

CHEMIZM WÓD PODZIEMNYCH W DZIAŁACH PROSZOWSKICH

Zainicjowana przed paru laty przez prof. dra Andrzeja Michalika i prowadzona nadal pod Jego kierunkiem w Instytucie Geografii tutejszej WSP ocena chemicznego składu wód podziemnych na terenie południowej Polski pozwala na wyróżnienie wielu obszarów, w których wody studzienne wykazują znaczne rozbieżności w stosunku do obowiązujących norm wód pitnych. Prace tego typu mają dużą wartość praktyczną, przede wszystkim dlatego, że ujawniają obszary, w których powszechnie użytkowane wody nie powinny być spożywane, wywołują niekorzystne zmiany w organizmie i prowadzą niekiedy do długotrwałych schorzeń o charakterze toksycznym. Ponadto prace te, wymagające wyjaśnienia genezy mineralizacji wody, przyczyniają się do gruntowniejszego poznania środowiska i gromadzenia o nim wiadomości z zakresu geografii fizycznej. Woda, przez swój skład chemiczny, odzwierciedla całokształt przymiotów środowiska, w którym przebywa. Jest bardzo dobrym rozpuszczalnikiem i posiada cechy elektrolitu. Elektrolityczne właściwości wody umożliwiają wymianę jonową pomiędzy substancjami znajdującymi się w jej roztworze a środowiskiem roślinnym, glebowym, zwierzelinowym i skalnym. W konsekwencji ustala się jej ogólna mineralizacja, która jest funkcją chemicznej jakości środowiska, czasu krążenia wody w podłożu i długości przebytej przez nią drogi — zanim wypłynie ona na powierzchnię Ziemi w źródle lub zostanie ujęta otworem studziennym.

Chemiczny skład wód podziemnych, a szczególnie wód pierwszego horyzontu, jest więc wynikiem bardzo zróżnicowanych procesów, jakie zachodzą w środowisku od powierzchni Ziemi po strefę saturacji włącznie. Ponieważ bardzo czule rejestruje indywidualne cechy środowiska, może on być również sprawdzianem (na zasadzie współzależności zjawisk fizyczno-geograficznych) przestrzennego zróżnicowania tych wszystkich komponentów środowiska, które wywierają wpływ na kształtowanie się ogólnej mineralizacji wody. Chemiczny skład wód może także ułatwić wyznaczenie granic w różnych tematycznie podziałach regionalnych. Dotyczy to również podziałów geomorfologicznych, zwłaszcza jeżeli obejmują one takie obszary, których charakterystyczne cechy są maskowane przez pozornie mało zróżnicowaną strukturę

podłoża i rzeźbę powierzchni Ziemi. Obszary takie w literaturze przedmiotowej bywają często określane jako „prześciowe“ (rubieże), lub włączane do jednostki taksonomicznej wyższego rzędu, z którą, nie wiadomo czy poza bliskim położeniem mają w ogóle jakieś cechy wspólne. Taki los w ostatnim podziale geomorfologicznym (1972) spotkał również Działy Proszowskie. Dlatego właśnie do ich terytorium zastosowano kryterium chemicznego składu wody podziemnej, które, wobec braku uzasadnienia nowego podziału, powinno ułatwić wykrucie ich więzi z terenami sąsiednimi i wskazać ten mezoregion, do którego należeć powinny. Zagadnienie to nie jest jednak głównym tematem niniejszego opracowania. Nie można go jednak pominąć, zwłaszcza gdy wnioski porównawcze wynikające z przestrzennego zróżnicowania głównych parametrów chemizmu wód podziemnych dla obszaru omawianego i terenów sąsiednich nasuwają się automatycznie. Celem artykułu jest natomiast przedstawienie stanu faktycznego mineralizacji wód występujących i powszechnie użytkowanych w Działach Proszowskich. Ze względu na uniknięcie dodatkowych źródeł mineralizacji wody, jakimi często są zanieczyszczenia spowodowane brakiem właściwych urządzeń sanitarnych w zagrodach wiejskich, podstawą opracowania są studnie szkolne.

Działy Proszowskie (nazwa wprowadzona przez J. Flisa 1956, przyjęta przez A. Dylikową 1973; wg M. Klimaszewskiego 1939/46 — Płaskowyż Proszowicki; wg J. Kondrackiego 1965, 1967 — Płaskowyż Proszowski) — są najbardziej na południowy zachód wysuniętym subregionem Niecki Nidziańskiej. Odmienny pogląd wyraził w I tomie *Geomorfologii Polski* L. Starkeł (1972), który omawiany obszar pod nazwą Wysoczyzny Proszowickiej zaliczył do Kotliny Sandomierskiej.

Działy Proszowskie zajmują znaczną część niecki działoszyckiej, w której pod mioceniem występują przeważnie margliste utwory kredowe. Nieckę wypełniają ily tortońskie facji morskiej, przewarstwione lokalnie soczewkami piasków, margli siarkonośnych i wapieni. Współczesna powierzchnia topograficzna ukształtowała się na lessach (ryc. 1) pokrywających ily tortońskie, a miejscami (dorzecze górnej Małuszówki), także margle kredowe i piaski fluwiogłacjalne. Lessy te pochodzą prawdopodobnie z jednego cyklu sedymentacyjnego (złodowacenie bałtyckie) i osiągają miąższość od kilku do kilkunastu metrów. Na wschód od Proszowic oraz w okolicy Kuchar i Książnic zachowały się resztki silnie już zwietrzałych i przemytych glin zwałowych ze złodowacenia krakowskiego. Nie wyróżniają się one jednak ani w morfologii terenu, ani też nie ujawniają żadnych odrębnych cech, w stosunku do pokrywy lessowej, w zakresie kształtowania się poziomu wodonośnego.

W rzeźbie dominują faliste, o małych deniwelacjach płaskowzgórza wznoszące się od 260 do 302 m n.p.m. Są one rozcięte głębokimi (150—190 m n.p.m.) i — w porównaniu z niewielką obecnie ilością wody w ciekach — zbyt szerokimi dolinami. Urozmaicenie rzeźby powierzchni garbów międzydolinnych

(działów) stanowią zagłębienia („wymoki“) szczególnie pospolite w okolicach Proszowic (F l i s 1956) oraz gęsta sieć wąwozów i parowów rozcinających krawędzie stoków i zbocza dolin rzecznych. Większe rzeki Działów Proszowskich, a mianowicie Nidzica i Szreniawa ze Ścieklcem oraz mniejsze jak Potok Kościelnicki i Ropotek spływają z północnego zachodu na południowy wschód. Docięły się one w wielu miejscach do miocenu i kredy. Są one lewobrzeżnymi dopływami Wisły, do której uchodząc rozcinają po drodze wysoką (60—80 m) krawędź Wyżyny Małopolskiej.

Rzeki omawianego obszaru, podobnie jak i wody podziemne pierwszego horyzontu, ujawniają wiosenne maksima stanów wody związane z roztopami i drugorzędne letnie — wywołane wzmożonymi opadami. Minimum występuje w zimie, a drugorzędne na przełomie lata i jesieni.

Pod względem klimatycznym obszar Działów Proszowskich wyróżnia się spośród otaczających je jednostek nie tyle wartościami i przebiegiem temperatury powietrza coroczną sumą opadów. Odbiega ona od średniej krajowej i wynosi 600—550 mm w zachodniej i wschodniej części omawianego obszaru, a w części środkowej, obejmującej międzyrzecze Szreniawy i Nidzicy spada do 550—500 mm rocznie, a nawet poniżej 500 mm nad dolnym Ścieklcem.

Omawiany obszar wyróżnia się ponadto niemal zupełnym brakiem lasów i bardzo dobrymi glebami, wśród których dominują czarnoziemy — w związku z czym prawie w całości teren ten jest użytkowany rolniczo.

Wody podziemne pierwszego horyzontu w Działach Proszowskich występują na różnych głębokościach. Z 85 analizowanych studni szkolnych ponad połowa (54,2%) ma zwierciadło wody na głębokości nieprzekraczającej 10 m. Obrazuje to poniższe zestawienie (A), a także następne (B), z którego wynika, że przeważają studnie średniej głębokości, sięgające dnem do 15 m (66,3%) poniżej powierzchni terenu:

Zestawienie A

Głęb. do zwierz. w m	<5,0	5,1—10,0	10,1—15,0	15,1—20,0	20,1—40,0	> 40
Ilość studni w %	19,3	34,9	24,1	13,3	7,2	1,2

Zestawienie B

Głęb. studni do dna w m	<10,0	10,1—15,0	15,1—20,0	20,1—40,0	> 40
Ilość studni w %	26,5	39,8	19,3	10,8	3,6

Najgłębszą jest studnia szkolna we Wroninie (nr 84 na ryc. 2 i w Tab. I) jak i w zachodniej części Działów, w której zwierciadło wody występuje dopiero na głębokości 50 m. Zarówno w tej, jak i w większości studni pozostałych, niezależnie zresztą od ich głębokości, warstwa wody jest stosunkowo niewielka. Najczęściej i w przeciętnych warunkach uwilgotnienia gruntu studnie posiadają 2—3 m warstwę wody. Z tabeli I wyliczono, że taka właśnie warstwa wody występuje w 49,4% ogółu charakteryzowanych studni. Do wyjątków natomiast należą studnie, w których warstwa wody jest mniejsza od 2 m (7%) lub przekracza 10 m (6%). Wyspowo pojawiają się one w różnych miejscowościach omawianego obszaru. Stosunkowo głębokie studnie występują w południowo-wschodniej części Działów Proszowskich. Wiąże się to ściśle z miąższością warstwy lessu wzrastającą właśnie w tym kierunku. Najczęściej woda jest tam wydobywana z głębokości 15,1—20,0 m a nawet z większej — bo z 20,1—40,0 m.

Według H. Więckowskiej (1963) wody podziemne Działów Proszowskich należą do śródlessowych i podlessowych. Charakteryzują się one swobodnym lub będącym w równowadze podesłania zwierciadłem wody i niezbyt zasobnym zbiornikiem — co zresztą zgadza się z niewielką miąższością warstwy wodnej w analizowanych studniach. Główny horyzont występuje w spągu lessu i w piaskach podlessowych podesłanych nieprzepuszczalnymi iłami tortońskimi, a na zachodzie obszaru — także marglami kredowymi. W związku z tym wody czwartorzędowe są w stałym kontakcie z utworami trzeciorzędowymi i kredowymi — a to zwykle prowadzi do wzrostu ich ogólnej mineralizacji. Lokalne natomiast, płytkie zbiorniki śródlessowe są uwarunkowane pojawianiem się trudno przepuszczalnych soczewek w masie utworu. Powstały one w wyniku wmycia substancji ilastych pochodzących z rozkładu glinokrzemianów, lub — z nagromadzenia się kongrecji wapiennych utworzonych w procesie suffozji. Horyzont śródlessowy reprezentuje typ wód zawieszonych. Wody takie są wydobywane w wielu studniach, ponieważ odznaczają się one na ogół lepszą jakością od tej, jaka występuje głębiej — w horyzoncie zasadniczym. Ujemną cechą wód śródlessowych są duże wahania zasobności zbiornika, a nawet jego zanikanie w długotrwałych okresach bezdeszczowych.

Wody podziemne wydobywane w studniach pochodzą z infiltracji opadów i wód roztopowych. Wsiąkająca w podłoże woda opadowa zawiera gazy atmosferyczne i nieznaczną ilość rozpuszczonych substancji mineralnych. W środowisku glebowym roztwór ten podlega przemianom prowadzącym do ustalania się pierwotnego składu chemicznego wody gruntowej. Przez czarnoziemy woda przesącza się powoli, ponieważ jej ruch grawitacyjny utrudniają koloidy substancji organicznej oraz gęsty splot korzeni roślin rozkładających się w warstwie próchnicznej. Długo przebywając w glebie zasobnej w składniki mineralne woda łąguje z niej rozpuszczalne sole i wzbogaca swój roztwór w jony Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} i inne. Równocześnie roztwór

ten traci znaczną ilość rozpuszczonego O_2 , który zużywany jest na utlenianie substancji organicznych i mineralnych zawartych w glebie. Procesowi utleniania towarzyszy wydzielanie się dwutlenku węgla oraz siarkowodoru tworzącego się podczas gnicia materii zawierających białko. Oba te gazy — CO_2 i H_2S łatwo rozpuszczają się w wodzie i razem z nią atakują środowisko skalne. Obecność w wodzie wymienionych gazów ułatwia przechodzenie w roztwór nawet takich soli, które nie rozpuszczają się w wodzie chemicznie czystej. Tak na przykład $CaCO_3$ lub $MgCO_3$ w wodzie zawierającej CO_2 stają się rozpuszczalnymi wodorowęglanami wapnia lub magnezu według reakcji: $CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$. Również H_2S umożliwia dysocjację różnych związków, przede wszystkim poprzez uczestniczenie w procesie tworzenia się rozpuszczalnych siarczanów ($FeSO_4$, $CaSO_4$ i in.). Wprowadzanie w roztwór wodny składników mineralizacji zależy jednak nie tylko od ilości zawartych w wodzie gazów, ale także od czasu krążenia jej w środowisku skalnym oraz od chemicznych i fizycznych właściwości utworu.

Less należy do utworów średnioprzepuszczalnych, a więc i w tym środowisku, w wyniku powolnego przesączania się wody, stosunkowo długo trwa wymiana jonowa pomiędzy roztworem wodnym a skałą. Po opuszczeniu gleby, częściowo zmineralizowana woda wchodzi tu w nowy etap kształtowania się jej składu chemicznego. Przede wszystkim jej roztwór zagęszcza się i nabiera takich właściwości — jakie warunkuje mineralny skład lessów i utworów podlessowych.

W składzie mineralnym lessów (M a l i c k i 1967) przeważają ziarna kwarcu o frakcji 0,02—0,05 mm (rzadziej większej), stanowiące 60—70% masy skalnej. Węglany ($CaCO_3 > MgCO_3$) dochodzą niekiedy do ponad 30% ogólnego tworzywa. Występują one „przeważnie w postaci drobnego pyłu, który powleka pojedyncze ziarna kwarcowe bądź innych minerałów i tworzy na nich cienką otoczkę“ (M a l i c k i 1967, s. 378). Skalenie stanowią 10—20% objętości utworu, a ponieważ łatwo podlegają chemicznemu wietrzeniu, są one źródłem zawartych w lessach składników ilastych. W dalszej kolejności należy wymienić dość równomiernie rozsiane w lessie tlenki żelaza (1,5—3,0%), decydujące o barwie utworu oraz tlenki manganu i minerały ciężkie — stanowiące prawie 2% całej masy skalnej.

Zmineralizowana i ujęta w studniach woda podziemna w Działach Proszowskich należy do wód słodkich, ponieważ ogólna ilość rozpuszczonych w niej substancji wyrażona suchą pozostałością jest mniejsza od 1 g/litr. Mimo to — w większości przypadków przekracza normy wód pitnych, ustalone przepisami ogłoszonymi w rozporządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 16 XI 1961 r. — Dz. U. PRL z dnia 12 XII 1961 r. nr 59, poz. 333. Ujawniają to nawet skrócone analizy chemizmu wody wykonane w powiatowych i wojewódzkich Stacjach Sanitarno-Epidemiologicznych, a obejmujące między innymi: stężenie wolnych jonów wodorowych (odczyn pH), twardość ogólną i niewęglanową, zawartość chlorków oraz

żelaza i manganu. W niniejszym opracowaniu wykorzystano takie właśnie analizy wód, wykonane przez Stację Sanepidu w 1969 roku.

W świetle tych analiz (tab. I.) wody podziemne pierwszego horyzontu, na którym bazują studnie w omawianym subregionie Niecki Nidziańskiej charakteryzują się reakcją zasadową ($\text{pH} > 7,0$). Właściwości zasadowe nadają wodzie jony wodorotlenowe (OH^-), węglanowe (CO_3^{2-}) i wodorowęglanowe (HCO_3^-), powstające w procesie dysocjacji wody ($\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$) i kwasu węglowego ($\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$; lub $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$), bardzo rozpowszechnionego w płytkich wodach ze względu na obecność dwutlenku węgla ($\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$). Równocześnie, uwolnione jony wodorowe (H^+), które nadają wodzie właściwości kwasowe ($\text{pH} < 7,0$) wypierane są ze związków znajdujących się w roztworze przez jony metali alkalicznych (Na^+ i K^+) i ziem alkalicznych (Ca^{2+} i Mg^{2+}) występujących masowo w powierzchniowej warstwie ziemi. Są one ługowane z minerałów glebowych, z wietrzejących glinokrzemianów oraz z różnych skał wapiennych. W przypadku pokrywy lessowej — jak to ma miejsce w Działach Proszowskich — kationy Ca^{2+} i Mg^{2+} przedostają się do wód w wyniku rozpuszczania węglanowych otoczek pokrywających ziarna kwarcu. Wchodzą one łatwo w związki z anionami OH^- , CO_3^{2-} , a szczególnie z HCO_3^- tworząc charakterystyczny dla słabo zmineralizowanych płytkich wód typ CaHCO_3 , MgHCO_3 , NaHCO_3 lub CaMgHCO_3 . Wody śródlessowe i podlessowe omawianego obszaru są zazwyczaj wodorowęglanowo-wapniowymi (CaHCO_3). Stężenie wolnych jonów wodorowych jest w takich wodach niewielkie i dlatego ujawniają one zawsze reakcję zasadową.

W Działach Proszowskich najmniejsze stężenie jonów wodorowych (7,6—8,5 pH) mają wody w studniach środkowej części obszaru obejmującego dorzecze dolnej Szreniawy i Nidzicy. Do tej grupy należy 30% analizowanych studni. Wody o odczynie słabo zasadowym (7,1—7,5 pH) wydobywane są w 59,8% ogółu studni. Trafiają się one wśród wyżej wymienionych bardziej zasadowych, ale przeważają w zachodniej, północno-zachodniej i we wschodniej części Działów. Odczyn obojętny (7,0 pH) ujawnia zaledwie 8,5% studni, które wyspowo występują w różnych częściach omawianego terenu. Dwie studnie (1,7%) reprezentujące odczyn słabo kwaśny (6,9 pH) znajdują się w obszarach, gdzie ility miocenijskie wychodzą spod pokrywy lessowej na powierzchnię terenu (na ryc. 2 nr 50-Brzesko Nowe, nr 73-Szczytniki). Przyczyną większego stężenia jonów wodorowych jest tu przede wszystkim dysocjacja siarkowodoru rozpuszczonego w wodach kontaktujących się z siarkonośnymi iltami tortońskimi ($\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{H}^+ + \text{HS}^-$; $\text{HS}^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$), a częściowo także i hydroliza soli żelazawych ($\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$), ponieważ (jak np. w Brzesku Nowym) odprowadzane z lessu tlenki żelaza przekształcają się w obecności siarki wylugowanej z iłów w siarczany.

Pod względem stężenia jonów wodorowych wody podziemne Działów Pro-

szowskich mieszczą się w normie wyznaczonej dla wód pitnych ($\text{pH}=6,5\text{—}9,0$).

Ujawniający się w odczynie wody kierunek reakcji chemicznej środowiska lessowego i utworów podlessowych wykazuje ścisły związek z inną właściwością wody podziemnej — a mianowicie z jej twardością. Tę chemiczną cechę wód naturalnych, będącą ważnym wskaźnikiem ogólnej mineralizacji, wywołują sole wapnia i magnezu. Spośród rozpowszechnionych w wodach pierwszego horyzontu soli, twardość wody omawianego obszaru zależy od zawartości w roztworze węglanów (twardość przemijająca) oraz siarczanów, a wyjątkowo nawet krzemianów i chlorków (twardość stała) wymienionych pierwiastków.

Według ustalonych norm wody pitne o najlepszej jakości mają twardość ogólną zawartą w granicach $8\text{—}12$ °n. Dopuszczalną jest jeszcze wartość 20 °n, a tymczasem w Działach Proszowskich aż $84,5\%$ ogółu analizowanych studni zcerpuje wodę o twardości znacznie wyższej. Ponad połowa studni ($53,6\%$) ujmuje wodę bardzo twardą (>30 °n,) $35,7\%$ — wodę twardą ($18, 1\text{—}30,0$ °n), $9,5\%$ dość- i średnio twardą ($8,0\text{—}18,0$ °n) a tylko $1,2\%$ — miękka ($4,0\text{—}7,9$ °n). W skrajnych przypadkach twardość ogólna przekracza 70 °n (ryc. 2 nr 4-Boszczynek, 11-Czyżowice, 30-Kazimierza Wielka, 35-Koszyce) a nawet 80 °n (nr 73-Szczytniki 88 °n), przy czym na uwagę zasługuje tu znaczny (do 82%) udział twardości niewęglanowej.

Wody o najwyższej twardości ogólnej występują w zachodniej części omawianego obszaru, w pasie przecinającym w poprzek główne elementy topograficzne — od działu wodnego pomiędzy Ropotkiem a Szreniawą — do Nidzicy. Drugi obszar z wodą bardzo twardą pokrywa się ze środkową częścią działu Nidzicy i Nidy, a trzeci ciągnie się wzdłuż skarpy nadwiślańskiej na południowych krańcach terenu — pomiędzy Potokiem Kościelnickim a dolną Szreniawą. Na pozostałym terenie przeważają wody średnio twarde, ale także zazwyczaj przekraczające normy wód zdatnych do konsumpcji. Wśród nich wyróżnia się obszar wód nie budzących pod tym względem zastrzeżeń, a obejmujący środkowy pas działu wodnego pomiędzy dorzecziami dolnej Szreniawy i Nidzicy oraz mały płat nad górnym Ropotkiem.

Wody o podwyższonej twardości są w stanie surowym smaczniejsze od miękkih. Jednak twardość przekraczająca 20 °n zdecydowanie pogarsza smak takich powszechnie używanych napojów jak herbata czy kawa. Poza tym przedłuża ona czas gotowania niektórych potraw, szczególnie zaś przyrządzanych z roślin strączkowych i mięsa — co pociąga większe zużycie paliwa i straty w gospodarce opałowej. Ponadto woda taka nie powinna być stosowana w stanie naturalnym jako środek sanitarny, ponieważ zbyt duże stężenie soli wapnia i magnezu powoduje tworzenie się z mydłem związków, które w czasie mycia wytrącają się z wody i zatykają pory skóry — co często prowadzi do rozmaitych jej schorzeń. Wynika z tego konieczność uzdatniania wody, zarówno dla celów pitnych, jak i sanitarnych. Zawyżoną

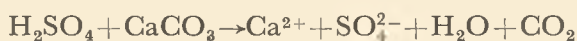
twierdź wody można zmniejszyć poprzez jej gotowanie. Dotyczy to jednak tylko twierdź wywołanej węglanami wapnia i magnezu, które w czasie gotowania wody wytrącają się z jej roztworu z równoczesnym wyzwalaniem się dwutlenku węgla. Powstały z wytrączenia się CaCO_3 i MgCO_3 osad jest powszechnie znanym „kamieniem kotłowym“ pokrywającym wewnętrzne ścianki naczyń używanych do gotowania wody. Kamień kotłowy jest złym przewodnikiem ciepła i dlatego powoduje znaczne straty energii cieplnej a także szybkie niszczenie naczyń używanych w gospodarstwie domowym. Z tych samych powodów woda o dużej twierdź węglanowej nie nadaje się do celów ogrzewniczych.

Z podanej wyżej ilości studni (84,5 %) zawierających wody o twierdź ogólnej przekraczającej dopuszczalną normę (20 °n) można wnioskować, że Działy Proszowskie nie dysponują wodą zdatną do picia oraz do celów gospodarczych i sanitarnych. Jednak powszechnie ją użytkują wobec braku lepszych wód w tym terenie. Duża twierdź węglanowa jest zresztą typowa dla wód studziennych w obszarach lessowych i w niektórych okolicach omawianego subregionu Niecki Nidziańskiej, stanowi ona 100 % twierdź ogólnej. Dotyczy to szczególnie wód średnio- i dość twierdych w dorzeczu Ropotka, obszaru leżącego na północ od środkowej Szreniawy i nad dolną Nidzicą. Natomiast wody twarde, w których sole węglanowe wywołują 100 % lub ponad 75 % twierdź ogólnej występują zwartym pasem w obszarze położonym wzdłuż lewego brzegu Nidzicy. Studnie, które taką wodę eksploatują mają różną głębokość do dna (8—43 m — najczęściej jednak 8—12 m) i do zwierciadła wody (od poniżej 5 do 40 m, z przewagą 5—10 m głębokości). Duża zawartość CaCO_3 i MgCO_3 przy równoczesnym braku twierdź niewęglanowej lub tylko nieznacznej jej wartości oraz niewielka ilość w tych wodach chlorków (Cl^-) wskazuje, że są to wody śródlessowe lub gromadzące się w piaskach podlessowych, złożonych na marglach kredowych, i że nie mają one kontaktu z ilami tortońskimi. W przypadku studni głębszych, które wskazują twierdź wyłącznie węglanową i nieznaczną ilość chlorków — jak na przykład w Dalechowicach (na ryc. 2 nr 12, głęb. studni 43 m, do lustra 31 m; 8,8 mg/l Cl^-) wody są eksploatowane z większej głębokości a nie z pokryw i reprezentują skład chemiczny wód szczelinowych w utworach marglistych, jakie często występują na Płaskowyżu Jędrzejowskim.

Znacznie większe przestrzenne zróżnicowanie aniżeli ogólna — wykazuje w omawianym terenie twierdź niewęglanowa. Ten rodzaj twierdź wywołują siarczany, chlorki oraz krzemiany wapnia i magnezu. Są to sole, których nie można z wody usunąć przez jej gotowanie, lecz dopiero w wyniku destylacji lub poprzez zastosowanie odpowiednich środków chemicznych. Jest to więc twierdź stała i z tego powodu w wodach używanych do konsumpcji nie może ona przekraczać 12 °n. Pod tym względem 54,2 % ogółu analizowanych studni ma wodę nadającą się do picia, ale blisko połowa (45,8 %) zawiera wodę nie odpowiadającą normom wód pitnych. Wody

o niedopuszczalnej twardości niewęglanowej (20,1—40,0 °n, a wyjątkowo nawet >60 °n) dominują w zachodniej części Działów Proszowskich — a szczególnie licznie w dorzeczu Ścieklca i Szreniawy w okolicach Proszowic. Stąd pas ich występowania przedłuża się w kierunku doliny Wisły. Drugi większy i zwarty obszar tych niezdatnych do picia wód obejmuje środkową część działu wodnego Nidy i Nidzicy i podobnie jak wyżej wymieniony, pokrywa się z obszarem występowania wód o bardzo dużej twardości ogólnej. Poza tym twardość niewęglanowa dyskwalifikuje wody studienne w Kazimierzy Wielkiej i okolicznych wsiach oraz w Koszycach i Królewicach nad dolną Szreniawą, a także w Igołomii, Goszycach i Tropiszowie — na południowo-zachodnich krańcach charakteryzowanego terenu. Na pozostałym obszarze najczęściej nie osiąga ona 8°n (0,0°n=9,6%; i 0,1—8,0°n=30,1% studni, ale w studniach położonych peryferycznie wzrasta wyraźnie i sygnalizuje występowanie wód dość twardych (8,1—12,0 °n=14,5% studni).

W Działach Proszowskich twardość niewęglanową wody podziemnej wywołują przede wszystkim siarczany wapnia i magnezu, a w mniejszym stopniu także — żelaza i manganu. Jon siarczanowy (SO_4^{2-}) przedostaje się do wód krążących w lessach w wyniku dysocjacji kwasu siarkowego (H_2SO_4), który tworzy się powszechnie zarówno w glebie jak i w podścielających lessy iłach krakowieckich. W glebie kwas siarkowy jest produktem utleniania się w obecności tlenu atmosferycznego siarkowodoru ($\text{H}_2\text{S} + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$), wydzielanego w procesie rozkładu substancji białkowych. W warstwie podlessowej natomiast tworzy się on na skutek utleniania siarki lub siarczków żelaza (pirytu) rozsianych w iłach. Głównym źródłem tlenu w tym przypadku są przesiąkające w głąb wody naturalne. Kwas siarkowy, występujący w znacznych ilościach w wodzie w spągu lessów podścielonych nieprzepuszczalnymi iłami, energicznie atakuje substancje węglanowe (rozpuszcza otoczkę ziarn kwarcu) według reakcji:



Atakowanie węglanów odbywa się więc z dwóch kierunków — bo od warstwy glebowej w głąb i od spągu lessów w górę. Kation wapniowy i anion siarczanowy łączą się w siarczan wapnia (CaSO_4 — przy równoczesnym wyzwolaniu się znacznej ilości CO_2). W analogiczny sposób tworzy się siarczan magnezu (MgSO_4), który jednak w stosunku do CaSO_4 w wodach pierwszego horyzontu jest solą rzadziej spotykaną w roztworze.

Siarczany wapnia i magnezu występujące w lessach Działów Proszowskich są minerałami epigenetycznymi, wprowadzonymi w utwór przede wszystkim przez wody zmineralizowane w strefie saturacji. Typowy dla lessów wysoki wznios kapilarny wynosi ku górze rozpuszczone w wodzie CaSO_4 i MgSO_4 a także FeSO_4 i $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Wytrącają się one z roztworu szczególnie obficie w okresach bezdeszczowych w ciepłym sezonie roku — w związku z intensywnym wówczas parowaniem terenowym. W wyniku tych procesów w lessach

omawianego obszaru stale zmniejsza się udział CaCO_3 i MgCO_3 — najłatwiej rozpuszczanych w wodach wsiąkowych zawierających CO_2 — a stopniowo wzrasta ilość CaSO_4 i MgSO_4 (szczególnie zaś w dolnej warstwie utworu).

Pewną, ale niewielką na ogół rolę w tworzeniu się twardości niewęglanowej charakteryzowanych wód odgrywają krzemiany wapnia, magnezu i żelaza. Udział CaSiO_3 , MgSiO_3 i FeSiO_3 w wodach Działów Proszowskich wzrasta w tych częściach obszaru, w których wskutek odwapnienia zewnętrznej warstwy lessu — głównie w równinnym terenie — następuje rozkład glinokrzemianów. Takie warunki występują na słabo rozciętych licznych, chociaż niewielkich spłaszczeniach międziodolinnych na południe od Nidzicy oraz wzdłuż jej biegu. Niezbyt głębokie studnie (przeważnie 8—12 m) i cienka w nich warstwa wody (1—3 m) sugeruje, że występują tam wody zawieszane śródlессowe, gromadzące się na trudno przepuszczalnych i scementowanych orsztytnym konkrecjach wapiennych. Ługowane z warstwy wapienno-żelazistej jony Ca^{2+} , Mg^{2+} i Fe^{2+} łączą się z jonami krzemianowymi (SiO_3^-), które są produktem rozkładu kwasu krzemowego ($\text{H}_2\text{SiO}_3 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SiO}_3^-$) rozpuszczonego w wsiąkającej wodzie, ujawniającej odczyn zasadowy. Wytrącone tymczasem z kwasu krzemowego jony wodorowe (H^+) wnoszą do roztworu wodnego właściwości kwasowe, przyczyniając się tym samym do częściowego zneutralizowania zbyt zasadowego odczynu wody.

Chlorki wapnia i magnezu również przyczyniają się do wzrostu twardości niewęglanowej wody i mają znaczenie przede wszystkim w tych obszarach, w których jony Cl^- występują w znacznym stężeniu. Jon chloru dostaje się do wód podziemnych z różnych źródeł i może być pochodzenia nie tylko mineralnego, ale także organicznego. W omawianym obszarze głównym źródłem jonu chlorkowego są rozsiane w osadach miocenu kryształy halitu (NaCl) łatwo rozpuszczalne w wodach naturalnych. Jeżeli wzbogacona w NaCl woda krąży w skałach wapienistych, to następuje wymiana jonowa pomiędzy elektrolitami zawartymi w jej roztworze a skałą, z której wylugowane jony Ca^{2+} lub Mg^{2+} wchodzi w związki z Cl^- . Sprzyjające temu procesowi warunki przyrodnicze występują przede wszystkim w zachodniej części Działów Proszowskich, gdzie spod lokalnie rozerwanej pokrywy lessowej pokazują się na powierzchni liczne drobne płyty ilastego miocenu w kontakcie z marglami kredowymi (ryc. 1). Te płyty miocenu i marglistej kredy pokazują się nie tylko w głęboko wciętych dolinach rzecznych, ale także na spłaszczeniach wododziałowych. Również w południowo-wschodniej części Działów, a ponadto w wielu wyspowo rozrzuconych obszarach na całym omawianym terenie duża zawartość w wodzie chlorków ułatwia wiązanie się jonu Cl^- z Ca^{2+} i Mg^{2+} i tworzenie się soli CaCl_2 lub MgCl_2 . Jednak w porównaniu z siarczanami takie sole jak krzemiany i chlorki wapnia i magnezu odgrywają podrzędną rolę w kształtowaniu się niewęglanowej twardości wody w Działach Proszowskich. Chlorki w tym przypadku wpływają raczej pośrednio

na wzrost omawianej twardości, ponieważ obecność NaCl w wodzie podziemnej zwiększa rozpuszczalność CaSO_4 i MgSO_4 .

Duże zróżnicowanie chlorków w wodach podziemnych zasługuje na uwagę przede wszystkim ze względu na zmienną ich ilość, stwierdzaną nawet w blisko siebie leżących studniach. Nie może być w tym przypadku wystarczającą oceną stężenia jonów Cl^- rozpatrywana w aspekcie twardości niewęglanowej głównie dlatego, że, jak wyżej wspomniano, CaCl_2 oraz MgCl_2 nie są zbyt rozpowszechnionymi solami w wodach słabo zmineralizowanych. Najczęściej Cl^- w płytkich wodach podziemnych występuje z jonem Na^+ lub (rzadziej) K^+ . Powszechne jednak występowanie jonu Cl^- we wszystkich wodach ujętych przez studnie świadczy o wielkim rozprzestrzenieniu tego składnika mineralizacji w powierzchniowej warstwie ziemi. Jak wiadomo, w omawianym obszarze pochodzą one z przedczwartorzędowych utworów, z którymi woda podziemna i powierzchniowa jest w ustawicznym kontakcie, a ich ilość w roztworze wodnym zależy w znacznym stopniu od zawartości chlorków w poszczególnych skałach morskiej sedimentacji. Według A. Polańskiego i K. Smulikowskiego (1969) ły zawierają od 50 do 450 g Cl^- a łożupki, piaskowce, dolomity, wapienie itp. od 20 do 2000 g Cl^- na tonę utworu.

Chlorki pochodzenia mineralnego, czyli tak zwane chlorki normalne, nie są szkodliwe, jeżeli nawet w roztworze wodnym znajdują się w znacznym stężeniu. Natomiast chlorki przedostające się do wód podziemnych, jak i odprowadzane do cieków, a pochodzące z fizjologicznych odchodów ludzi i zwierząt wywołują bakteriologiczne skażenie wody i nawet ich niewielkie stężenie może być przyczyną zatrucia organizmów. Ponieważ w niniejszym opracowaniu przyjęto analizy wód ze studni szkolnych (o względnie poprawnych warunkach sanitarnych w otoczeniu), można sądzić, że zawarte w ich roztworach jony Cl^- są, jeżeli nie wyłącznie to przynajmniej prawie w całości składnikami nie szkodzącymi, o genezie mineralnej. Jednak i ich ilość w wodach pitnych jest ograniczona i nie może przekraczać 250 mg/l Cl^- .

W Działach Proszowskich większość studni ma wody odpowiadające normom wód pitnych, ale zdarzają się i takie, w których stężenie chlorków przekracza 250 mg/l Cl^- . Wody z nadmierną ilością chlorków są eksploatowane z 15—20 m głębokości w południowo-wschodniej i w zachodniej części Działów i pod tym względem wykazują ścisły związek z położonymi w sąsiedztwie subregionami Niecki Nidziańskiej (na wschodzie Dolina Nidy, Niecka Solecka a na zachodzie obszary zapadliskowych padołów miocenkich na Wyżynie Miechowskiej). Duże stężenie jonu Cl^- w wymienionych częściach Działów Proszowskich jest wynikiem retencji wód podziemnych w utworach czwartorzędowych podłoża miocenich i kredowych skałami podłoża. Ponad 250 mg/l Cl^- występuje w 6% analizowanych studni. Poza tym, w wielu miejscowościach wydobywane są wody również o podwyższonej zawartości Cl^- , ale nie przekraczającej dopuszczalnej normy (150,1—250,0

mg/l Cl⁻). Wody takie, stwierdzone w 12% ogółu studni szkolnych występują najliczniej w okolicy Proszowic oraz na działale wodnym Nidy i Nidzicy. Oprócz tego sporadycznie pojawiają się one w całym obszarze — jednak zawsze tam, gdzie teren jest silniej rozcięty erozyjnie i gdzie wody podlessowe mają swobodny kontakt z krążącymi w uszczelinionych marglach, lub — gdzie w sąsiedztwie pokazują się ily tortońskie. W wyjątkowych przypadkach — jak na przykład w dorzeczu Małoszówki (ryc. 2 nr 4-Boszczynek, nr 44-Małoszów) — chlorki mogą przedostawać się do wód podziemnych w wyniku infiltracji brzegowej wód powierzchniowych, które swoją mineralizację mogły uzyskać w górnym biegu cieków. Najwięcej studni w omawianym terenie eksploatuje wody z zawartością chlorków nieprzekraczającą 100 mg /l Cl⁻ (65,4%). W tej grupie przeważają studnie (45,2%), ujmujące wodę, w której ilość jonów Cl⁻ jest zwykle mniejsza od 50 mg/l — co zresztą jest wynikiem nieznacznego zasolenia lessów. Studnie takie są zlokalizowane w dorzeczu górnego Ropotka, na działale wodnym Nidzicy i Szreniawy oraz wzdłuż lewego brzegu Nidzicy i Wisły — poniżej ujścia Szreniawy.

Porównując mapy (robocze) rozmieszczenia stężenia chlorków z głębokością wód studziennych, zwraca uwagę fakt, że do Działów Proszowskich nie można stosować powszechnie sprawdzającego się prawidła, że ilość chlorków wzrasta proporcjonalnie do głębokość wody podziemnej. Okazuje się bowiem, że najpłytsze studnie mają stosunkowo duże stężenie jonów Cl⁻ w litrze wody, natomiast w studniach najgłębszych, charakteryzujących się nisko leżącym zwierciadłem wody występują chlorki zarówno w dużych (Działoszyce) jak i w małych ilościach (Dalechowice, Wronin). Niniejsze zagadnienia obrazują niżej podane przykłady:

Nr studni na ryc. 2 i w tab. I	Miejscowość	Głęb. studni do dna w m	Głęb. do lustra wody w m	Ilość Cl — w mg/litr
40	Łaganów	4	3	154,9
69	Stogniewice	4,5	2	74,5
44	Małoszów	5	3,6	124,0
12	Dalechowice	43	31	8,8
15	Działoszyce	47	40	139,0
84	Wronin	53	50	21,3

Ta zmienna ilość chlorków w wodach pierwszego horyzontu zależy głównie od mineralnego składu utworów retencjonujących wodę, a prawdopodobnie także i od zróżnicowanej rzeźby powierzchni podczwartorzędowej. Studnie sięgające dnem do poziomu kredowego mają w roztworze wodnym mniejsze stężenie jonów Cl⁻ (Wronin, Dalechowice i inne), aniżeli zcierpujące ją z poziomu plejstoceno-miocenińskiego (Działoszyce, Łaganów,

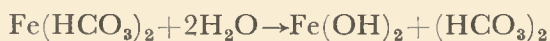
Stogniewice i inne). Na ogół najmniejsze ilości jonów Cl^- posiadają studnie o głębokości 10—20 m, w których zwierciadło wody występuje 6—8 lub 15—18 m poniżej powierzchni terenu, ale i to nie jest regułą, ponieważ właśnie z tych głębokości pochodzą także wody (w pd-wsch. części obszaru) z zawartością chlorków przekraczającą normy wód pitnych. Cechą charakterystyczną Działów Proszowskich jest więc — podobnie jak i w sąsiednich subregionach Niecki Nidziańskiej — duże zróżnicowanie stężenia jonów Cl^- , niezależnie od głębokości wody podziemnej pierwszego horyzontu.

Pospolitymi składnikami mineralizacji wody w omawianym obszarze są także jony żelaza i manganu. Pochodzą one przede wszystkim z lessów, w których występują jako dość równomiernie rozsiane tlenki. Jak wyżej podano, tlenki żelaza stanowią 1,5—3,0% ogólnej masy utworu i dlatego prawie wszystkie wody studzienne jon żelaza zawierają w swoim roztworze (manganu jest znacznie mniej i ma ograniczone rozmieszczenie). Ponadto jony żelaza przedostają się do wód z rozkładu zawartych w lessach glinokrzemianów i minerałów akcesorycznych (cyrkon, granat, magnetyt, ilmenit i inne), a także są ługowane z utworów podlessowych — jak na przykład z piasków i margli, a przede wszystkim z ilów miocenkich, gdzie najczęściej tworzą związki z siarczanami ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Siarczany żelaza są łatwo rozpuszczalne w wodzie i dlatego w tych obszarach, gdzie wody studzienne są w kontakcie z wymienionymi ilami, zawartość w nich jonów żelaza zwykle wzrasta.

Przeważające w wodach podziemnych żelazo dwuwartościowe (Fe^{2+}) przechodzi w roztwór przede wszystkim w postaci wodorowęglanu żelaza, czemu sprzyja występujący w wsiąkającej w less wodzie atmosferycznej dwutlenek węgla. Tlenki żelaza pospolite w lessach, przechodzą w obecności wody i CO_2 w wodorowęglany według reakcji:



Wodorowęglan żelaza jest związkiem trwałym tylko w przypadku obecności w wodzie CO_2 i zredukowanej do minimum ilości tlenu. Jeżeli więc tak zmineralizowana woda zostanie ujęta otworem studziennym, następuje wyzwianie się z jej roztworu CO_2 , a wzrasta ilość rozpuszczonego tlenu atmosferycznego. W wyniku hydrolizy, zawarty w wodzie wodorowęglan żelaza przechodzi w trudno rozpuszczalny wodorotlenek żelazawy:



Równocześnie z ulatnianiem się CO_2 wodorotlenek żelazawy wytrąca się z wody i w postaci brunatnych lub rdzawych kłaczków osadza się na dnie i cembrowinie studni. Strącające się wodorotlenki żelazawe są siedliskiem bakterii żelazistych, które utleniają sole żelazawe na żelazowe, powodują skażenie wody i nadają jej mętnawy wygląd oraz nieprzyjemny, metaliczny smak. Z tego więc powodu nadmierna ilość jonów żelaza w wodzie jest zjawiskiem niepożądanym. Normy wód pitnych pozwalają spożywać tylko

taką wodę, w której zawartość żelaza ogólnego (Fe^{2+} , Fe^{3+}) nie przekracza 0,3 mg/l Fe.

W wodach podziemnych Działów Proszowskich jony żelaza występują powszechnie, ale najczęściej w ilości dopuszczalnej. Można jednak i pod tym względem wyróżnić w omawianym obszarze takie tereny, w których zawartość Fe^{2+} jest większa i osiąga nawet 6,0 mg/l wody. Zawyżone ilości Fe^{2+} występują w wodach studziennych południowo-wschodniej części Działów Proszowskich w sąsiedztwie Doliny Nidy, na dziale wodnym Nidy i Nidzicy oraz wzdłuż doliny Nidzicy, a w zachodniej części — na dziale wodnym Ropotka i Szreniawy oraz pomiędzy Szreniawą a Nidzicą przy granicy subregionu.

W południowo-zachodnim obszarze Działów Proszowskich jonowi Fe^{2+} towarzyszy jon manganu (Mn^{2+}) i to nawet w ilości przekraczającej dopuszczalną normę (do 0,1 mg/l Mn^{2+}), jak na przykład w Igołomii 0,45; w Glewcu 0,3; w Karwinie 0,35; w Opatkowicach 0,25 mg/l Mn. Dla środkowej i wschodniej części Działów Proszowskich brak materiałów analitycznych, które uwzględniałyby zawartość manganu w wodach studziennych i dlatego nie można przedstawić tego zagadnienia w sposób poprawny (często także w powiecie kazimierskim analizy nie podają nawet stężenia Fe^{2+} i to w tych obszarach, gdzie żelazo na pewno w wodzie występuje, o czym świadczą żółte lub rdzawe zabarwienia kamienia kotłowego w naczyniach używanych do gotowania wody).

Z przedstawionej wyżej charakterystyki chemicznego składu wód podziemnych wynika, że ich jakość w Działach Proszowskich, w większości przypadków nie odpowiada normom wód pitnych. Przede wszystkim dyskwalifikuje je bardzo duża twardość ogólna, która w 84,5% ogółu analizowanych studni przekracza 20 °n, a także zbyt duża twardość niewęglanowa (45,8% studni), osiągająca lokalnie ponad 60 °n. Ponadto charakteryzują się one zróżnicowaną, ale w zasadzie rzadko spotykaną w wodach pierwszego horyzontu ilością chlorków przekraczającą nawet dopuszczalną wartość dla wód pitnych. Właściwością omawianego obszaru jest również dominujący zasadowy odczyn wody i powszechne — chociaż w niewielkim stężeniu (zwykle poniżej 0,3 mg/l Fe^{2+}) — występowanie jonów żelaza. Jednak w południowo-wschodniej i w zachodniej części Działów Proszowskich udział jonów żelaza w roztworze wodnym wzrasta i przekracza wyznaczoną normę. Także zawarte w wodzie jony manganu ujawnione analizami z okolicy Proszowic wykazują wartość zawyżoną.

W omawianym obszarze wyjątkowo mało studni szkolnych (12,9%) ujmuje wody, które w świetle obowiązujących norm nie budzą zastrzeżeń. Pozostałe natomiast, tj. 87,1% zawierają wodę nie nadającą się w stanie naturalnym do użytkowania. Z tego powodu ich dalsza eksploatacja powinna być zaniechana i należałoby szukać nowych źródeł zaopatrzenia ludności w wodę. Może się to okazać zjawiskiem bardziej oplacalnym aniżeli stosowanie

*Wyniki skróconych analiz chemicznych wody
ze studni szkolnych w Działach Proszowskich*

Nr na mapie	Miejscowość	pH	Twardość		Cl ⁻ mg/l	Fe ²⁺ mg/l	Mn ²⁺ mg/l	Głębokość : m	
			ogólna w °n	nie- węgl. w °n				do dna studni	do lustra
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Baranów	7,4	67,4	35,0	223,0	0,5	—	9	6
2.	Bejsce	7,4	24,5	0,6	9,8	—	—	12	9
3.	Bobin	7,2	50,2	26,6	165,4	0,12	nw	20	17
4.	Boszczynek	7,4	74,0	50,1	182,0	0,7		20	11
5.	Broniszów	7,4	21,3	0,0	9,8	0,1		10	4
6.	Chorążyce	7,4	34,2	10,1	156,2	0,1	nw	12	10
7.	Chwalibogowice	7,5	53,4	14,8	54,0	nw		20	18
8.	Cieszkowy	7,6	48,3	29,7	145,0	0,3		28	23
9.	Cudzynowice	8,1	27,9	12,0	18,8	nw		23	16
10.	Czarnocin	7,6	43,7	23,2	140,0	nw		13	7
11.	Czyżowice	7,2	70,2	26,3	195,0	nw		10	4
12.	Dalechowice	7,7	12,6	0,0	8,8	nw		43	31
13.	Dobiesławice	8,4	10,1	2,2	9,0	nw		28	25
14.	Drożejowice	7,4	48,2	25,7	142,0	nw		9	8,4
15.	Działoszyce	8,2	26,2	7,0	139,0	0,1		47	40
16.	Gabułów	7,6	24,6	0,0	74,3	nw		8	3
17.	Gaik	7,5	23,7	6,7	5,8	nw			
18.	Glew	7,3	19,6	0,0	14,2	0,02	nw	9	2
19.	Glewiec	7,0	34,2	3,8	82,4	0,3	0,3	10	7
20.	Gorzaków	7,8	17,4	2,5	11,7	nw		26	23
21.	Goszyce	7,3	53,2	26,3	203,1	0,03	nw	9,5	8
22.	Gunów	8,0	21,9	5,8	19,8	nw		18	11
23.	Igołomia	7,0	40,8	15,0	131,3	0,05	0,45	12	10
24.	Jaksice	7,2	26,0	9,8	53,3	0,2		18	16
25.	Jastrzębniki	7,2	25,7	6,0	18,0	0,3		8	3
26.	Kamięńczyce	8,2	30,2	9,8	26,8	nw		8	1,5
27.	Kamyszów	7,6	21,6	4,2	45,8	nw		12	1
28.	Karwin	7,5	15,4	0,0	13,5	0,55	0,35	12	6
29.	Kazimierza Mała	7,6	37,7	7,8	46,8	nw		13,5	11
30.	Kazimierza Wielka	7,5	75,4	24,9	249,0	0,2		18	15
31.	Klimontów	7,1	49,0	24,3	152,6	0,1	nw	13	10
32.	Kobylniki	7,4	25,4	8,9	38,5	nw		18	15
33.	Kocina	7,0	18,3	2,0	3,0	nw		14	12
34.	Koryto	7,5	24,5	0,0	52,6	nw		14	8
35.	Koszyce	8,0	72,6	56,0	330,3	nw		11	8
36.	Królevice	7,3	58,9	29,4	295,0	1,5		20	18
37.	Krzczonów	7,5	46,1	26,0	137,0	0,1		14	11
38.	Ksany	7,0	64,4	22,1	378,0	0,5		17	15
39.	Książnice Wielkie	7,3	31,0	12,6	60,2	nw		11	6
40.	Łaganów	7,1	60,8	32,8	145,9	0,5	1,8	4	3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	610
41.	Lękawa	8,4	17,3	3,4	9,8	nw		10	6
42.	Łososkowice	7,4	20,0	4,3	18,8	0,05	nw	18	15,5
43.	Malkowice	7,3	23,6	9,0	32,0	nw		25,5	23,5
44.	Małoszów	7,3	54,9	25,7	124,0	nw		5	3,6
45.	Miławczyce	7,3	45,8	15,1	135,0	nw		14	6
46.	Mistrzowice	7,2	38,9	22,1	41,5	nw		15	13
47.	Morawianki	7,1	4,9	0,0	56,4	nw		14	10
48.	Morsko	7,4	21,0	4,4	14,9	nw		18	15
49.	Niewiatrowice	7,2	31,2	9,5	36,8	nw		10	8
50.	Nowe Brzesko	6,9	52,4	24,9	117,2	0,65	nw	13	1,5
51.	Odonów	7,5	43,7	18,6	113,0	nw		35	1,5
52.	Opatkowice	7,7	45,6	30,5	223,6	1,3	0,25	15	12
53.	Opatowiec	7,6	33,1	10,4	16,0	1,0		20	17
54.	Ostrów	7,3	27,8	7,6	49,0	0,1	nw	21	18
55.	Pałacznica	7,3	40,4	19,1	51,5	0,02	nw	12	6
56.	Pierocice	7,1	66,6	43,6	168,0	nw		13	11
57.	Piotrkowice	7,8	20,3	3,4	8,8	nw	nw	20	19
58.	Piotrkowice Małe	7,1	44,4	22,0	87,7	0,1	nw	12	10
59.	Proszowice	7,3	48,3	29,7	136,7	0,15	nw	9	6
60.	Przemków	7,5	10,2	0,0	6,0	6,0		18	16
61.	Przezwody	7,3	28,8	8,6	28,0	0,03	nw	9	6
62.	Rogów	7,0	25,8	17,9	52,5	nw		18	15
63.	Rudno Dolne	7,3	42,4	25,0	158,7	0,45	nw	10	6
64.	Sielec Kolonia	7,8	26,6	7,3	17,0	nw		7	5
65.	Sieradzice	7,8	16,3	0,2	7,9	nw		15	12
66.	Skalbmierz	7,3	41,7	17,6	74,3	nw		10	8
67.	Skrzeszowice	7,2	43,6	10,6	260,9	0,1	nw	15	13
68.	Sokolina	7,5	25,8	7,3	26,0	nw		23	10
69.	Stogniewice	7,0	58,6	33,6	74,5	0,55	0,05	4,5	2
70.	Stradlice	7,4	20,9	5,6	21,8	2,0		12	6
71.	Stręgoboszyce	7,4	24,0	3,8	39,8	0,03	nw	17	14
72.	Szarbia	7,4	37,5	8,4	34,5	0,3		10	5
73.	Szczytniki	6,9	88,0	72,3	18,5	0,2		21	13
74.	Szreniawa	7,4	36,8	15,5	95,5	0,15		11	4
75.	Śmiłowice	7,6	31,8	13,9	39,8	0,13	nw	11	7
76.	Tempoczków	7,5	26,4	6,7	8,8	nw		12	6
77.	Topola	7,6	38,2	18,5	82,3	nw		10	5
78.	Tropiszów	7,1	35,6	13,7	68,9	0,02	nw	15	11
79.	Wawrzeńczyce	7,5	33,2	10,2	85,2	0,2	nw	13	10,2
80.	Wielgus	8,2	42,1	20,2	112,0	nw		13,5	11
81.	Wierzбно	7,4	19,0	2,2	11,0	0,05	nw	14	11
82.	Więckowice	7,7	20,8	7,4	29,0	0,3	nw	11	8
83.	Winiary	7,9	12,6	3,6	11,4	0,03	nw	18	17
84.	Wronin	7,4	22,4	4,5	21,3	0,3	nw	53	50
85.	Zagórzycy	7,4	24,9	8,4	9,6	nw		12	6

do obecnie używanych wód koniecznych zabiegów uzdatniających, szczególnie zaś takich, które doprowadzą do zmniejszenia twardości niewęglanowej.

Najbardziej zmineralizowane są wody studzienne w południowo-wschodniej części działów Proszowskich. Pod względem jakości i ilości rozpuszczonych składników chemicznych odpowiadają one wodom studziennym wydobywanym na terenie Niecki Soleckiej i Doliny Nidy. Drugi obszar wód o podwyższonej i złożonej mineralizacji znajduje się w okolicach Proszowic — nad środkową Szreniawą i dolnym Ścieklcem. Podobny do nich skład mineralny mają wody w studniach wschodniej części Wyżyny Miechowskiej, gdzie pod pokrywą lessową znajdują się ility solo- i siarkonośne, wypełniające mioceńskie padoly zapadliskowe.

Jak z powyższego wynika, chemiczny skład wód podziemnych pierwszego horyzontu wskazuje na ścisły związek Działów Proszowskich z południowymi subregionami Niecki Nidziańskiej — wyróżnionej w granicach Wyżyny Małopolskiej. Przemawiają za tym też materiały analityczne i kartograficzne przedstawione w pracach magisterskich E. Czaja i St. Janikowskiego, które prezentują chemiczny skład wód pierwszego horyzontu w województwie kieleckim i krakowskim*.

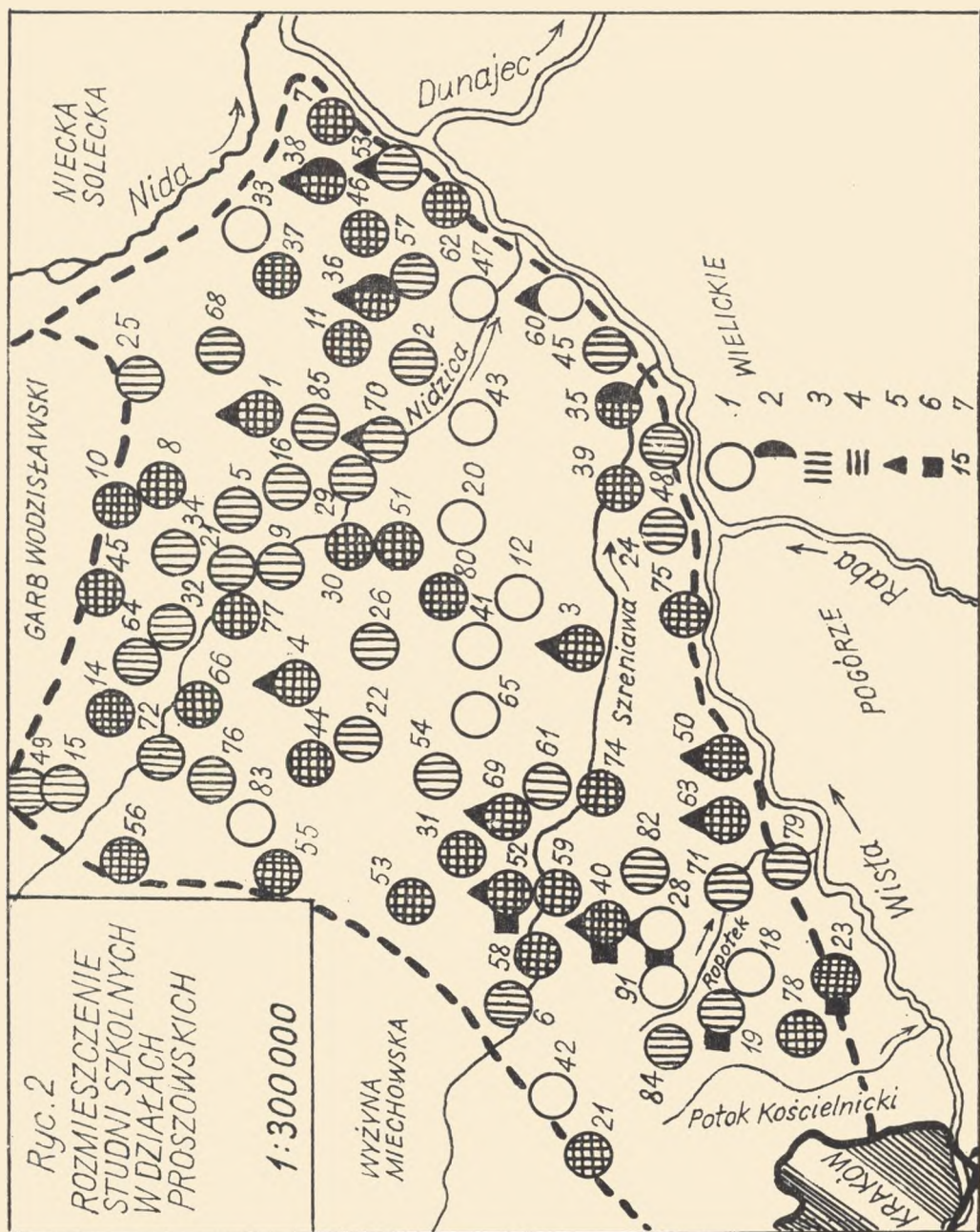
Ponieważ jednym z czynników wpływających na chemiczny skład wód podziemnych, powszechnie eksploatowanych przez studnie kopane i wiercone jest rzeźba powierzchni Ziemi, można kryterium chemizmu wody stosować i w podziałach geomorfologicznych, o czym wzmiankowano we wstępie niniejszego opracowania. Rozpatrywany więc w tym aspekcie pogląd o więzi geomorfologicznej Działów Proszowskich z Kotliną Sandomierską i wyłączenie ich z Niecki Nidziańskiej, a zaliczenie jako „Wysoczyzny Proszowskiej“ do wymienionej Kotliny (L. Starkeł 1972), jest mało przekonujący. Inaczej bowiem przebiega wsiąkanie wody atmosferycznej i jej mineralizacja w utworach lessowych gęsto rozciętych siecią wąwozów i parów, powiązanych w oddzielne systemy przez lewobrzeżne dopływy Wisły (Działy Proszowskie), a inaczej w słabo drenowanych (przez płytko wcięte doliny rzeczne) piaskach akumulacji lodowcowej i wodnolodowcowej oraz w równinach aluwialnych zachodniej części Kotliny Sandomierskiej, graniczącej z omawianym obszarem. Ponadto Działy Proszowskie są obszarem prawie pozbawionym pokryw morenowych („Wysoczyzna“?), podczas gdy na wyróżnionych w Kotlinie Wysoczyznach Tarnowskiej i Kolbuszowskiej zachowały się one jeszcze w dość dużych płatach. Na tzw. „Wysoczyźnie Wielicko-gdowskiej“ rzeźba również jest odmienna od panującej na Działach Proszowskich, gdyż pokrywa lessowa nie maskuje, jak na Działach, lecz naśladuje rzeźbę podłoża, co wobec większych nachyleń stoków ułatwia

* Wymienione prace magisterskie, wykonane pod kierunkiem prof. dra A. Michalika (E. Czaja, *Województwo kieleckie*; St. Janikowski, *Województwo krakowskie* znajdują się w Zakładzie Geografii Fizycznej w Instytucie Geografii tut. WSP.



Ryc. 1. Uproszczona mapa geologiczna Działów Proszowskich

1 — piaski rzeczne, 2 — less, 3 — piaski zwałowe, wodno-lodowcowe i wydmowe,
 4 — gliny zwałowe, 5 — ily, piaski, gipsy miocenijskie, 6 — margle, opoki, piaskowce kredowe



Ryc. 2. Rozmieszczenie studni szkolnych w Działach Proszowskich

1 — woda zdatna do picia, 2 — chlorki $> 250,0 \text{ mg/l Cl}^-$, 3 — twardość ogólna $> 20,0 \text{ }^\circ\text{n}$, 4 — twardość niewęglanowa $> 12,0 \text{ }^\circ\text{n}$, 5 — żelazo ogólne $> 0,3 \text{ mg/l Fe}$, 6 — mangan $> 0,1 \text{ mg/l Mn}$, 7 — 15 numer miejscowości w tabeli I

szybszy spływ powierzchniowy wody, a tym samym zmniejsza jej wsiąkanie i czas mineralizacji w podłożu. Poza tym występujące w Kotlinie Sandomierskiej większe kompleksy leśne także oddziałują na proces mineralizacji wody infiltrującej i na chemiczną denudację utworów skalnych, a szczególnie pokrywowych. Uwzględniając jednak tylko wymienioną grupę czynników związanych z rzeźbą i litofacjalnym zróżnicowaniem terenu, które wpływają na skomplikowany proces mineralizacji wody podziemnej, łatwo można zauważyć, że w znacznym stopniu przyczyniają się one do przestrzennego zróżnicowania głównych parametrów chemizmu wody na terenie Działów Proszowskich i Kotliny Sandomierskiej. W zachodniej, a więc graniczącej z Działami Proszowskimi, części Kotliny Sandomierskiej wody podziemne pierwszego horyzontu charakteryzują się reakcją kwaśną ($\text{pH} < 7$), niezbyt dużą twardością ogólną (najczęściej 8—18 °n, ale też często 4—7,9°n) i niewęglanową (poniżej 12 °n), niewielką ilością chlorków (zwykle poniżej 150 mg/l Cl^- , z przewagą < 50 mg/l Cl^-), ale — stosunkowo dużą zawartością żelaza (często $> 0,3$ mg/l Fe) i manganu (w przewodzie $> 0,1$ mg/l Mn). Wody studienne Działów Proszowskich, jak to wykazano wyżej, mają natomiast odmienną mineralizację i pod tym względem odpowiadają wodom sąsiednich obszarów na Wyżynie Małopolskiej (z wyjątkiem Wyżyny Krakowskiej, gdzie mineralizacja zmniejsza się w wyniku szybkiego krążenia wody w obszarze skrasowiałym). Kryterium chemicznego składu wód podziemnych zobowiązuje więc do pozostawienia omawianego obszaru w mezoregionie Niecki Nidziańskiej.

LITERATURA

1. Alekin O. A., 1956. *Podstawy hydrochemii*. Warszawa.
2. Dylikowa A., 1973. *Geografia Polski — Krainy Geograficzne*. Warszawa.
3. Flis J., 1956. *Szkic fizyczno-geograficzny Niecki Nidziańskiej*. Czas. geogr. T. XXVII, z. 2.
4. Klimaszewski M., 1939—46. *Podział morfologiczny południowej Polski*. Czas. geogr. T. XVII, z. 3—4.
5. Klimaszewski M., 1958. *Rozwój geomorfologiczny terytorium Polski w okresie przedczwartorzędowym*. Prz. geogr. T. XXX, z. 1.
6. Kondracki J., 1965, 1967. *Geografia fizyczna Polski*. Warszawa.
7. Książkiewicz M., Samsonowicz J., Rühle E., 1965. *Żarys geologii Polski*. Warszawa.
8. Polański A., Smulikowski K., 1969. *Geochemia*. Warszawa.
9. Praca zbiorowa pod red. Galona R. i Dylika J., 1967. *Czwartorzęd Polski*. Warszawa. (Malicki A., *Lessy na obszarze Polski i ich związek z czwartorzędem*, s. 372).
10. Praca zbiorowa. Tom I. pod red. Klimaszewskiego M. 1972. *Geomorfologia Polski*. Warszawa. (Starkel L., *Kotlina Sandomierska* s. 138).
11. Więckowska H., 1963. *Typy występowania górnych horyzontów wód podziemnych w Polsce*. Czas. geogr. T. XXXIV, z. 4.

CHEMISM OF UNDERGROUND WATERS IN PROSZÓW DIVIDE

Proszów Divide is the South-Western subregion of Nida Downfold and together with the latter constitute the Małopolska Upland. The differentiated geological structure, the loess-type relief, the lack of forests in this area and humus-rich soils, as well as total annual rainfall within the average value for the whole country result in general mineralization of water intaken by the wells in this region. The wells are of very different depth (from 4 to 53 m) and water layer (most often 2 to 3 m). The well waters are featured by a poor quality due to the increased contents of the dissolved components, which have been leached from the environment where they are circulating. Thanks to the environmental processes of water mineralization only 12.9 per cent from 85 school wells covered by the analysis intake water meeting the drinking water standards. The waters in other wells (87.1 per cent) show very high total and permanent hardness which is accompanied by an inadmissible amount of iron and manganese ions in the western part of the region and by an excessive chlorides amount in its south-eastern part, as well as of iron, locally. In general, these waters should not be used for drinking, sanitary or household purposes.

Mineralization of the first horizon water indicates a close relationship of Proszów Divide to the adjacent subregions of Nida Downfold, as well as a lack of any common physico-geographical features (geomorphological features included) with the western part of Sandomierz Valley which is adjacent to Proszów Divide. The southern edge of Proszów Divide is a part of borderline between the equivalent taxonomic units: Małopolska Upland and Sandomierz Valley.

Элеонора Яниковска-Вильчинска

ХИМИЗМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПРОШОВИЦКИХ РАЗДЕЛАХ

Прошовицкие разделы являются выдвинутым на юго-запад районом Нидзянской мульды и вместе с ней принадлежат к Малопольской возвышенности. Неоднородная геологическая структура, рельеф лессового типа, безлесье района и богатые перегноем почвы, а также не очень отличающиеся от средней годовой в стране суммы осадков — все это является причиной общей минерализации воды в здешних колодцах. У них неодинаковая глубина (от 4 до 53 м) и разные уровни воды (чаще всего 2—3 м). Вода из колодцев характеризуется плохим качеством ввиду повышенного значения растворенных компонентов, выщелоченных из среды, в которой они вращаются. Процессы минерализации воды в данной среде способствуют тому, что на 85 исследуемых школьных колодцев лишь 12,9% содержат воду, соответствующую стандартам на питьевую воду. В остальных колодцах (87,1%) вода характеризуется очень высокой общей и некарбонатной жесткостью, а в западной части территории дополнительно содержит недопускаемое количество йонов железа и марганца, в юговосточной же части — чрезмерное количество хлоридов, и в некоторых местах также железа. Такая вода в принципе не должна использоваться для питьевых, санитарных и хозяйственных целей.

Минерализация воды первого горизонта указывает на тесную связь Прошовицких разделов с соседними районами Нидзянской мульды и на отсутствие общих физико-географических свойств (в том числе также геоморфологических) с прилегающей к разделам западной частью Сандомирской котловины. Южная грань Прошовицких разделов является фрагментом границы равноценных таксономических единиц: Малопольской возвышенности и Сандомирской котловины.