosunkowo niedużą powierzchnię. Większy zasób żelaza w piaskach pochodzi z wietrzenia takich minerałów składowych, jak biotyt, piroksen i amfibol. Dzięki dużej przesiąkliwości tego terenu wymywanie z nich składników zachodzi stosunkowo łatwo. Żelazo wymywane jest najwięcej z podmokłych gleb piaszczystych, gdzie w beztlenowych warunkach znajduje się ono w formie żelaza dwuwartościowego. Z gleb piaszczystych łatwo ługowany jest także potas.

Mimo znacznego zalesienia, górski i pogórski teren dorzecza wykazuje bardzo słabą retencyjność ze względu na duże pochylenie zboczy, słabą przepuszczalność gleb i skał oraz brak większych tarasów aluwialnych. W wyniku tego na wiosnę odpływają ogromne masy wód, a w suchym jesiennym okresie odpływ ze zlewni górskiej jest bardzo mały (Tab. I). Z powodu łagodniejszych form powierzchni i pyłowych gleb, nieco większą retencję wykazują tereny Pogórza Dynowskiego. Dużą przepuszczalność i retencję mają piaszczyste i pyłowe gleby terenów równinnych.

Z przedstawionej charakterystyki podłoża wynika, że mimo dużego spływu powierzchniowego wody Sanu i jego dopływów na odcinku górskim i pogórskim mogą być zasilane z podłoża w duże ilości wapnia, magnezu i siarczanów, w średnie ilości potasu i sodu a bardzo minimalnie w fosfor, żelazo, substancję organiczną i krzemionkę. Uboższe w wapń, magnez i potas a bogatsze w krzemionkę będą wody górnych odcinków rzek Osławy, Soliny, Wetliny, Nasiczańskiego Potoku i Wołosatego, które spływają z dużych wzniesień zbudowanych z ubogich w zasadowe składniki skał fałdów dukielskich, pokrytych silnie kwaśnymi glebami. Ze względu na obecność w podłożu zlewni rzek Olszanicy, Kalniczki i Sanoczka większej ilości łatwiej wietrzejących marglistych łupków krośnieńskich oraz małego stopnia zakwaszenia gleb tego rejonu, wody tych rzek mogą być bardziej zasobne w wapń, magnez i potas.

Na terenie Pogórza Dynowskiego, w związku z dominującym występowaniem w podłożu bogatych w wapń i magnez skał inoceramowych oraz krośnieńskich, woda Sanu może w dalszym ciągu wzbogacać się w Ca i Mg. Woda ta na tym odcinku może również być zasilana w nieco większą ilość żelaza, a to prawdopodobnie na skutek dość znacznego zakwaszenia występujących tam gleb pyłowych i obecności znacznej ilości tego składnika w skałach inoceramowych. W okresie deszczów wody Sanu i jego dopływów w obrębie Pogórza Dynowskiego są zasobne także w duże ilości zawiesin ze względu na znaczną erozję występujących tam w większości gleb pyłowych.



Na terenie równinnym znaczne zasilanie wody Sanu w wapń, magnez, potas, fosfor i zawiesinę może następować tylko z lessowo-czarnoziemnych gleb pomiędzy Przemyślem a Jarosławiem. Z pozostałych terenów równinnych, wszystkie mniejsze i większe dopływy Sanu, w związku z charakterem podłoża (tereny piaszczyste), będą zasilaly San wodą o mniejszej twardości od jego wody na tym odcinku a bardzo bogatą w żelazo. Wody rzek i potoków płynących z terenu, gdzie występują piaski akumulacji lodowcowej (Lubaczówka, Złota), mogą być także dość zasobne w potas.

Powyższe rozważania na temat wpływu podłoża na chemizm wody Sanu, znajdują potwierdzenie w wynikach analiz chemicznych wody, wykonanych przez autora i podanych w tabeli II.

Nie zamieszczone w tabeli II wyniki analiz chlorków i siarczanów wskazują, że wody Sanu i jego dopływów zawierają ogólnie biorąc małe ilości chlorków (3,2—13,0 mg Cl/l), a znaczne siarczanów (19,7—59,2 mg SO<sub>4</sub>/l).

Na fliszowych terenach górskich i pogórskich, chlorki w wodach Sanu i jego dopływów wahają się w granicach 3,2—5,0 mg Cl/l, na nizinym piaszczystym obszarze 5,0—10,0 Cl/l, nieco większe ilości, bo 12,0—13,0 mg Cl/l, występują w wodach dopływów Sanu spływających z lessowo-czarnoziemnych terenów.

Wody górskiej i pogórskiej części dorzecza zawierają 28,0—59,2 mg SO<sub>4</sub>/l, a w nizinnej części ilości te w Sanie wahają się około 40,0 mg SO<sub>4</sub>/l, w jego dopływach natomiast 19,7—28,0 mg SO<sub>4</sub>/l. Największe ilości siarczanów (38,2—59,2 mg SO<sub>4</sub>/l) występują w wodach rzek: Osławy, Kalniczki i Sanoczka, które płyną przez tereny gdzie w podłożu występują zawierające więcej łupków warstwy krośnieńskie oraz łupki menilitowe. O zastanawiająco dużych ilościach siarczanów w wodach na terenach karpaccich wspomina już wcześniej Stangenberga (1958).

Zróznicowana budowa geologiczno-glebowa dorzecza przyczynia się także do powstawania na poszczególnych odcinkach rzeki różnych fizycznych właściwości środowiska bytowania organizmów wodnych. I tak: w górskim odcinku dorzecza duży spadek, sterzące z dna ławice skalne, duża ilość unoszonego okresami rumoszu, małe zmętnienie wody, płytka, mało wcięta w podłożu rzeka i związane z tym przenikanie do dna promieni słonecznych, stwarza dla jednych organizmów (plankton) trudne, a dla drugich (glony denne) korzystne warunki bytowania. Inne warunki panują na odcinku nizinym, gdzie rzeka ma mały spadek, dużą głębokość i piaszczysto-muliste dno. Duża masa wolno płynącej wody jest dobrym siedliskiem dla planktonu, natomiast piaszczyste dno nie sprzyja przyczepianiu się glonów dennych i dlatego jest przez nie stosunkowo mniej zasiedlane.

Kończąc, dziękuję Panu Prof. Dr K. Starmachowi za powierzenie mi opracowania tego tematu i cenne uwagi w trakcie wykonywania pracy.



Niektóre własności chemiczne wody rzeki Sanu i jego dopływów w 1963 r.  
Some chemical properties of the water in the San river and its tributaries in 1963

Tab. II

Nazwa rzeki lub potoku Name of river or stream	Podłoże skalne Rock substratum	Miejscowość Locality	Data Date	pH	Zasadowość mg CaCO <sub>3</sub> /l alkalinity mg CaCO <sub>3</sub> /l	Twardość ogólna w °dH general hardness in German degrees	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	K mg/l	Na mg/l	
Włosaty	Faldy dukalsko-uzockie Dukla - Uzocz folds	Ustrzyki	25.IV.	7.8	57.0	3.3	20.0	2.2	śl.	0.90	2.6	
			14.X.	8.2	106.0	6.5	35.0	6.8	0.02	1.29	2.4	
Wetlina		Kalnica	25.IV.	7.3	31.0	2.2	12.1	2.1	0.02	0.70	2.6	
			14.X.	7.4	70.0	4.7	26.4	4.3	0.04	1.10	3.0	
Solinka		Cisna	24.IV.	7.7	50.0	3.2	19.0	2.2	śl.	0.82	3.8	
			14.X.	8.0	92.5	5.7	32.9	4.8	0.03	0.91	4.6	
San		Centralna depresja karpacka Central Carpathian depression	Bachłowa	24.IV.	8.1	102.0	6.1	38.6	3.0	śl.	1.74	7.0
				14.X.	8.2	140.0	8.3	35.4	14.5	0.02	2.40	6.7
Hoczewka			Hoczew	26.IV.	8.1	151.0	9.4	54.3	7.8	śl.	2.60	8.9
				14.X.	8.2	172.5	10.5	56.8	15.6	0.02	2.95	10.4
Kalniczka	Tarnawa		26.IV.	8.2	185.0	11.1	60.0	11.7	śl.	3.2	9.1	
			14.X.	8.2	220.0	13.9	30.0	42.1	0.00	4.41	10.5	
Sanoczek	Dąbrówka		24.IV.	8.2	225.0	13.5	70.4	15.6	0.08	3.32	8.8	
			14.X.	8.2	265.0	15.9	48.2	39.7	0.16	5.01	13.2	
Niewistka	Faldy inoceramowe Inoceranian folds		Niewistka	23.IV.	8.0	182.5	10.7	59.3	10.4	0.08	3.07	8.4
Świnka			Nienadowa	23.IV.	8.2	242.5	14.3	81.5	12.6	0.10	3.50	9.5
Cisowa		Olszany	30.VII	7.9	282.5	15.1	81.5	16.0	0.12	5.48	10.8	
			13.X.	7.7	252.5	14.1	80.0	12.6	0.08	4.07	11.5	
San		Przemysł	23.IV.	8.0	120.0	7.2	40.0	6.9	0.06	2.00	8.9	
	13.X.		8.0	162.5	10.1	29.3	26.0	0.35	2.91	9.40		
Rada	Radymno	23.IV.	8.2	317.5	17.7	89.0	22.6	0.30	3.77	11.84		
		13.X.	7.9	387.5	21.5	75.4	47.5	2.00	5.01	14.5		
Złota	Utrąconosed i czwartorzęd przędźbora Tertiary and Quaternary of the submontane region	Kuryłówka	22.IV.	7.6	105.0	5.9	35.0	4.3	0.70	3.05	8.48	
13.X.			7.4	95.0	5.7	30.7	6.1	1.00	2.22	10.10		
Tanew		Ulanów	22.IV.	7.8	110.0	6.2	40.0	2.6	1.00	1.92	6.12	
			13.X.	7.8	120.0	7.0	40.0	6.1	0.90	1.76	7.30	
Chyński		Swóły	22.IV.	7.0	55.0	3.3	17.9	3.5	1.60	1.77	8.00	
			13.X.	7.1	60.0	3.7	18.9	4.6	3.20	2.09	8.90	
San		Stalowa	22.IV.	7.8	122.5	8.0	44.3	7.8	0.35	1.99	6.28	
			13.X.	7.8	170.0	10.8	57.9	11.5	1.40	4.11	12.60	
	Wola	13.X.	7.8	170.0	10.8	57.9	11.5	1.40	4.11	12.60		



## SUMMARY

The geological structure and that of the soil of the San river basin (not including the drainage basin of the Wisłok river) were described in the present work, particular attention being paid to the physical and chemical properties of the substratum, chiefly in relation to the chemical composition of the water and the structure of the river. Other factors were also described, but in a general manner, such as, for instance, the morphology of the terrain, climatic conditions and the vegetation cover (mostly forests) of the river basin.

The San is the last and the largest Carpathian tributary of the Wisła (Vistula) river. The basin of the San occupies 16 779 km<sup>2</sup>. It can be divided in a general manner, from the morphological point of view, into a mountainous area (600—1343 m. above sea level) and a submontane area (270—600 m. above sea level) including the southern upper and central part of the river basin, and the lowland area (144—270 m. above sea level) forming its northern lower part. The mean gradient of the river in its mountainous sector amounts to 3.52 pro mille; it is 0.88 pro mille in the submontane one and 0.32 pro mille in the lowland sector (Table I).

The rocky substratum of the mountainous and submontane parts of the San basin is composed of flisch formations, that is of alternating sandstone and schist strata belonging to different tectonic units. The flisch rocks present here are of Cretaceous and Tertiary origin (Eocene, Oligocene).

The level terrain of the drainage basin is mostly formed of Miocene loams, covered by Quaternary formations of different thickness, such as sand of different geological origin, loess, silty formations of aqueous origin and boulder clays. The distribution of the rock formations in the terrain of the river basin is presented in fig. 1. The text contains a general lithological, petrographic and chemical description of the rocks.

The different soils of the San river basin were divided into mechanical groups, according to the classification and nomenclature of the Polish Society for Soil Science. Their distribution is presented in fig. 2. The author determines the physical and chemical properties of the different kinds of soil on the basis of his own analyses and data from literature.

A general description of the structure of the bed of the San river and of its principal tributaries is also contained in the present work.

In the final considerations the physical and chemical differentiation of the rock and soil materials of the substratum within the limits of the basin and the variability of the chemical composition of the water in the river connected with it are discussed. The existence of a distinct correlation between the character of the substratum and some chemical properties of the water of the river San and of its tributaries is confirmed by the results of chemical analyses of the water presented in Table II.

## LITERATURA

- Borowiec J., 1953. Bielcowe gleby pyłowe Pogórza Dynowskiego ze szczególnym uwzględnieniem ich potrzeb nawozowych. *Annal. UMCS*, s. E, 8, 7, 233—262.
- Dobrzański B., Malicki A., 1948. Rzekome loessy i rzekome gleby loessowe w okolicy Leżajska. *Annal. UMCS*, s. B, 3, 11, 415—426.
- Dobrzański B., Malicki A., 1950. Gleby województwa krakowskiego i rzeszowskiego. *Annal. UMCS*, s. B, 4, 6, 117—134.
- Dziewański J., Starkel L., 1962. Dolina Sanu między Soliną a Zwierzyniem w czwartorzędzie. *Prace Geograf. PAN*, 36, Warszawa, Wyd. Geolog.



- Hempel J., 1933. Budowa geologiczna okolic Sanoka, Sprawozd. PIG, 7, 4.
- Horwitz L., 1936. Geologia centralnej depresji karpackiej na północ od Lutowisk. Roczn. Pol. Tow. Geol., 12.
- Klimaszewski M., 1937. Z morfologii doliny Sanu między Leskiem a Przemyślem. Przegląd Geograf., 16, 107—132.
- Klimaszewski M., 1939/46. Podział morfologiczny południowej Polski. Czasop. Geograf., 17, 3—4, 133—182.
- Kuhl J., 1931. O tworzeniu się kaolinu i alunitów we wschodniej części Gór Świętokrzyskich (Góry Pieprzowe) koło Sandomierza. Sprawozd. z Czyn. i Posiedz. PAU, 36, 9, 19.
- Kulig L., Smólski S., 1962. Kierunki rozwoju gospodarki leśnej na karpackich ziemiach górskich. Zeszyty Probl. Post. Nauk Rol., 37, 89—122.
- Malicki A., 1950. Geneza i rozmieszczenie loessów w środkowej i wschodniej Polsce. Annal. UMCS, s. B, 4, 8, 195—228.
- Milata W., 1937. Pokrywa śnieżna w Karpatach. Prace Stud. Turyzmu UJ, Kraków, 3, 52.
- Opolski Z., 1927. Sprawozdanie z badań geologicznych na ark. Wola Michowa, Lesko, Ustrzyki Górne. Sprawozd. PIG, 4, 1—2.
- Opolski Z., 1930. Zarys tektoniki Karpat między Oslawą, Łupkowem a Siankami. Sprawozd. PIG, 5, 3—4.
- Opolski Z., 1933. O stratygrafii warstw krośnieńskich. Sprawozd. PIG, 7, 4.
- Pałczyński A., 1958. Wstępne badania geobotaniczne i florystyczne użytków zielonych w Bieszczadach. Zesz. Nauk. WSR, Wrocław, 12, 93—119.
- Pasternak K., 1962. Geologiczna i gleboznawcza charakterystyka dorzecza rzeki Górnej Wisły. Acta Hydrobiol., 4, 3—4, 277—299.
- Stangenberg M., 1958. Ogólny pogląd na skład chemiczny wód rzecznych Polski. Pol. Arch. Hydrobiol., 4 (17), 289—359.
- Świdziński H., 1947. Słownik stratygraficzny północnych Karpat fliszowych. Biul. PIG, 37.
- Świdziński H., 1953. Karpaty fliszowe między Dunajcem a Sanem. Regionalna Geologia Polski, 1, 2, Kraków, Polskie Tow. Geol.
- Tokarski A., 1947. Antyklina kredowa Międzybrodzie—Zaluz. Wykaz prac mat.-przyrod. w Polsce 1939—1945, Kraków, PAU.
- Wdowiarz J., 1931. Szkic geologiczny Karpat pomiędzy przełęczą dukielską a Oslawicą—Oslawą. „Kosmos” A, 55.
- Wdowiarz J., 1939. Budowa geologiczna Karpat w okolicy Dynowa. Biul. PIG, 10.
- Wdowiarz J., 1948. Budowa geologiczna Karpat w okolicy Dubiecka i Krzywcy. Biul. PIG, 33.
- Wondrausch A., 1953. Mady okolic Niska i Rudnika nad Sanem. Roczn. Nauk. Rol., A, 67, 3, 132.
- Praca zbiorowa, 1953/54. Przeglądowa mapa geologiczna Polski, 1:300 000. Arkusze: Przemyśl, Nowy Sącz, Kielce, Zamość, Wyd. B, IG.
- Praca zbiorowa, 1958/59. Mapa gleb Polski, 1:300 000, Arkusze: Przemyśl, Nowy Sącz, Kielce, Zamość, Wyd. A, JUNG.
- Praca zbiorowa, 1958. Prace i studia Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, 2, cz. 2, Warszawa PWN.

Adres autora — Author's address

Dr Kazimierz Pasternak

Zakład Biologii Wód, Polska Akademia Nauk, Kraków, ul. Sławkowska 17.