

Danuta Szumińska, Karolina Fabianowska, Uwarunkowania występowania i dynamika wypływów wód podziemnych w obszarach sandrowych na przykładzie środkowej części zlewni Wdy. The occurrence and dynamics of groundwater outflows in outwash plain areas illustrated with the example of the central part of the Wda drainage basin. *Journal of Health Sciences*. 2013;3(15), 88-105. ISSN 1429-9623 / 2300-665X.

The journal has had 5 points in Ministry of Science and Higher Education of Poland parametric evaluation. Part B item 1107. (17.12.2013).

© The Author (s) 2013;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Radom University in Radom, Poland

Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

Conflict of interest: None declared. Received: 16.10.2013. Revised: 14.11.2013. Accepted: 20.12.2013.

Uwarunkowania występowania i dynamika wypływów wód podziemnych w obszarach sandrowych na przykładzie środkowej części zlewni Wdy

The occurrence and dynamics of groundwater outflows in outwash plain areas illustrated with the example of the central part of the Wda drainage basin

Danuta Szumińska¹, Karolina Fabianowska
Instytut Geografii, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
email: dszum@ukw.edu.pl¹

STRESZCZENIE. W artykule przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych na obszarze sandrowym, w środkowej części zlewni Wdy, których celem była inwentaryzacja naturalnych wypływów wody i wyznaczenie stref źródłowych, obserwacja wydajności, temperatury i przewodności wody w obrębie wybranych obiektów. Na badanym obszarze zaobserwowano 109 naturalnych wypływów wody, z dominującym typem wypływów podzbozowych, a wskaźnik gęstości źródeł uzyskał wysoką wartość 0,27 źr·km⁻². Pojedyncze wypływy wody cechują się niewielką wydajnością, rzadko przekraczającą 0,11 l·s⁻¹ i przeważnie nieskoncentrowanym charakterem. Wydajność stref źródłowych może przekraczać jednak 10 l·s⁻¹. Wypływy wody na badanym obszarze drenują trzy poziomy wodonośne: nadglinowy, międzyglinowy I i międzyglinowy II, a lokalizacja wypływów wskazuje na zasilanie głównie z pierwszego poziomu międzyglinowego. Wypływy wody charakteryzują się znaczną stabilnością odpływu, zwłaszcza w profilach zlokalizowanych bezpośrednio poniżej stref źródłowych. Największe wahania przepływów poniżej stref źródłowych związane są z okresowym utrudnieniem infiltracji w przemarznięte podłoże oraz zahamowaniem odpływu wskutek budowy tam bobrowych.

Słowa kluczowe: wypływ wód podziemnych, źródło, strefa źródłowa, sandr, rynna subglacialna, Bory Tucholskie, zlewnia Wdy

Wstęp

Źródła są specyficznym obiektem hydrograficznym, w którym następuje połączenie między wodami podziemnymi a powierzchniowymi. Ze względu na swój punktowy charakter są często trudne do identyfikacji, a wypływy wody o niewielkiej wydajności traktowane są marginalnie, bądź całkowicie nie zauważane. Najbardziej widoczne w krajobrazie są obiekty o dużej wydajności, bądź takie, które użytkowane są przez człowieka. Dla gospodarki ludzkiej największe znaczenie mają źródła dostarczające wodę pitną.

Pomimo wielu prób nadal występują pewne rozbieżności w stosowaniu pojęcia „źródło”. Termin ten używany jest w zależności od indywidualnego podejścia do typologii i klasyfikacji (Puk, 2007). Autorzy przyjęli stosowany przez P. Moniewskiego (2004) termin „naturalne wypływy wód podziemnych” dla określenia wszystkich form kontaktu wód

podziemnych z powierzchnią oraz rozdzielając pojęcie wypływów nieskoncentrowanych (wycieków, wysięków, młak) od źródeł sensu stricte. Zespoły źródeł występujących w bliskim sąsiedztwie (Pazdro, 1983) bądź podmokłe obszary, gdzie skupione są zarówno źródła, jak i wysięki, wycieki i młaki określono jako strefy źródłiskowe. Ponadto stosowano pojęcia związane z klasyfikacjami na podstawie: wydajności (Moniewski, 2007, Pazdro, 1983), zmienności (Tomaszewski, 1989), temperatury (Wieczysty, 1982), mineralizacji (Moniewski, 2007), typu wodonośca (Tomaszewski, 1989) oraz odniesienia do form morfologicznych (Humnicki, 2006).

Badania źródeł w Polsce obejmowały do tej pory głównie obszary górskie i wyżynne, ze względu na ich dużą liczebność i znaczną wydajność na tym obszarze. Koncentrowanie się przez badaczy na źródłach wyłącznie w rozumieniu wypływów skoncentrowanych, spowodowało uznanie obszaru Niziu Polskiego za ubogi krenologicznie (Pazdro, 1983, Moniewski, 2004). Określa się, iż powstaniu źródeł na Niziu nie sprzyjają małe deniwelacje terenu i nieciągłość warstw wodonośnych (Dynowska, Pociask-Karteczka, 1999). Pomimo postępu w badaniu obszarów źródłiskowych na obszarze nizinym, wciąż można uznać rozpoznanie zjawiska wypływów wody w tej części kraju za niewystarczające (Moniewski, 2004). P. Jokiel (1997) uważa z kolei, że występowanie „na mapie krenologicznej Polski (...) wielu białych plam” nie oznacza braku źródeł w tych rejonach. Wynika raczej z braku zainteresowania tym tematem przez lokalnych badaczy.

Do obszarów na Niziu Polskim, o relatywnie dobrym rozpoznaniu krenologicznym można zaliczyć rejon Wzniesień Łódzkich (Moniewski, 2004), dorzecze Parsęty (Mazurek, 2005, 2006, 2008), pradolinę Redy-Łeby (Fac-Beneda, Hryniszak, 2007) oraz teren województwa pomorskiego (Fac-Beneda, 2008). Wszystkie cytowane prace wskazują na znacznie większą liczbę faktycznie występujących wypływów wód podziemnych, w stosunku do kartowania hydrograficznego związanego z wykonaniem map hydrogeologicznych i hydrograficznych.

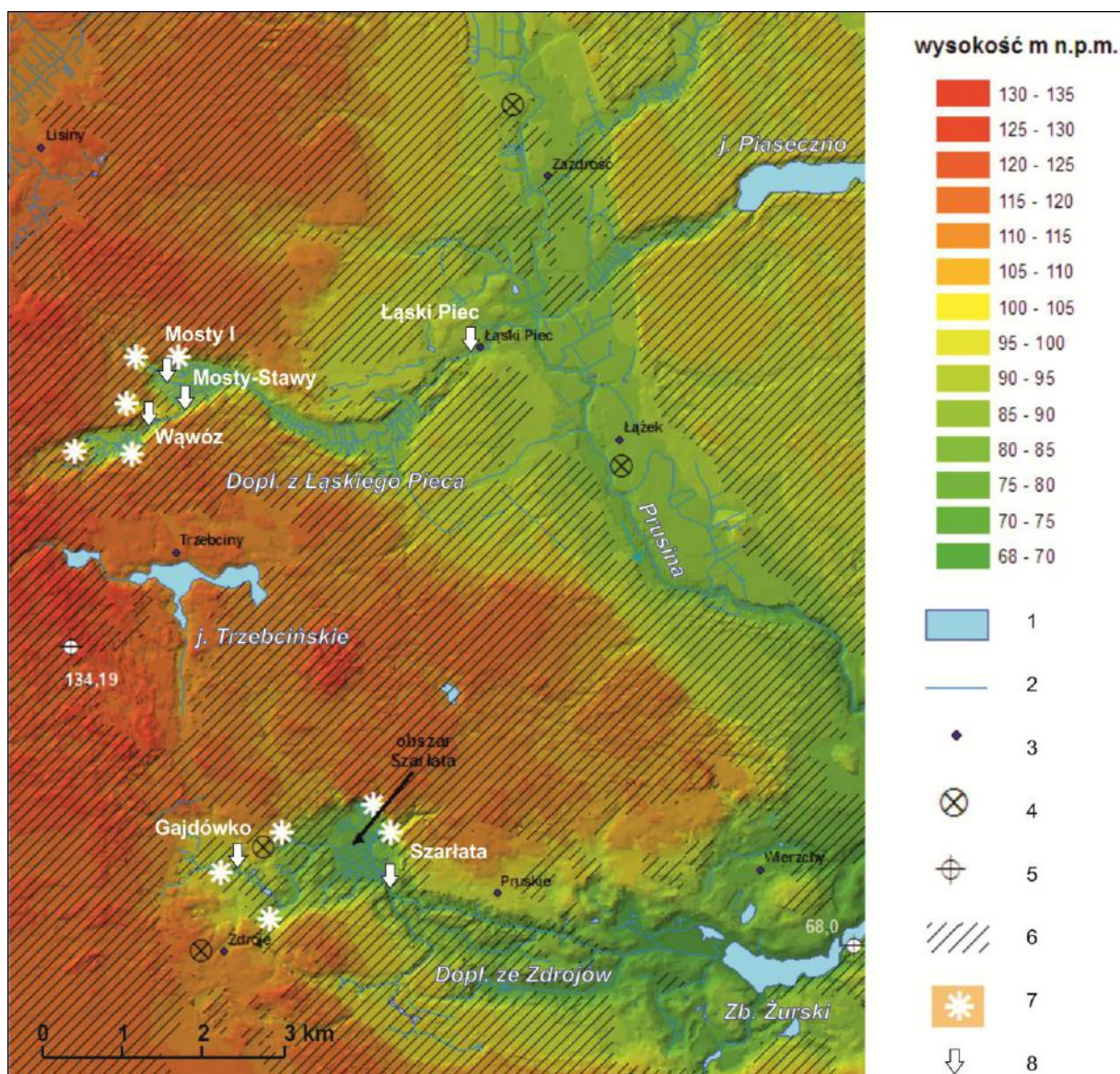
Cel i metody badań

W niniejszej pracy zaprezentowano wyniki badań przeprowadzonych w obrębie południowej części mezoregionu Borów Tucholskich, który obejmuje swoim zasięgiem rozległą powierzchnie sandrów Wdy i Brdy. Badany obszar zlokalizowany jest w obrębie zlewni Wdy, w pobliżu jej zachodniego wododziału ze zlewnią Brdy. Na prostokątnym obszarze o powierzchni 63,3 km² przeprowadzono inwentaryzację naturalnych wypływów wody i wyznaczono strefy źródłiskowe (ryc. 1) Do szczegółowych badań, obejmujących obserwację wydajności, temperatury i przewodności wody, wytypowano dwa obszary o przebiegu równoleżnikowym. Obydwa zlokalizowane są w obrębie rynien subglacialnych, wykorzystywanych przez cieki. Pierwszy, o powierzchni 3,15 km², stanowi zachodnią część rynny odwadnianej przez Dopływ z Łaskiego Pieca (nazewnictwo wg Mapy Podziału Hydrograficznego Polski, na mapach topograficznych ciek nosi nazwę Golianka), który jest prawobrzeżnym dopływem Prusiny. Drugi, o powierzchni 4,04 km², odwadniany jest przez Dopływ spod Zdrójów, uchodzący obecnie do sztucznego Zbiornika Żur na rzece Wdzie (ryc. 1).

Inwentaryzację oraz kartowanie terenowe wypływów wody przeprowadzono w październiku 2008 roku oraz marcu 2009 roku, a ich położenie określono przy pomocy odbiornika GPS. Na podstawie obserwacji terenowych i map topograficznych wyznaczono 6 punktów pomiarowych na ciekach zbierających wody z wypływów (ryc. 1), w których przeprowadzono pomiary natężenia przepływu młynkiem hydrometrycznym. Pomiary wydajności wybranych pojedynczych wypływów przeprowadzono przy użyciu przelewu prostokątnego Penceleta o prostokątnym otworze o wymiarach 50x200 mm. Pomiary prowadzone były w odstępach dwumiesięcznych od listopada 2007 roku do października

2008 roku. W wybranych punktach badawczych, w strefie nurtu, wykonywano także pomiary temperatury i przewodności elektrolitycznej wody.

Na podstawie Map topograficznych w skali 1:10000 (arkusze Zdroje i Łązek) wykonano numeryczny model terenu badanego obszaru w programie ArcGIS 8.0. Warunki hydrogeologiczne przeanalizowano na podstawie dokumentacji hydrogeologicznych (Wojewódzkie Archiwum Geologiczne w Bydgoszczy) oraz istniejących map geologicznych i hydrogeologicznych (Makowska, 1974; Muter, 2002; Jurys, Woźniak, 2006), a zasięg melioracji na podstawie publikowanych materiałów kartograficznych oraz map ewidencji gruntów w skali 1:5000, dla wsi Szarlata oraz Łązek (Archiwum Biura Terenowego Wojewódzkiego Zarządu Melioracji i Urządzeń Wodnych w Świeciu). Dane meteorologiczne, dla roku hydrologicznego 2008, pozyskano ze strony www.weatheronline.pl.



Ryc. 1. Obszar badań na tle rzeźby terenu (opracowano na podstawie map topograficznych w skali 1:10000, arkusz Zdroje i Łązek oraz badań własnych)

1- wody stojące, 2- cieki, 3- miejscowości, 4- zakłady przemysłowe, 5- skrajne punkty wysokościowe, 6- zasięg lasów, 7- obszary źródliskowe, 8- punkty pomiaru przepływu, przewodności elektrolitycznej i temperatury wody

Na podstawie uzyskanych wyników inwentaryzacji źródeł obliczono wskaźnik gęstości dla całego obszaru badawczego oraz dla obszarów badań szczegółowych. Przy jego obliczeniach uwzględniono zamiast pojedynczych wypływów, źródliska (strefy źródłiskowe) (Moniewski, 2004).

W celu sklasyfikowania wypływów pod względem zmienności w czasie zastosowano współczynnik nieregularności wieloletniego odpływu (R):

$$R = Q_{\max}/Q_{\min}$$

gdzie: Q_{\max} - maksymalna zaobserwowana wartość przepływu, Q_{\min} - minimalna zaobserwowana wartość przepływu

J. Tomaszewski (1989) w zależności od uzyskanych wartości wyróżnia wypływy stałe ($1 < R < 2$), mało zmienne ($2 < R < 10$), zmienne ($10 < R < 50$), bardzo zmienne ($R > 50$), okresowe (pojawiające się w określonych sezonach) oraz epizodyczne (funkcjonujące w krótkim okresie czasu).

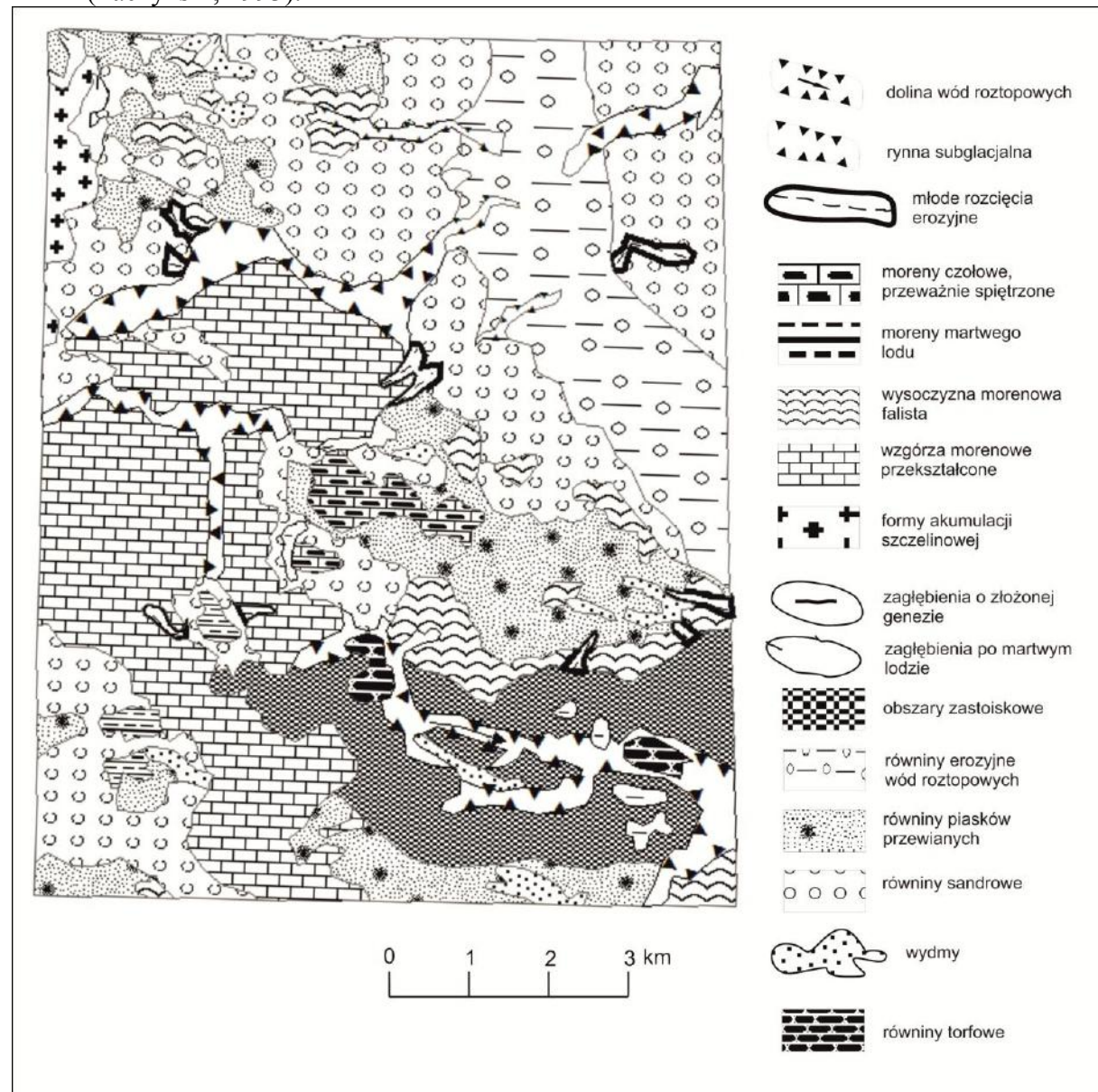
Uwarunkowania geograficzne występowania stref źródłiskowych

W krajobrazie badanego obszaru dominuje rozległa równina sandru Wdy, która sąsiaduje z Wysoczyzną Świecką. Przeciętna rzędna terenu wynosi 115-120 m n.p.m. W wyrównanej powierzchni sandru wyraźnie zaznaczają się głębokie, równoległe do siebie, ukierunkowane równoleżnikowo rynny subglacjalne (Januszewski, 2008; Jurys, Woźniak, 2006) (ryciny 1 i 2), wcinające się zarówno w utwory sandrowe, jak i znajdujące się pod nimi utwory morenowe. Powierzchnia sandru nachylona jest w kierunku wschodnim, czyli w kierunku dolin rzek Prusiny i Wdy. W części zachodniej osiąga wysokości 125-130 m, w części wschodniej 90-100 m. Pomimo, że przeciętny spadek terenu jest niewielki i wynosi około 1%, to deniwelacje pomiędzy powierzchnią sandru a dnem rynien lokalnie dochodzą do 40-50 m.

Badany obszar pokrywają w całości utwory czwartorzędowe, plejstoceny – osady lodowcowe i fluwioglacjalne oraz holoceny – osady fluwialne, limniczne i biogeniczne. W strukturze utworów powierzchniowych dominują piaski i żwiry pochodzenia wodnolodowcowego ukształtowane w fazie pomorskiej (część północna) i poznańsko-dobrzyńskiej (część południowa) zlodowacenia Wisły (Jurys, Woźniak, 2006). Miąższość poziomu czwartorzędowego sięga 100 metrów w miejscowości Cekcyn, 130 metrów w Zdrojach i aż 157 metrów we Wierzchach (Piekarska, 2002). Pod osadami czwartorzędowymi nawiercono osady trzeciorzędowe w postaci piasków i ilów mioceny. Osady te leżą na warstwie kredowych margli, o rzędnej stropu 150-160 m p.p.t.

Utwory czwartorzędowe tworzą naprzemianległe warstwy piasków średnio- i drobnoziarnistych oraz glin zwałowych, w których występują dwie główne warstwy wodonośne piętra czwartorzędowego. Warstwa górna, przypowierzchniowa, o zwierciadle swobodnym na głębokości do 10 m, występuje w utworach nadglinowych (Muter, 2002). Zasilana jest głównie z infiltrujących opadów atmosferycznych, co przy braku izolacji powoduje, iż jest narażona na zanieczyszczenia. Druga to warstwa międzymorenowa, o napiętym zwierciadle wody, które ulega stabilizacji kilka metrów poniżej poziomu terenu. Rzędna spągu tej warstwy to ok. 70-90 m n.p.m. Lokalnie występuje także II warstwa międzymorenowa. Odpływ wód podziemnych odbywa się generalnie w kierunku wschodnim, w kierunku doliny Wdy, która stanowi główną strefę drenażu. Obszar badań znajduje się, według podziału regionalnego, w regionie V – pomorskim, który charakteryzuje się

odnawialnością zasobów wód systemu czwartorzędowego na poziomie poniżej $100 \text{ m}^3 \cdot 24 \text{ h}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ (Paczyński, 1993).



Ryc. 2. Geomorfologia obszaru badań (Jurys, Woźniak, 2006)

W obrębie rynien powszechny jest wypływ wody podziemnej na powierzchnię w postaci źródeł. Rynny rozcinają zarówno utwory sandrowe, jak i znajdujące się pod nimi utwory morenowe. W takich warunkach dochodzi do drenażu górnej oraz międzymorenowej warstwy wodonośnej, a w związku z dość dużą wydajnością wypływów, w strefach przykrawędziowych tworzą się rozległe nisze źródłiskowe (fot. 1). Formy te są aktywne morfologicznie. Wypływająca woda podziemna powoduje rozmywanie i pogłębianie dna nisz, a dominującymi procesami są osuwanie, spelzwanie i splukiwanie materiału z krawędzi.

W sąsiedztwie stref źródłiskowych istnieje niewiele źródeł zanieczyszczeń, jakimi mogą być składowiska odpadów, oczyszczalnie ścieków i obiekty przemysłowe. W związku z przeważającym użytkowaniem leśnym (70,3%) otaczającego obszaru brak jest zagrożeń obszarowych. Niepokojącym zjawiskiem jest natomiast składowanie odpadów przez

lokalnych mieszkańców w niektórych niszach źródłiskowych oraz w korytach cieków. Zagrożenia dla funkcjonowania obszarów źródłiskowych związane są z prowadzoną gospodarką łąkową. Dla potrzeb użytkowania łąk dna rynien zostały zmeliorowane (Szumińska, 2006, Szumińska, Absalon, 2012), a rowy zbierają wodę wypływającą z licznych źródeł występujących w strefach przyzboczowych.



Fot. 1. Nisza źródłiskowa w północnym zboczu rynny rzeki Golianki (Mosty II) (K. Fabianowska, 15.03.2008 r.)

Rozmieszczenie i typy wypływów wód podziemnych

Podczas badań terenowych rozpoznano 109 naturalnych wypływów wody. W liczbie tej zawierają się źródła właściwe, możliwe do wyróżnienia organoleptycznego, wypływy nieskoncentrowane (wycieki, wysięki), a także, w przypadku trudności z wyodrębnieniem pojedynczych wypływów w strefie intensywnego drenażu, grupy wypływów (wysięków).

Wskaźnik krenologiczny (wskaźnik gęstości źródeł), dla całego badanego obszaru wyniósł $0,27 \text{ źr}\cdot\text{km}^{-2}$, co jest wynikiem zbliżonym do innych terenów północnej Polski (Moniewski, 2004). W poszczególnych obszarach badawczych wartość wskaźnika jest zróżnicowana, w strefie Łąski Piec wynosi $3,5 \text{ źr}\cdot\text{km}^{-2}$, natomiast w strefie Zdroje $1,5 \text{ źr}\cdot\text{km}^{-2}$. Uźródłowienie niektórych fragmentów osiąga zatem wartości typowe dla obszarów górskich (Pazdro, 1983, Moniewski, 2004), jednak badane źródła charakteryzują się niewielką wydajnością.

Ponad 90% obserwowanych wypływów wody należy do wypływów podzboczowych, gdyż drenaż wód odbywa się głównie w strefach krawędziowych rynien subglacialnych, u podnóża zboczy. W tym położeniu przeważają wypływy warstwowe-kontaktowe o descensyjnym charakterze, powstające na styku piasków wodnolodowcowych i glin zwałowych, co jest typowe dla występowania źródeł na Niżu (Pazdro, 1983). W wielu

miejskach obiekty układają się w linię wypływów. W rejonie miejscowości Gajdówek zaobserwowano źródła przykorytowe o znacznej wydajności. Wypływ odbywa się tuż powyżej zwierciadła wody.

Na tym samym obszarze występuje jedyny wypływ wody o charakterze ascensyjnym (fot. 2). Woda wydostaje się na powierzchnię z niewielkiego obniżenia, położonego na terasie, w dolinie cieką spod Gajdówka. O wypływie wody pod działaniem siły hydrostatycznej świadczy pulsacyjny ruch rozluźnionego i grząskiego piasku kurzawkowego na dnie obniżenia (Fac-Beneda, 2008). Sondowanie tyczką mierniczą wykazały, iż grząski piasek ma miąższość co najmniej 1 metra. Wypływająca woda gromadzi się w obniżeniu, a następnie, w formie linijnej, odpływa w kierunku cieką. Na drodze odpływu utworzył się próg wysokości 0,7 metra, dzięki czemu wykształcił się niewielki wodospad. U podnóża dochodzi do erozji, która podmywa próg i doprowadza do jego cofania.



Fot. 2. Źródło ascensyjne w okolicach Gajdówka (fot. K. Fabianowska, 24.10.2008 r.)

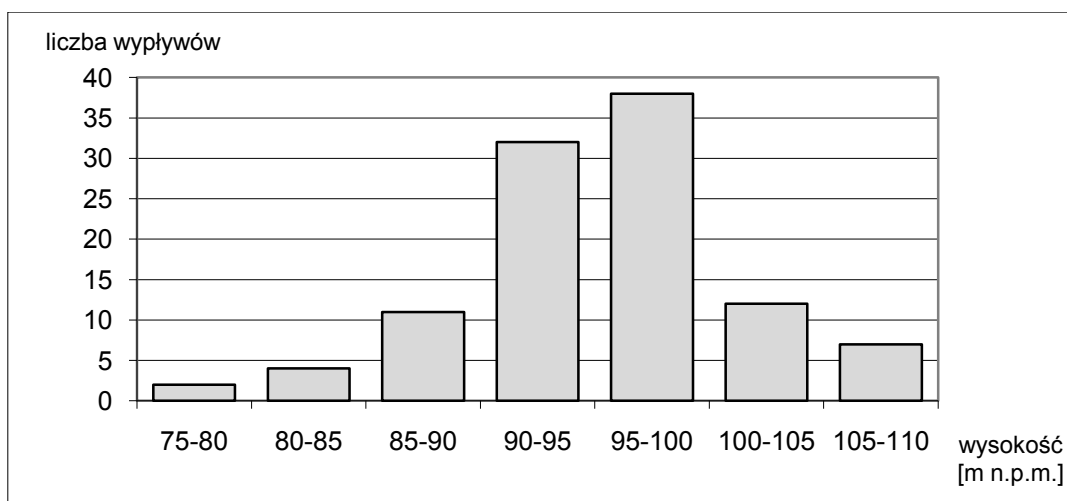
Niewielki procent wypływów, przeważnie o nieznaczej wydajności, ma charakter zboczowy. Zaobserwowano również nieliczne młaki. Formy te mają niewielką powierzchnię i charakter młak ewapotranspiracyjno-wypływowych, w których utrzymuje się stan równowagi pomiędzy stratami na parowanie a dopływem wody podziemnej, a odpływ z nich jest okresowy (Tomaszewski, 1989). Wydajność pojedynczych wypływów jest niewielka i jedynie w kilku przypadkach przekracza $0,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, czyli wypływy wody należą do VI, VII i VIII klasy wydajności (Pazdro, 1983). Większe wydajności notuje się traktując wypływy łącznie, jako grupy bądź źródlika. Wydajność dla wybranych obszarów źródlikowych, bądź ich części waha się od $0,25 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, dla małych grup wypływów, do ponad $14 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ w przypadku największych źródlik (tab. 1).

Wypływy występują w szerokim zakresie wysokości od 77,5 m n.p.m. do 108,75 m n.p.m., co związane jest z urozmaiceniem rzeźby terenu. Dominują wypływy zlokalizowane w przedziale 90-105 m n.p.m. (ryc. 3), które stanowią 77,4% wszystkich wypływów. Związane jest to z usytuowaniem obiektów w obrębie zboczy rynien

subglacialnych, dolin wód roztopowych oraz dolinek rozcinających wzgórza morenowe. Obiekty położone na tych wysokościach drenują I międzyglinowy poziom wodonośny. Wodonoścem są tutaj piaski drobnoziarniste pochodzenia fluwioglacjalnego leżące na glinie stadiału środkowego zlodowacenia Wisły oraz przykryte gliną stadiału górnego (głównego) tego zlodowacenia (Januszewski, 2008). Warstwa wodonośna położona pod gliną pochodzącą ze stadiału środkowego drenowana jest przez obiekty położone poniżej 90 m n.p.m. (16%). Występują one głównie w głęboko wciętej dolinie Dopływu ze Zdrojów. Niespełna 7% wypływów położonych jest powyżej 105 m n.p.m. Zasilane są one z warstwy przypowierzchniowej (naglinowej). Wypływy te charakteryzują się niskimi wydatkami i należą do wypływów zboczowych.

Tab. 1. Pomiary wydajności w wybranych punktach obszaru badań (źródło: badania własne, dane udostępnione przez M. Januszewskiego i M. Rurka)

Lp.	Miejsce pomiaru	Wydajność [$l \cdot s^{-1}$]	Metoda
1	Mosty I - ujście	14,5	młynkowa
2	Mosty I - cz. zachodnia	0,35	przelewowa
3	Mosty I - cz. wschodnia	0,65	przelewowa
4	Gajdówko	10,1	młynkowa
5	Szarłata I	0,32	przelewowa
6	Szarłata II	0,25	przelewowa
7	Zdroje II	10	przelewowa
8	Gołyjon II	5,4	przelewowa
9	Gołyjon III	1,55	przelewowa

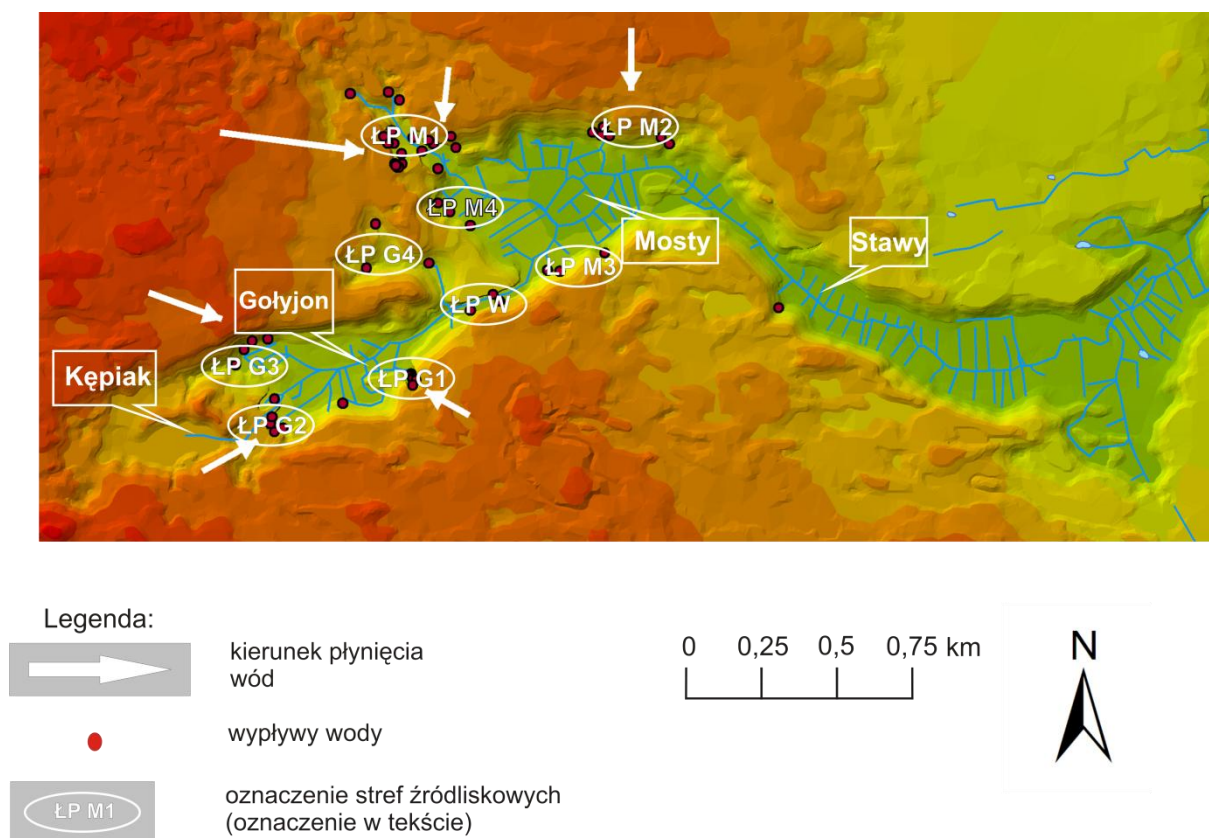


Ryc. 3. Liczba wypływów wody w poszczególnych klasach wysokości (opracowano na podstawie badań własnych)

Ogólne prawidłowości w rozmieszczeniu wypływów wody potwierdzają dominujący kierunek splotu wody na wschód. Znajdujące się na drodze odpływu rynny subglacialne stanowią główne odbiorniki wód podziemnych i to w ich obrębie zachodzi najbardziej intensywny drenaż warstw wodonośnych.

Szczegółowe badania pozwoliły na wyróżnienie dwóch głównych stref źródłiskowych, a w ich czternastu obszarów źródłiskowych. Podstawowym kryterium było występowanie w obrębie wspólnej niszy, drugorzędym, posiadanie wspólnego odpływu (w przypadku braku wykształcenia niszy źródłiskowej).

Dwie główne wyznaczone strefy zasilania obejmują obszary badań szczegółowych: Łąski Piec (ŁP) (ryc. 4) na północy i Zdroje (Z) (ryc. 5) w części południowej.

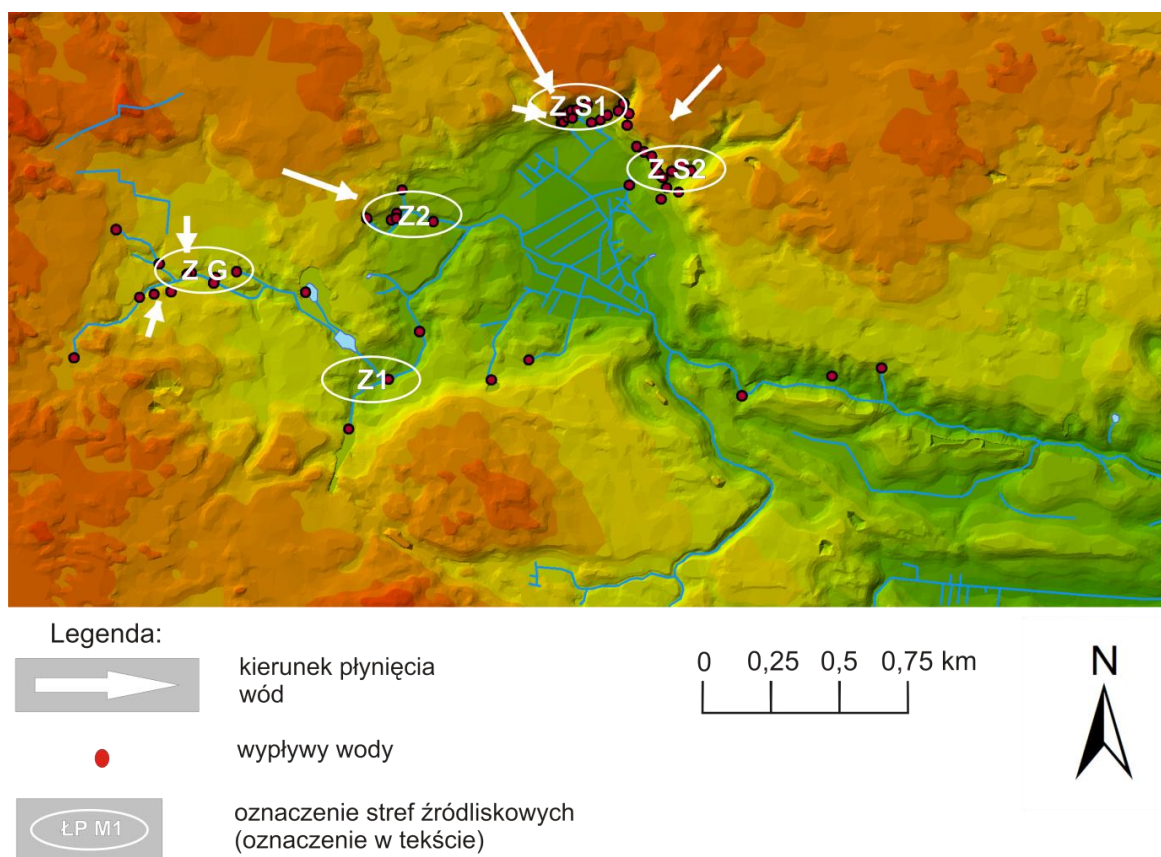


Ryc. 4. Rozmieszczenie obszarów źródłiskowych w strefie Łąski Piec

W strefie Łąski Piec wydzielono dziewięć obszarów źródłiskowych (ryc. 4) W centralnej części występuje największa, rozgałęziona, nisza badanego obszaru o wydłużonym kształcie, którą wyodrębniono jako źródłisko Mosty I (ŁP M1). Znajduje się ona w północno-zachodniej części torfowiska Mosty. W północnej części torfowiska występuje mniejsza nisza o półkolistym kształcie określona jako Mosty II (ŁP M2). W obrębie Mostów występują jeszcze dwie strefy występowania wypływów wody, które nie wykształciły wyraźnych form niszowych. Jedna z nich występuje w części południowej (ŁP M3), druga w części zachodniej (ŁP M4). Kolejne nisze źródłiskowe powstały w zboczach rynny, które ograniczają torfowisko Gołyjon (ryc. 4). Wszystkie mają kształt półokrągły. W południowym zboczu wykształciło się źródłisko Gołyjon I (ŁP G1), w którym zadomowiły się bobry. W części zachodniej zaobserwowano dwie nisze, większą w części południowej (Gołyjon II – ŁP G2) i mniejszą na północy (ŁP G3). Nisze te wykształciły się prawdopodobnie w wyniku intensywnej infiltracji z położonego na zachodzie, 15 metrów wyżej niż Gołyjon, torfowiska Kępiak. Wzmocniona migracja wody doprowadza do uruchomienia w tym miejscu erozji wstecznej (Januszewski, 2008). Ostatnim źródłiskiem na tym obszarze jest Gołyjon IV (ŁP

G4). Stanowi go rozcięcie erozyjne w północnym zboczu rynny, którego płaskie dno wykorzystywane jest jako łąka. W strefie Łąski Piec wyróżnić można jeszcze jeden obszar źródłkowy, głęboko wcięty wąwóz pomiędzy torfowiskiem Gołtyjon a Mosty (Wąwóz – ŁP W). W strefie przykrawędziowej wąwozu występują liczne wypływy, przeważnie o niewielkiej wydajności.

W strefie Zdroje wyodrębniono pięć obszarów źródłkowych (ryc. 5). W części zachodniej charakterystyczny jest brak wyraźnie wykształconych nisz źródłkowych. Często występują wypływy przykorytowe. Wszystkie wypływy wody zasilają ciek, nazywany Gajdówką. Na podstawie tego kryterium wydzielono obszar źródłkowy Gajdówka (Z G). Kolejnym wydzielonym obszarem bez wykształconych nisz, jest rejon na północny-wschód od miejscowości Zdroje (Zdroje I – Z1), gdzie swój początek bierze ciek Zdrojanka. W północnej części występuje obszar źródłkowy bezimiennego dopływu Zdrojanki – Zdroje II (Z2). W strefie tej występuje płytka niska źródłkowa, z której odpływ wynosi około $6 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, oraz obniżenie o średnicy ponad 30 metrów, z licznymi wysiękami i podsiękami o niewielkiej wydajności. Dwie wyraźnie wykształcone nisze wyodrębniono w strefie krawędziowej w obrębie obszaru Szarłata. W północnym zboczu wyróżnia się szeroka, ale słabo wcięta w krawędź, niska nazwana Szarłata I (Z S1). W zboczu północno-wschodnim wykształciła się kolejna niska (Szarłata II – Z S2) o mniejszej szerokości, ale mocniej wcięta.



Ryc. 5. Rozmieszczenie obszarów źródłkowych w strefie Zdroje

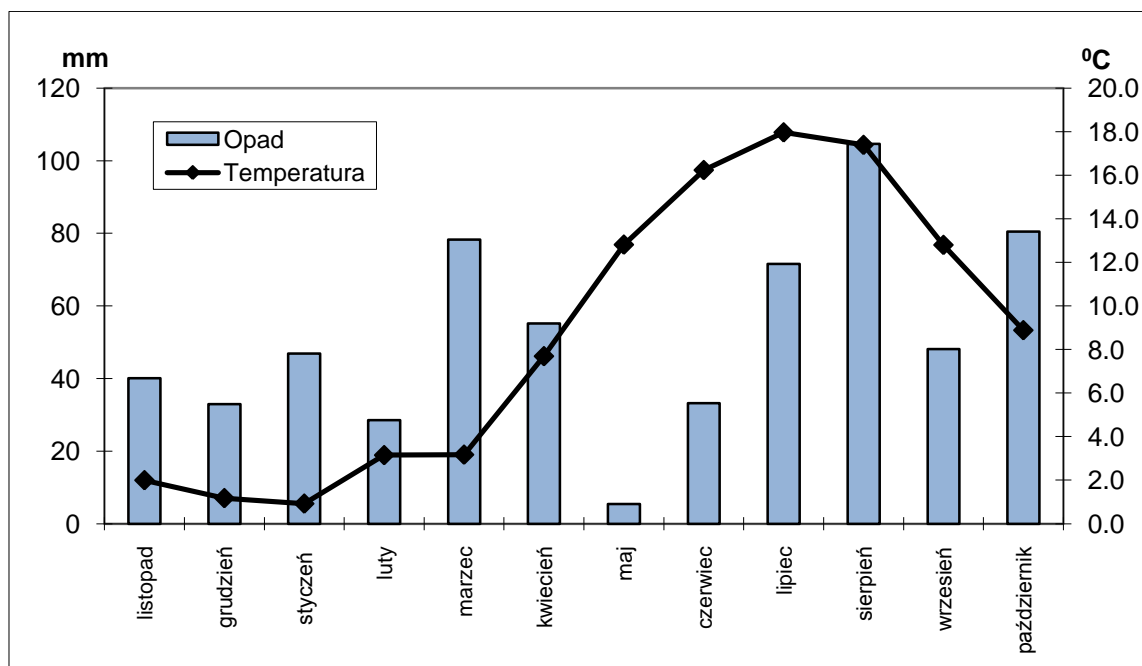
Poza wyznaczonymi obszarami źródłkowymi istnieją także pojedyncze wypływy, których nie należy wiązać z innymi, występującymi w zespołach (grupach). Występują między innymi w dolinie Dopływu spod Zdrojów, w pobliżu miejscowości Pruskie oraz poza niszami w obrębie torfowiska Gołtyjon i Stawy.

Odptyw z wybranych stref źródliskowych w roku hydrologicznym 2008

Rok hydrologiczny 2008, w którym prowadzono obserwacje hydrologiczne wpływów charakteryzował się warunkami pogody odbiegającymi od średnich wartości wieloletnich, głównie w przypadku temperatury powietrza.

Średnia temperatura powietrza w roku hydrologicznym 2008 wyniosła $8,7^{\circ}\text{C}$, czyli o prawie 2°C przekroczyła średnią z lat 1951-1980 (dane dla wielolecia za A. Woś, 1999). Wynika to głównie z dodatniej temperatury średniej we wszystkich miesiącach (ryc. 6) i wyższej temperatury w okresie letnim. Zaledwie w ciągu 30 dni średnia temperatura spadła poniżej zera, przy czym jedynie w czasie kilku dni na początku stycznia temperatura osiągnęła prawie -10°C (ryc. 7).

Suma opadów w badanym roku wyniosła 625 mm, podczas gdy średnia z okresu 1959-2003 wyniosła 633 mm (Szumińska, 2006). Opad charakteryzował się równomiernym rozkładem pomiędzy półroczem chłodnym i ciepłym. Maksymalną sumę opadów zanotowano w sierpniu (105 mm), natomiast minimalną w maju (5 mm). Najsuchszy okres wystąpił pomiędzy 19 kwietnia a 12 czerwca, kiedy zanotowano jedynie 6 mm opadu (ryc. 7). Najwyższy jednostkowy opad zanotowano 13 lipca (36 mm). Pokrywa śnieżna wystąpiła jedynie przez kilkanaście dni i osiągnęła maksymalną miąższość 7 centymetrów. Przeciętnie utrzymywała się pokrywa śnieżna o grubości 1-2 cm.



Ryc. 6. Średnia temperatura powietrza oraz sumy opadów w poszczególnych miesiącach roku hydrologicznego 2008 dla stacji Chojnice (opracowano na podstawie www.weatheronline.pl)

W celu określenia charakterystyki odpływu z wybranych stref źródliskowych wytypowano sześć stanowisk pomiarowych (ryc. 1). Cztery z nich zlokalizowano w strefie Łąski Piec: *Wąwóz* – punkt zbiorczy dla wód odwadniających torfowisko Gołyjon i wąwóz erozyjny, *Mosty I* – odpływ z największej niszy badanego obszaru, *Mosty-Stawy* – na cieku zbierającym wody z wypływów w obrębie Gołegojonu i Mostów, *Łąski Piec* – reprezentuje sumaryczny odpływ z całej strefy. Dwa ze stanowisk zlokalizowano w strefie Zdroje: *Gajdówko* – odpływ z obszaru źródliskowego Gajdówko (Z G) i *Szarłata* – odpływ z obszaru źródliskowego cieku Zdrojanka.

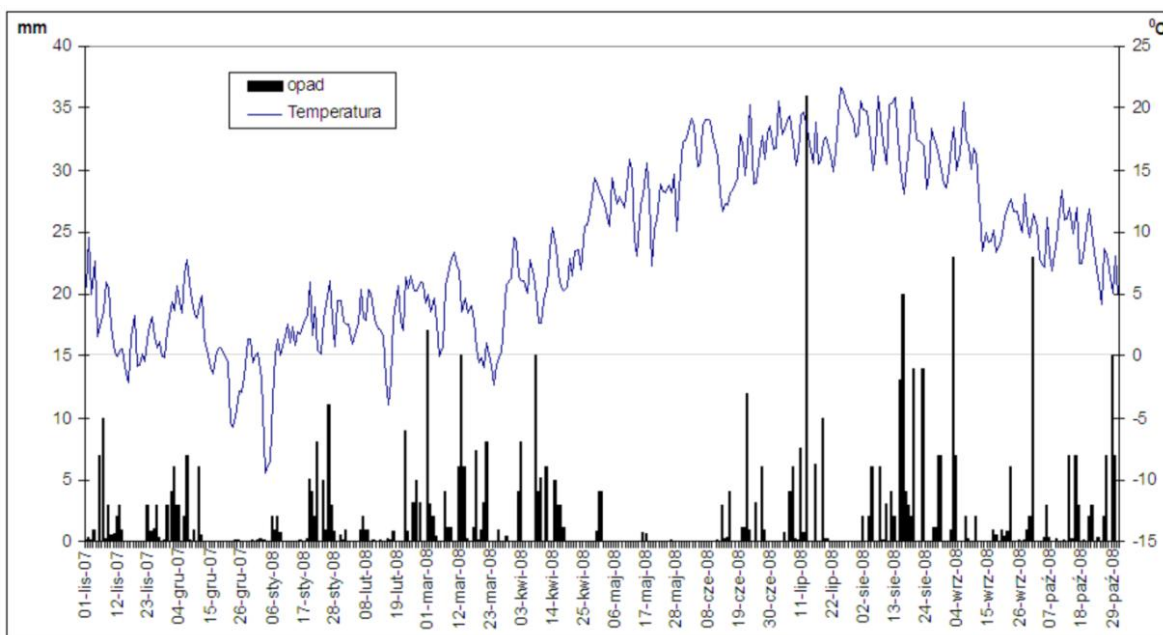
Najbardziej stabilny odpływ obserwuje się w stanowiskach *Wąwóz*, *Mosty* i *Gajdówko* (tab. 2, ryc. 8), czyli w niewielkiej odległości od obszarów źródliskowych. Wskaźnik zmienności wydatku nie przekracza tu 1,7, co pozwala określić wypływy jako stałe bądź bardzo regularne. W przypadku stanowisk zlokalizowanych na ciekach w pewnej odległości od wypływów wody, wskaźnik zmienności wzrasta i osiąga wartość 2, co pozwala sklasyfikować je jako wypływy mało zmienne.

Odpływ z torfowiska Gołyjon wraz z wodą z największej niszy stanowi od 60 do 80% przepływu na stanowisku *Mosty–Stawy*, odpływ w tym profilu natomiast to około 50-70% przepływu w profilu ujściowym *Łąski Piec*. Na stanowisku *Mosty-Stawy* w dwóch terminach pomiarowych nie zanotowano przepływu (ryc. 8). W styczniu i maju doszło do przegrodzenia koryta ciek, poniżej punktu pomiaru, przez tamę bobrową. Przy czym w styczniu wywołało to podpiętrzenie wody i powstanie cofki na znacznym odcinku. Prawdopodobną przyczyną tego stanu, w związku z ujemną temperaturą (średnia dobowa nawet do -10°C), było powstanie zatoru lodowego bądź uszczelnienie śrzyżem tamy bobrowej. W tych warunkach woda w profilu stagnowała. Tama powstała w okresie zimowym na *Goliance* i została usunięta przez ludzi, gdyż doprowadzała do podtapiania okolicznych łąk. W krótkim czasie zwierzęta na nowo przegrodziły koryto ciek, co wymogło ponowną interwencję człowieka. Zaburzenia przepływu widoczne były także na stanowisku w *Łaskim Piecu*, gdzie zanotowano obniżenie przepływów w czasie zatamowania odpływu w profilu *Mosty-Stawy*. W czasie zimy na zatrzymanie odpływu w zbiorniku bobrowym nałożył się półtoramiesięczny okres o niskich sumach opadów atmosferycznych i niskich temperaturach powietrza (od początku grudnia do połowy stycznia). W styczniu zaobserwowano niższe odpływy także w pozostałych profilach. Natomiast przed minimum odpływu zanotowanym w maju w profilach *Mosty-Stawy* i *Łąski Piec* wystąpił okres wysokich sum opadów atmosferycznych, więc w tym przypadku dominujące znaczenie miało zatrzymanie wody w stawie stworzonym przez bobry.

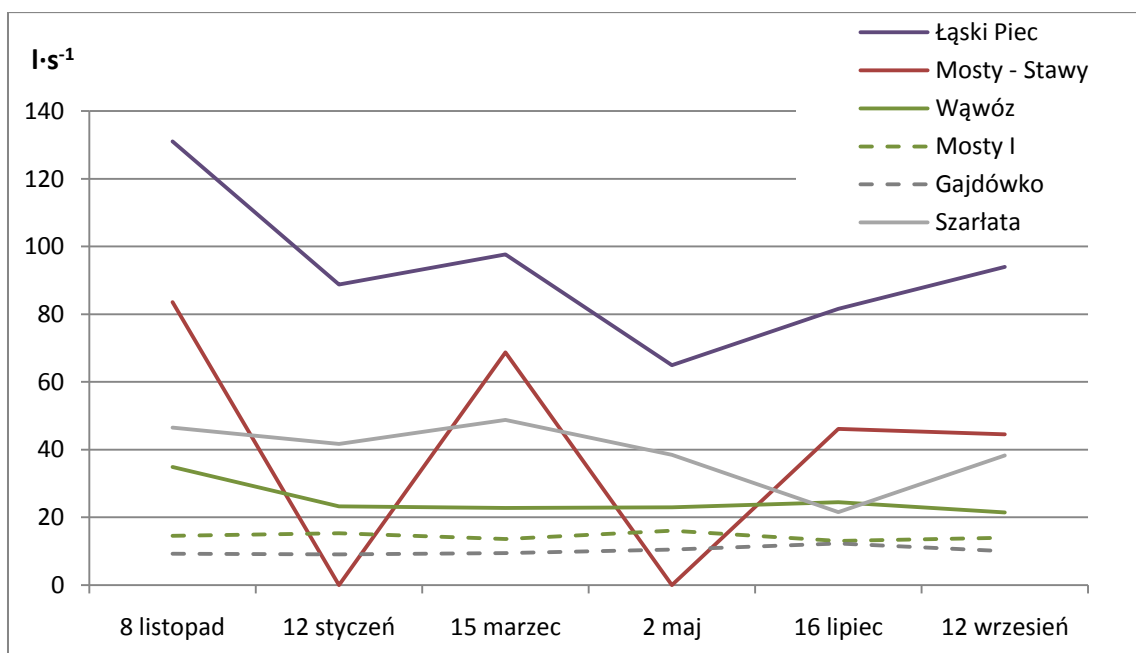
W strefie *Zdroje* na stanowisku *Gajdówko* obserwuje się bardzo wyrównane przepływy (ryc. 8), średnia wydajność tego obszaru źródłowego tylko nieznacznie przekracza $10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, a wskaźnik zmienności wydatku wynosi 1,4. W odmienny sposób kształtują się wahania przepływu na stanowisku *Szarłata* (ryc. 10), które reprezentuje odpływ z obszarów źródliskowych ciek *Zdrojanka* – *Z1*, *Z2*, *Z S1* i *Z S2* (ryc. 5). Daje się zauważyć zmniejszenie odpływającej ilości wody w styczniu, po okresie bezdeszczowym oraz po podobnym okresie w maju. Później następuje zwiększenie ilości opadów (z maksimum na trzy dni przed pomiarem), jednak nie ma to odzwierciedlenia w zmierzonym odpływie, gdyż w lipcu zanotowano minimum przepływu. Przyczyną było zatrzymanie części wody z wypływów, powyżej miejsca pomiaru, przez tamę bobrową. Budowla funkcjonowała jedynie w krótkim okresie czasu, po czym została usunięta przez człowieka. We wrześniu nastąpił ponowny wzrost odpływu. W związku z znacznymi wahaniami wskaźnik zmienności wyniósł 2,3.

Tab. 2. Miary przepływu i temperatura wody w poszczególnych punktach pomiarowych

Stanowisko	Qśr [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]	Qmax [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]	Qmin [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]	R	Kategoria zmienności	Tśr [$^{\circ}\text{C}$]
Wąwóz	24,95	34,83	21,49	1,6	bardzo regularne	8,5
Mosty I	14,4	16,06	13,02	1,2	bardzo regularne	8,6
Mosty - Stawy	60,75	83,6	44,55	1,9	bardzo regularne	8,55
Łąski Piec	92,98	131,02	64,91	2,0	mało zmienne	8,1
Gajdówko	10,7	12,26	9,01	1,4	bardzo regularne	9,2
Szarłata	39,2	48,73	21,58	2,3	mało zmienne	9,75



Ryc. 7. Temperatura powietrza i wysokość opadów w poszczególnych dniach roku hydrologicznego 2008 dla stacji Chojnice (opracowano na podstawie www.weatheronline.pl)



Ryc. 8. Zmienność przepływu w poszczególnych punktach pomiarowych w roku hydrologicznym 2008

Objętość odpływającej wody zmienia się także w wyniku prac przeprowadzanych w obrębie koryt cieków. Na badanym obszarze regularnie dokonywane jest oczyszczanie cieków z roślinności i zakumulowanych osadów. Doprowadza to do udroźnienia koryta i ułatwienia odpływu, a jednocześnie zmniejszenia retencji wody w obrębie den rynien.

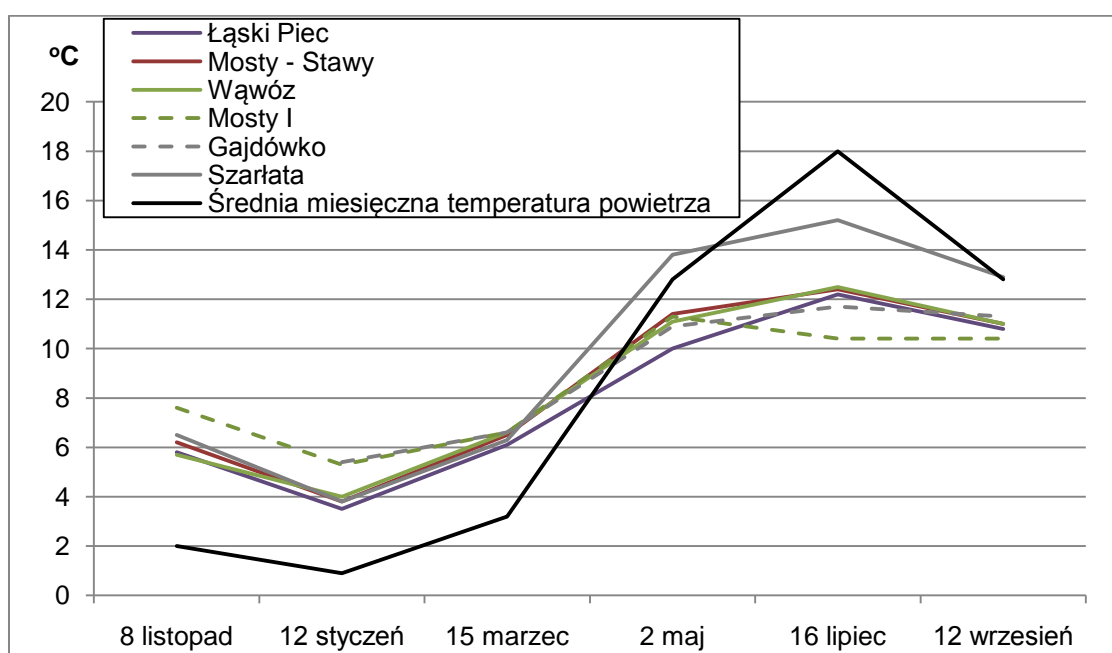
Zmienność temperatury wody i przewodności elektrolitycznej

Termika źródeł zależy od głębokości występowania warstwy wodonośnej. Największe wahania temperatury obserwowane są w źródłach zasilanych z płytkich warstw. Woda źródłana osiąga temperaturę na poziomie średniej rocznej temperatury okolicy i nie podlega wahaniom, jeśli jest zasilana ze strefy neutralnej (Dynowska, Tlałka, 1978).

Średnia temperatura wody zmierzona na stanowiskach badawczych wyniosła od 8,1⁰C (Łąski Piec) do 9,75⁰C (Szarłata), czyli zbliżona jest do średniej temperatury powietrza na tym obszarze. Zmiany temperatury wody w roku 2008 nawiązywały do przebiegu temperatury powietrza, przy czym temperatura wody wykazywała większą bezwładność i mniejsze różnice w poszczególnych sezonach w stosunku do temperatury powietrza (ryc. 9).

Sezonowe wahania temperatury najslabiej widoczne były w pobliżu wypływów wody. Odchylenie od średniej osiąga w profilu Mosty I wartość 2,1 ⁰C, natomiast na stanowisku Gajdówko 2,5 ⁰C. Relatywnie wysokie temperatury wody zanotowano na stanowisku Szarłata w półroczu letnim. Na stanowisku tym notowane są temperatury wody z kilku stref źródłiskowych, z których odpływ zatamowany był w półroczu letnim przez tamę bobrową. Wskutek retencji wody w zbiorniku nastąpiło zatem podniesienie temperatury wody.

Niskie wahania temperatury wody wskazują na zasilanie z izolowanej warstwy międzymorenowej. Duża ilość energii słonecznej jest pochłaniana przez poziom nadglinowy, co łagodzi termikę wód podglinowych (Moniewski, 2004). Na podstawie reżimu termicznego, wszystkie wypływy można zaliczyć do heterotermicznych, chłodnych (Moniewski, 2007).

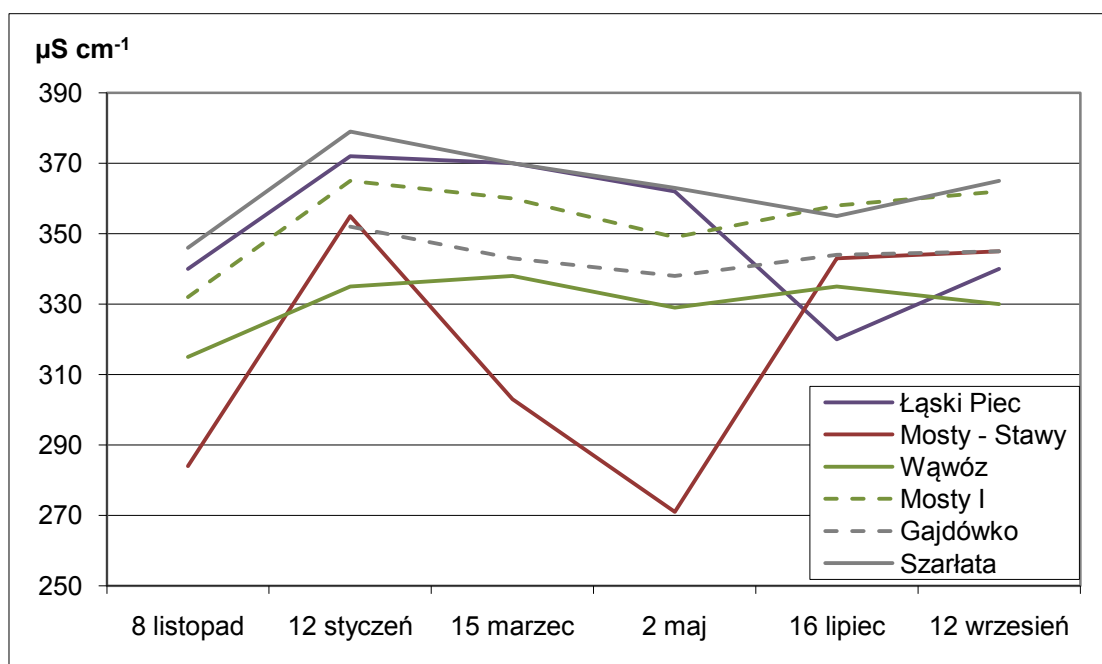


Ryc. 9. Temperatura wody w badanych profilach w roku hydrologicznym 2008

Średnia przewodność elektrolityczna na badanych stanowiskach wyniosła od 316 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ do 360 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Konduktywność wód odpływających z obszarów źródłowych wykazuje słaby rytm sezonowy, a zmienność przewodności nie przekracza 2%. We wszystkich przypadkach konduktywność jest niska w półroczu ciepłym i wzrasta w półroczu chłodnym (ryc. 10). Zależność ta jest naturalna i opowiada sezonowości zaobserwowanej w innych rejonach kraju (Bogdanowicz, Cysewski, 2008, Lasek, 2008, Moniewski, Tomalski,

2008). W okresie zimowym, gdy nie występuje pokrycie roślinnością, zwiększa się dostawa materiału rozpuszczonego pochodzącego bezpośrednio z powierzchni zlewni i dostarczanego do cieku w wyniku spływu powierzchniowego. Rozwój roślinności hamuje bezpośrednią dostawę materiału ze zlewni. Niewielkie zwiększenie przewodności obserwuje się także w okresie letnim, gdy wzrastają opady. Świadczy to o większym udziale spływu powierzchniowego, bowiem woda deszczowa, po intensywnych opadach, nie zdąża infiltrować do wód podziemnych.

Zmierzone wartości przewodności elektrolitycznej wskazują na brak intensywnej antropopresji, a tym samym istnienie niewielkiego ładunku zanieczyszczeń nieorganicznych na badanym obszarze.



Ryc. 10. Przewodność elektrolityczna w badanych profilach w roku hydrologicznym 2008

Podsumowanie i wnioski

Cieki na obszarach sandrowych w dużym stopniu zasilane są wodami podziemnymi, które wydostają się na powierzchnię w obrębie naturalnych wypływów. Zjawisko to zachodzi głównie w miejscach, gdzie dochodzi do naruszenia, zasobnych w wodę, piaszczystych warstw pochodzenia fluwioglacjalnego. Predysponowane do tego są obszary o gęstej sieci rynien subglacjalnych, dolin roztopowych, dolin rzecznych i innych form erozyjnych.

Na badanym obszarze zaobserwowano 109 naturalnych wypływów wody, z dominującym typem wypływów podboczowych. Wypływy wody cechują się niewielką wydajnością (rzadko przekracza $0,11 \cdot s^{-1}$) i przeważnie nieskoncentrowanym charakterem. Zwykle występują grupowo, tworząc źródłiska, których wydajność może przekraczać $10 \cdot s^{-1}$. Wypływy wody na badanym obszarze drenują trzy poziomy wodonośne: nadglinowy, międzyglinowy I i międzyglinowy II, przy czym największą wydajność wykazują wypływy z poziomów międzyglinowych. Niewielka zmienność wydatku wypływów oraz termiki wody, a także położenie wypływów na wysokościach 90-105 m n.p.m. wskazują na zasilanie głównie z pierwszego poziomu międzyglinowego. Czas reakcji źródeł na opad jest wydłużony, co związane jest z długością drogi infiltracji i czasem reakcji zbiornika wody podziemnej na zasilanie. Na obszarach sandrowych rzeczywisty czas reakcji wynosi przeciętnie około 2-3

tygodnie, a minimalny czas wędrówki opadu przez strefę areacji wynosi od 3 do 85 dni (Moniewski, 2007).

Wzrost wysokości wahań odpływu zachodzi wskutek czynników naturalnych, związanych z nieregularnością opadów atmosferycznych i zmianami temperatury powietrza. Ingerencja w koryta cieków odwadniających strefy źródliskowe powoduje zwiększenie nieregularności odpływu: czyszczenie koryt z roślinności przez człowieka powoduje przyspieszenie odpływu, budowa tam przez bobry, efekt odwrotny, zwiększenie retencji. Zbiorniki powstające wskutek działalności bobrów mogą funkcjonować w sposób trwały i stanowić nie tylko miejsce retencji wody, ale także sedymentacji osadów (Rurek, 2012). Jeśli jednak ich istnienie zagraża użytkowaniu łąk są niszczone przez ludzi, co powoduje krótkotrwałe zwiększenie przepływu. Obecność zbiorników może też powodować wzrost temperatury wody na odcinku pomiędzy strefą wypływów, a ciekim głównym.

Pełne rozpoznanie krenologiczne badanego obszaru wymaga prowadzenia dalszych, regularnych badań. Jednak często spotykana w literaturze teza o niskim uźródłowieniu obszarów nizinnych, nie odpowiada wynikom badań. Obliczony wskaźnik gęstości źródeł jest wysoki – wynosi $0,27 \text{ źr} \cdot \text{km}^{-2}$.

Literatura

- Bogdanowicz R., Cysewski A., 2008, Przestrzenna i czasowa zmienność transportu zanieczyszczeń w wybranych ciekach Nadmorskiego Parku Krajobrazowego, [w:] Partyka J., Pociask-Karteczka J. (red.), Wody na obszarach chronionych, IGiGP UJ, Kraków.
- Dynowska I., 1987, Regionalne zróżnicowanie źródeł w Polsce. Folia Geographica, ser. Geogr.-Physica, nr 18.
- Dynowska I., Pociask-Karteczka J., 1999, Obieg wody, [w:] Starkel L., (red.), Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- Dynowska I., Tłałka A., 1978, Hydrografia, część II, Uniwersytet Jagielloński, Kraków.
- Fac-Beneda J., Hrynyszak E., 2007, Wpływy wód podziemnych u podnóży krawędzi pradolinnych, [w:] Jokiel P., Moniewski P., Ziulkiewicz M. (red.), Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne, Wydział Nauk Geograficznych UŁ, Wyd. Regina Poloniae, Częstochowa.
- Fac-Beneda J., 2008, Naturalne wpływy wód podziemnych na obszarach chronionych w północnej Polsce, [w:] Partyka J., Pociask-Karteczka J. (red.), Wody na obszarach chronionych, IGiGP UJ, Kraków.
- Humnicki W., 2006, Zasilanie i drenaż wód podziemnych, [w:] Macioszczyk A. (red.), Podstawy hydrogeologii stosowanej, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Januszewski M., 2008, Morfometria i morfogeneza Rynny Jeziora Piaseczno, IG UKW, Bydgoszcz (praca magisterska).
- Jokiel P., 1997, Źródła, ich rola w środowisku i znaczenie w gospodarce wodnej, [w:] Maksymiuk Z. (red.), Folia Geographica Physica 2, Acta Universitatis Lodzensis Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Jurys L., Woźniak T., 2006, Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000. Arkusz Cekcyn, Oddział Geologii Morza PIG, Gdańsk.
- Lasek J., 2008, Chemizm wpływów wód podziemnych w zlewni potoku Ryjak (Magurski Park Narodowy), [w:] Partyka J., Pociask-Karteczka J. (red.), Wody na obszarach chronionych, IGiGP UJ, Kraków.
- Makowska A., 1974, Mapa geologiczna Polski 1:200 000, Mapy utworów powierzchniowych 1:50000, Arkusz Cekcyn, Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Mapa topograficzna 1:10 000, 1991a. Arkusz Łązek (334.442), Główny Geodeta Kraju.
- Mapa topograficzna 1:10 000, 1991b. Arkusz Zdroje (334.444), Główny Geodeta Kraju.

- Mazurek M., 2005, Wykształcenie systemów źródłkowych w strefie młodoglacjalnej, dorzecze Parsęty, [w:] Kotarba A., Krzemień K., Święchowicz J. (red.), Współczesna ewolucja rzeźby Polski, VII Zjazd Geomorfologów Polskich., IGiGP UJ, Kraków.
- Mazurek M., 2006, Wpływy wód podziemnych w południowej części dorzecza Parsęty, [w:] Badania fizjograficzne nad Polską Zachodnią, seria A – Geografia fizyczna, tom 57, Poznań.
- Mazurek M., 2008. Obszary źródłkowe ogniwem łączącym system stokowy z systemem korytowym, dorzecze Parsęty, [w:] Florek W., Kaczmarzyk J. (red.), Współczesne problemy geomorfologii, Landform Analysis, vol. 9, Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich.
- Moniewski P., 2004, Źródła okolic Łodzi, Acta Geographica Lodzensia nr 87, Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź.
- Moniewski P., 2007, Podstawowe pojęcia, typologie i klasyfikacje współczesnej krenologii, [w:] Jokiel P., Moniewski P., Ziulkiewicz M. (red.), Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne, Wydział Nauk Geograficznych UŁ, Wyd. Regina Poloniae, Częstochowa.
- Moniewski P., Tomalski P., 2008, Wpływ systemu odwodnienia autostrady na ilość i jakość wody małej rzeki, [w:] Partyka J., Pociask-Karteczka J. (red.), Wody na obszarach chronionych, IGiGP UJ, Kraków.
- Muter K., 2002, Objasnienia do mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, Arkusz Cekcyn, PIG, Warszawa.
- Paczyński B. (red), 1993, Atlas hydrogeologiczny Polski, cz.I, cz.II, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Pazdro Z., 1983, Hydrogeologia ogólna, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Piekarska M., 2002, Dokumentacja hydrogeologiczna nr 4357 (Zdroje), Tuchola (niepublikowane, udostępnione w Woj. Arch. Geol. w Bydgoszczy).
- Puk K., 2007, Wybrane problemy polskiej terminologii krenologicznej, [w:] Jokiel P., Moniewski P., Ziulkiewicz M. (red.), Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne, Wydział Nauk Geograficznych UŁ, Wyd. Regina Poloniae, Częstochowa.
- Rurek M., 2012, Zmiany środowiska przyrodniczego związane z obecnością bobra (*Castor fiber*) w dolinach Gajdówki i Zdrojanki (pd. Bory Tucholskie, [w:] M. Więclaw (red.) Środowisko przyrodnicze w badaniach geografii fizycznej, Promotio Geographica Bydostiensia , T. XIX, UKW, Bydgoszcz, s. 153-165.
- Szumińska, D., 2006, Naturalne i antropogeniczne doktorska, Instytut Geografii UKW, Bydgoszcz (maszynopis).
- Szumińska D., Absalon D., 2012. Transformation of a water network in a moraine upland - outwash plain - valley landscape, Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 21, No 2 (2012), 259-265.
- Tomaszewski J., 1989, Badanie naturalnych wpływów wód podziemnych, [w:] Gutry-Korycka M., Werner-Więckowska H. (red.), Przewodnik do hydrograficznych badań terenowych, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Wieczysty A., 1982, Hydrogeologia inżynierska. PWN, Warszawa – Kraków.
- Woś A., 1999. Klimat Polski, Uniwersytet Adama Mickiewicza, Poznań.
- www.weatheronline.pl

ABSTRACT. The article demonstrates the results of research conducted within the outwash plain located in the central part of the Wda drainage basin. The efforts were focused on stocktaking natural water outflows, setting out spring zones, defining the capacity, temperature and conductivity of waters in the vicinity of selected objects. A total of 109

natural water outflows were identified in the course of the research, majority of which were found to be sub-slope in type. The density of springs proved to be high and amounted to $0.38 \text{ spring} \cdot \text{km}^{-2}$. Individual water outflows were found to be of low capacity, rarely exceeding $0.11 \cdot \text{s}^{-1}$, and rather scattered. However, the capacity of entire spring areas can exceed $10 \cdot \text{s}^{-1}$. Water outflows found in the area under discussion drain three aquifers: supra-clay, interclay I and interclay II, and the location of the outflows indicates that they are fed mainly by the first interclay horizon. The springs tend to have stable runoff, particularly in the profiles located directly below the spring zones. The highest fluctuation of flows below the spring zones is related to the fact that water infiltration into periodically frozen ground is rendered difficult and the runoff tends to be hindered due to the occurrence of beaver dams.

Key words: ground water outflows, spring, spring zone, outwash plain, subglacial tunnel, Bory Tucholskie (Tuchola Pinewoods), the Wda drainage basin