





GENEZA I CHARAKTERYSTYKA WYPŁYWÓW KOMPLEKSU ŹRÓDEŁ KRÓLEWSKICH W ŻEROMINIE

GENESIS AND CHARACTERISTIC OF SPRINGS IN THE ROYAL SPRINGS COMPLEX IN ŻEROMIN

Adam Bartnik, Przemysław Tomalski

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej,
AB  <https://orcid.org/0000-0003-3726-5427>, e-mail: adam.bartnik@geo.uni.lodz.pl (autor koresponden-
cyjny), PT  <https://orcid.org/0000-0002-1223-5021>, e-mail: przemyslaw.tomalski@geo.uni.lodz.pl

Streszczenie

Opracowanie stanowi charakterystykę warunków funkcjonowania zespołu wypływów wód podziemnych zasilanych naporowymi wodami czwartorzędowymi z piaszczystych utworów śródglinowych w okolicy miejscowości Żeromin, w pobliżu Tuszyna. Jego głównym celem poza identyfikacją zmienności wydajności wypływów oraz temperatury, konduktywności i odczynu ich wód było ustalenie genezy i stopnia przekształcenia badanych wypływów w kompleksie Źródeł Królewskich. Jeden z wypływów to de facto wylot z systemu odwodnienia okolicznych pól, na co wskazuje odmiennosc cech fizycznych i chemicznych wypływającej z niego wody w stosunku do pozostałych. Powstanie wypływów zostało najprawdopodobniej indukowane przypadkowo przez działalność ludzką podczas prac melioracyjnych i/lub w czasie budowy wodociągu Sulejów–Łódź. Antropogeniczna geneza źródeł skłania do refleksji nad możliwymi konsekwencjami spożywania wody z niektórych wypływów (w szczególności pochodzącej z systemów melioracyjnych), zawierającej okresowo resztki nawozów i środków ochrony roślin.

Słowa kluczowe: źródło, antropopresja, atrakcja turystyczna, melioracje, Żeromin.

Bartnik A., Tomalski P. (2024). Geneza i charakterystyka wypływów kompleksu Źródeł Królewskich w Żerominie. *Czasopismo Geograficzne*, 95(2): 227–248. <https://doi.org/10.12657/czageo-95-10>



Abstract

The study is a short characteristic of a group of springs fed by Quaternary pressure water from sandy sub-clay formations in the area of Żeromin near Tuszyn. Its main goal, apart from determining the variability of the efficiency of outflows and the temperature, conductivity and reaction of their water, was to determine the origin and degree of transformation of the examined outflows and to try to identify social factors influencing the popularity of the Royal Springs complex. One of the outflows is in fact an outlet from the drainage system of the surrounding fields, because its physico-chemical properties of water differ significantly from the others. The formation of individual outflows most likely occurred accidentally, as a result of human activity during drainage works and/or during the construction of the Sulejów–Łódź water pipeline. This prompts reflection on the possible consequences of drinking water from certain drains (especially from drainage systems), which periodically contains residues of fertilisers and plant protection products.

Keywords: spring, human impact, place of interest, agricultural drainage, Żeromin.

WSTĘP

Zgodnie z najczęściej uznawaną w Polsce definicją, źródło rozumiane jest jako samoczynny, naturalny i skoncentrowany wypływ wody podziemnej na powierzchnię terenu (Instrukcja..., 1964; Czebotariew, 1970; Tomaszewski, 1971, 1996; Dynowska, Tlałka, 1982; Wieczysty, 1982; Pazdro, 1983; Słownik hydrogeologiczny, 1997; Bocheńska i in., 2002; Moniewski, 2007). Zatem zgodnie z nią źródłami nie są m.in.: wypływy ze sztolni, studni artezyjskich, pomp. Teoretycznie więc ocena, czy dany obiekt jest źródłem, innym typem wypływu o charakterze naturalnym, czy tworem sztucznym powstałym na skutek celowej ingerencji człowieka, powinna być łatwa. Jednakże w przypadku ujęć wód podziemnych rozpoznanie ich antropogenicznej genezy czasami może być trudne (Moniewski, 2007). Warto przy tym zwrócić uwagę, że zawarte w definicji określenie „naturalny” dotyczy raczej genezy wypływu niż jego współczesnych cech. Większość istniejących definicji, nawet jeżeli nie zawiera w sobie literalnie zdefiniowanej naturalnej genezy wypływu, zakłada ją a priori. Pierwotnie naturalne źródła, położone na terenach zurbanizowanych, często były (i są) poddawane tak silnej antropopresji, że warunki hydrogeologiczne, w jakich one początkowo istniały, zostały zmienione. Zaś współczesne funkcjonowanie takiego źródła w warunkach silnej antropopresji jest możliwe jedynie dzięki przebudowie miejsca wypływu poprzez jego obudowę, ujęcie lub pogłębienie. Zanik naturalnych cech wypływu wynika często z nadmiernej eksploatacji poziomu wodonośnego i powoduje konieczność sztucznego dobywania wody z pewnej głębokości. Jednak nadal wszystkie tego typu obiekty uważane są za źródła.

Sztuczne wypływy wód podziemnych powstają w wyniku gospodarczej działalności człowieka (Molenda, 2007). Mogą być związane z zamierzonymi działa-

niami oraz powstać jako efekt uboczny antropopresji. Zazwyczaj towarzyszą one formom wypukłym (hałdy) lub wklęsłym (kamieniołomy, wkopy drogowe, niecki z osiadania). W specyficznych warunkach hydrogeologicznych mogą tam wystąpić wypływy wód podziemnych o charakterze skoncentrowanym, jak na przykład na Górnym Śląsku (Jankowski, 2006). Osobnym przypadkiem są melioracje, które we wcześniejszych latach przeprowadzono na obszarach podmokłych i w dolinach rzecznych. W systemach otwartych rowów może dochodzić do powstania wypływów skoncentrowanych, nawet o charakterze ascensyjnym (Trybała, 1996).

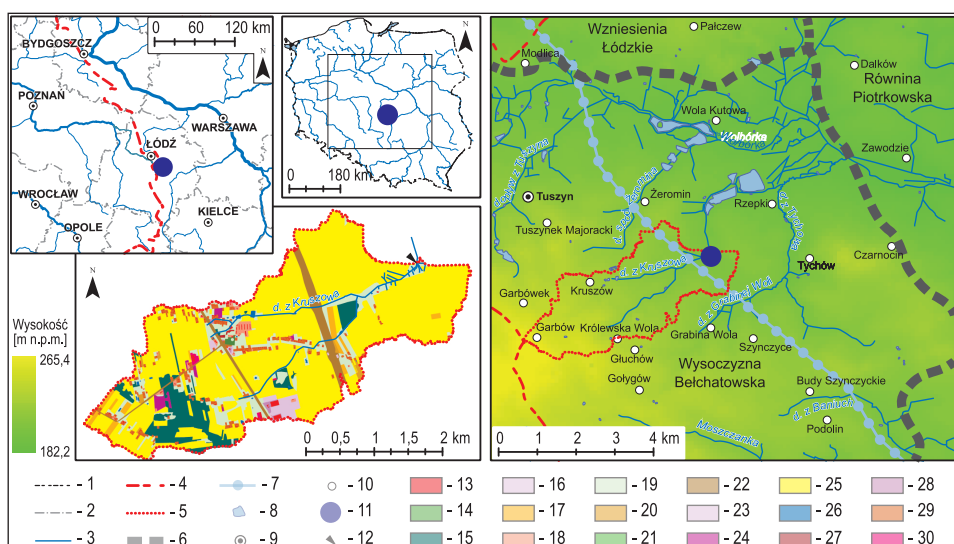
W światowej literaturze przedmiotu funkcjonują różne typologie i klasyfikacje wypływów wód podziemnych. Najczęściej cytowane są prace takich autorów, jak: Bryan (1919), Meinzer (1923), Alfaro i Wallace (1994), Springer i in. (2008), Krešić i Stevanović (2009), Glazier (2014). Jednakże niemal zawsze dotyczą one jedynie konkretnego regionu (Springer i in., 2008; Cantonati i in., 2020), a zastosowane w nich kryteria klasyfikacji różnią się bardzo w zależności od obszaru zainteresowań badawczych, aktualnej potrzeby zastosowania czy dyscypliny naukowej reprezentowanej przez ich autorów (Stevens i in., 2021). Do kryteriów hydrogeologicznych zaliczają się: parametry fizyczne i chemiczne wypływającej wody, układ geologiczny, stratygrafia warstw skalnych oraz położenie morfologiczne, ciągłość, zmienność i dynamika wydatku oraz siła powodująca wypływ wody na powierzchnię (Meinzer, 1923; Springer i in., 2008; Springer, Stevens, 2009; Stevens i in., 2011; Cantonati i in., 2020; Stevens i in., 2021). W innych podejściach źródła mogą być klasyfikowane na podstawie np. morfologii kanałów wyprowadzających wodę, struktury stref wypływów, siedlisk, jakie tworzą wypływy dla fauny i flory, tzw. usług ekosystemowych, czy wreszcie różnorodnych czynników kulturowych, w jakich funkcjonują. Dlatego wydaje się, że lista typów wypływów wód podziemnych jest nieskończona i obejmuje m.in.: wycieki, wypływy kanałowe, przelewowe, podciśnieniowe, wstępujące, intermitujące, estawełe, zatopione, termiczne, mineralne, gejzery, uskokowe, zapadliskowe, zawieszane, limnokreny, reokreny (Fetter, 1994; Smet, van Wijk, 2002; Krešić, Stevanović, 2009; Kløve i in., 2011; Bertrand i in., 2012; Ford, Williams, 2013; Glazier, 2014; Stevens i in., 2021). Już Pazdro (1983) oceniał liczbę kryteriów klasyfikacji wypływów, które w latach 80. XX w. funkcjonowały w literaturze, na co najmniej 20. Warto zwrócić uwagę, że każdy z wypływów jest na swój sposób niepowtarzalny, co utrudnia ich klasyfikację (Moniewski, 2007).

Pierwotnym celem prezentowanych w pracy badań było rozpoznanie warunków występowania kompleksu wypływów wód podziemnych, nazywanych Źródłami Królewskimi, zlokalizowanych w pobliżu Tuszyna. Stopniowo zbierane dane wpłynęły jednak na modyfikację pierwotnych zamierzeń. Głównym celem stało się ustalenie genezy i stopnia przekształcenia badanych wypływów oraz odpowiedź na pytanie: czy wypływy w kompleksie Źródła Królewskie są pochodzenia naturalnego, a jeżeli nie, to w jaki sposób powstały?

OBSZAR BADAŃ I METODY BADAWCZE

Położenie badanego obszaru

Kompleks wypływów Źródła Królewskie położony jest na Wysoczyźnie Bełchatowskiej, około 1,5 km na południowy wschód od wsi Żeromin, w gminie Tuszyn, powiat łódzki wschodni (ryc. 1). Hydrograficznie znajduje się w zlewni Dopływu z Kruszowa, który oddaje swoje wody kolejno do Dopływu z Tychowa, następnie do Wolbórki, potem do Pilicy i wreszcie do Wisły. Obszar ten objęty jest JCWP typ 17 (kod: PLRW2000172546329) – Wolbórka od źródeł do Dopływu spod Będzelina. Zgodnie z tą klasyfikacją JCWP został tu silnie zmieniony na



Ryc. 1. Lokalizacja kompleksu wypływów Źródła Królewskie oraz użytkowanie zlewni Dopływu z Kruszowa po wybrany do badań punkt pomiaru natężenia przepływu

Objaśnienia: 1 – granice państwa; 2 – granice województw; 3 – wybrane ciek; 4 – dział wodny I rzędu; 5 – dział wodny zlewni Dopływu z Kruszowa do punktu pomiaru natężenia przepływu zlokalizowanego poniżej kompleksu wypływów Źródła Królewskie; 6 – granice mezoregionów; 7 – wodociąg Sulejów–Łódź; 8 – zbiorniki wodne; 9 – miasta; 10 – wsie; 11 – kompleks wypływów Źródła Królewskie; 12 – punkt pomiaru natężenia przepływu; użytkowanie terenu: 13 – budynki; 14 – krzewy; 15 – lasy; 16 – place; 17 – plantacje; 18 – pozostała zabudowa; 19 – roślinność trawiasta; 20 – sady; 21 – szkółki roślin ozdobnych; 22 – teren pod drogą kołową; 23 – teren z urządzeniami technicznymi lub budowlami; 24 – teren przemysłowo-składowy; 25 – uprawy na gruntach ornych; 26 – wody stojące; 27 – zabudowa wielorodzinna; 28 – zabudowa handlowo-usługowa; 29 – zabudowa jedno-rodzinna; 30 – zabudowa przemysłowo-składowa

Źródło: opracowanie własne na podstawie: BDOT10k, Geoportal, MPHP10k, Solon i in. (2018).

skutek regulacji stosunków wodnych w rolnictwie. Równocześnie brak działań, które poprawiłyby potencjał JCWP, nie powodując kolizji z dotychczasowym użytkowaniem (WIOŚ Łódź, 2023).

Pod względem klimatycznym strefa występowania wypływów położona jest w regionie XVII (Woś, 1993). Średnia roczna suma opadów na tym obszarze wynosi 550–600 mm (w roku wilgotnym, np. 2020 – 700–800 mm; w roku suchym, np. 2015 – 400–500 mm; Tomczyk, Bednorz, 2022). Średnia roczna temperatura powietrza



Ryc. 2. Wypływy wód podziemnych w kompleksie Źródła Królewskie koło Żeromina. Oznaczono miejsca wykonywania pomiarów natężenia przepływu oraz miejsca, w których wykonano odwierty

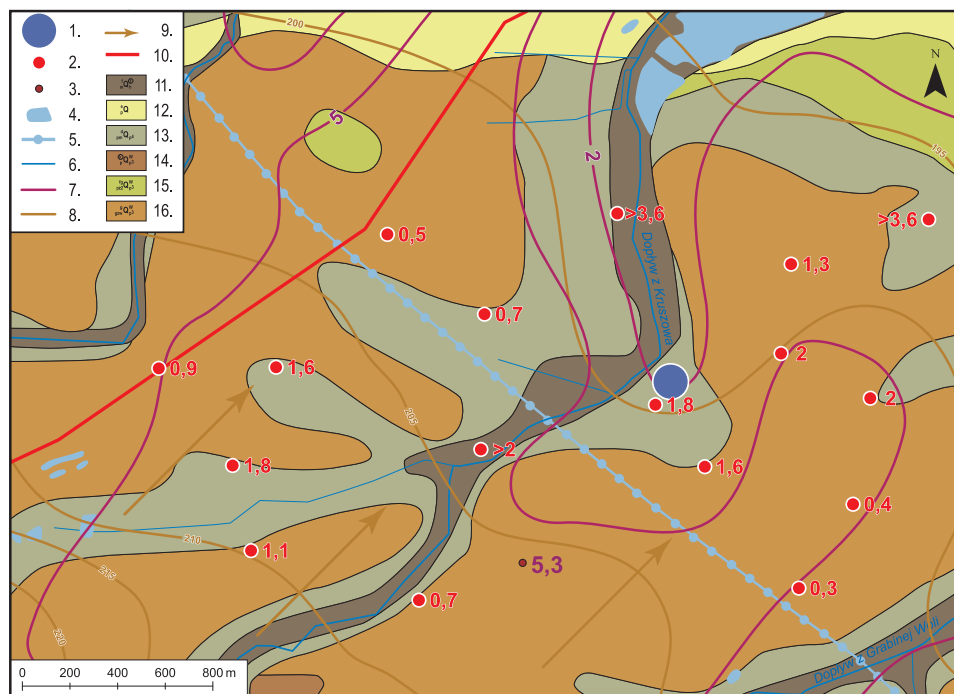
Objaśnienia: A – cieki, B – linie przekrojów hydrogeologicznych, C – lokalizacja odwiertów, D – wypływy wód podziemnych, E – nowe (nieistniejące podczas badań instrumentalnych) wypływy, które zinwentaryzowano w czerwcu 2023 r.; F – miejsca pomiaru natężenia przepływu; nazwy wypływów: 1 – Źródło Najświętszej Maryi Panny Królowej Polski; 2 – Źródło Jezusa Chrystusa Króla Polski; 3 – Źródło Jana Chrzciciela; 4 – Źródło św. Jana Nepomucena; 5 – Źródło Króla Władysława Jagiełły Drugiego Fundatora Jasnej Góry; 6 – Źródło św. Jadwigi Andegaweńskiej Króla Polski Drugiej Fundatorki Jasnej Góry; 7 – Źródło św. Kazimierza Jagiellończyka Pielgrzyma Jasnogórskiego; 8 – Źródło św. Rocha; 9 – Źródło Chrztu Polski; 10 – Źródło Wiary Narodu Polskiego; 11 – Źródło Nadziei Narodu Polskiego; 12 – Źródło Miłości Narodu Polskiego; 97–99 – wypływy nieposiadające nazwy własnej

Źródło: opracowanie własne na podstawie ortofotomapy (Geoportal, 2023).

wynosi tu 8,5–9°C, przy średniej sumie usłonecznienia 1750–1800 godzin. Opady występują przeciętnie w ciągu 165 dni w roku, a dni z opadem przekraczającym 10 mm jest średnio 13. Pokrywa śnieżna utrzymuje się przeciętnie 50–60 dni w roku.

Według zebranych informacji liczba wypływów wody w kompleksie Źródła Królewskie jest różna. Podczas pierwszej wizji terenowej zinwentaryzowano 12 (posiadających lokalne nazwy), jednak w czerwcu 2023 r. zidentyfikowano kolejne 3 ascensyjne wypływy w obrębie koryta Dopływu z Kruszowa – obecnie bez nazw (ryc. 2). Wysokości miejsc wypływów w całym kompleksie mieszczą się w przedziale od około 199,2 do około 200,5 m n.p.m.

Utwory powierzchniowe w strefie wypływów stanowią w większości plejstoceńskie gliny zwałowe zlodowacenia warty (Turkowska, Wieczorkowska, 1992).



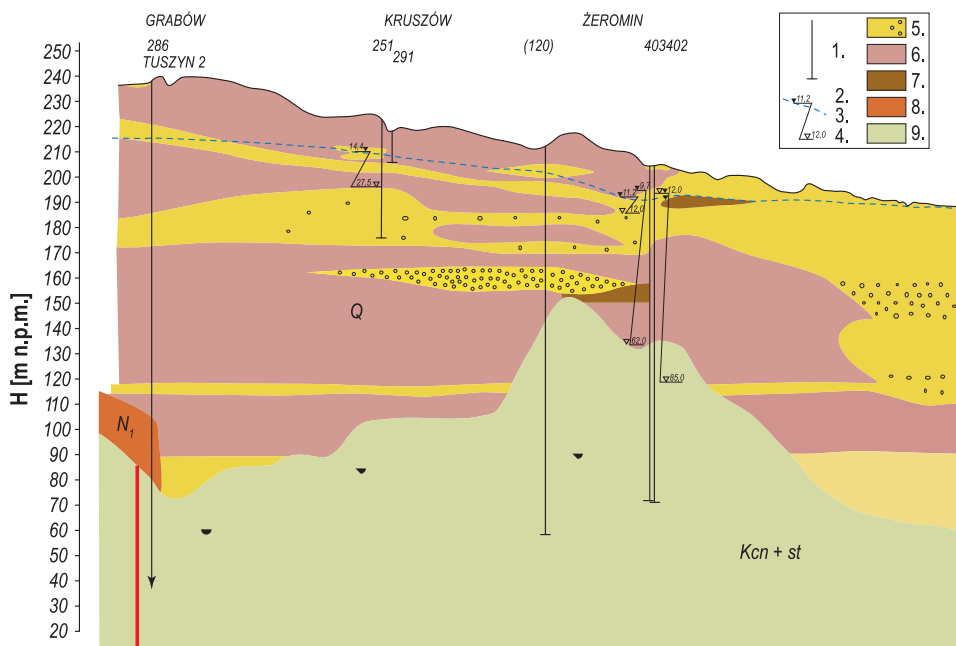
Ryc. 3. Utwory powierzchniowe oraz głębokość występowania zwierciadła wód podziemnych w rejonie występowania Źródeł Królewskich w Żerominie

Objaśnienia: 1 – kompleks wypływów Źródła Królewskie; 2 – głębokość stropu gliny [m]; 3 – studnia (gł. do wody [m]); 4 – zbiorniki wodne; 5 – rurociąg Sulejów–Łódź; 6 – ciekie; 7 – hydroizobaty; 8 – hydroizohipsy; 9 – kierunek przepływu wód podziemnych; 10 – linia przekroju Kruszów–Żeromin; utwory powierzchniowe: 11 – mułki, piaski i żwiry rzeczne teras zalewowych (0,2–1,0 m n.p. rzeki); 12 – piaski eoliczne; 13 – piaski i mułki deluwialne; 14 – piaski, żwiry i mułki kemów; 15 – piaski i żwiry wodnolodowcowe górne; 16 – gliny zwałowe

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Turkowska i Wieczorkowska (1992), Nowicki i Szadkowska (2002), Centralna Baza Danych Geologicznych (2023).

Jedynie w rozcięciach dolinnych pojawiają się piaski, żwiry i mułki związane z akumulacją rzeczna (ryc. 3).

Pod względem hydrogeologicznym teren występowania wypływów kompleksu Źródła Królewskie należy do Regionu Środkowej Wisły, stanowiąc JCWPd typ 84 o kodzie: PLGW200084. Wody podziemne tworzące ciągly horyzont wodonośny w bezpośredniej bliskości wypływów związane są z występowaniem piasków i żwirów fluwioglacjalnych. Tworzą one w obrębie glin zwałowych mniej lub bardziej ciągly warstwy śród- i podglinowe – rycina 4 (Bierkowska 1997). Wody porowe w ich obrębie znajdują się pod ciśnieniem, a głębokość występowania ich napiętego zwierciadła wynosi od kilkunastu do nawet kilkudziesięciu metrów p.p.t. Jedynie w obniżeniach dolinnych wartość ta spada do 5 m p.p.t. W strefie wypływów Źródła Królewskie wynosi około 2 m p.p.t. Układ hydroizohips w ich sąsiedztwie wskazuje na napływ wody z rejonu hydrogeologicznego 10 cbQI/Cr mapy 665, tj. z rejonu wspólnego dla źródeł Dobrzyńki, Moszczanki, Dopływu z Tuszyna, Dopływu z Kruszowa – rejonu działu wodnego I rzędu (Turkowska, Wiczorkowska, 1992; Nowicki, Szadkowska, 2002). Potencjalna wydajność tych



Ryc. 4. Przekrój geologiczny wzdłuż linii Kruszów-Żeromin (przebieg oznaczono na ryc. 3)

Objaśnienia: 1 – studnia/piezometr; zwierciadło wody: 2 – ustalone, 3 – przebieg, 4 – nawiercone; 5 – piaski i żwiry czwartorzędowe; 6 – czwartorzędowe gliny zwałowe; 7 – mułki czwartorzędowe; 8 – mułki neogeńskie; 9 – wapienie i margle kredowe

Źródło: Bierkowska (1997, fragment, zmienione).

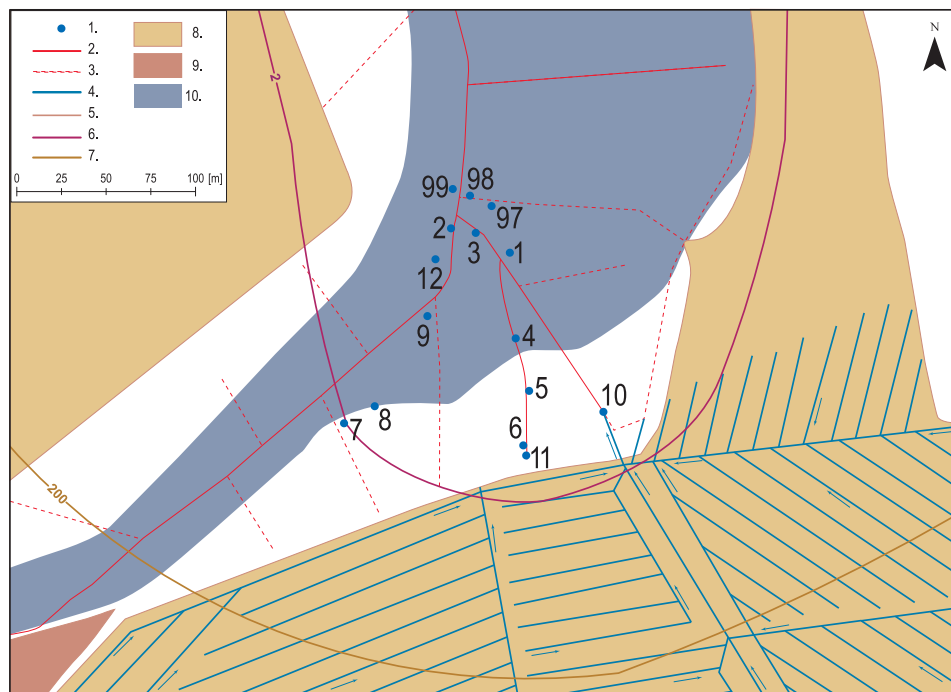
utworów (Herbich, 1999) przekracza $70 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (największa). Same wypływy położone są w rejonie hydrogeologicznym o numerze 4 abQII/Cr, zaś wydajność potencjalna utworów w tej strefie wynosi $50\text{--}70 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (znaczna).

Zgodnie z regionalizacją krenologiczną Polski przedstawioną przez Moniewskiego (2017), kompleks wypływów Źródła Królewskie położony jest w obrębie regionu XIIIb. Na tym terenie „[...]występują jedynie nieliczne wypływy porowe, formujące się w piaskach i żwirach o zróżnicowanej wydajności, na obszarze staroglacjalnym [...]”. Na prezentowanej w pracy mapie regionów krenologicznych, w pobliżu omawianego zespołu wypływów, oznaczono jedynie źródła w Wardzynie.

Cały teren wokół strefy wypływów jest intensywnie użytkowany rolniczo (ryc. 1). Obszar zlewni Dopływu spod Kruszowa do posterunku, w którym podczas badań prowadzone były pomiary natężenia przepływu, w 79% stanowią łąki i użytki rolne, 8% to tereny zadrzewione, 8% zurbanizowane (zabudowa i tereny komunikacyjne), 2% to uprawy trwałe a 3% pozostałe formy pokrycia terenu. W przypadku samej strefy wypływów aż 98% pokrycia stanowią pola uprawne, a pozostałe 2% uprawy trwałe. W strefie tej występują gleby kompleksu 3zTn (użytki zielone słabe i bardzo słabe – torfy niskie) wytworzone z piasków naglinowych i glin zwałowych lekkich, wokół nich zaś – gleby kompleksu 2zDz (użytki zielone średnie – czarne ziemie zdegradowane i gleby szare). Jeszcze dalej gleby należą już do kompleksu 2Dz (pszenny dobry) (Geoportal Województwa Łódzkiego, gleby, 2023).

Badania terenowe

Monitoring wypływów w kompleksie Źródła Królewskie rozpoczęto w lutym 2020 r. i prowadzono przez rok z rozdzielczością około 2-tygodniową. Obejmował on pomiary wydajności całego kompleksu (punkt Q na ryc. 2; powierzchnia zlewni do punktu Q = $9,64 \text{ km}^2$) oraz temperatury, konduktywności i odczynu 10 wybranych wypływów. Pomiary natężenia przepływu w Dopływie spod Kruszowa powyżej Źródeł Królewskich nie były możliwe ze względu na piętrzenie wegetacyjne i prędkość przepływu poniżej czułości młynka hydrometrycznego (wykorzystano młynek typu HEGA). Z tego względu uzyskane wyniki pomiarów obejmują nie tylko samą strefę wypływów, lecz również zlewnię Dopływu spod Kruszowa, położoną wyżej (powierzchnia = $7,86 \text{ km}^2$). Zlewnia powierzchniowa strefy wypływów stanowi około $1,78 \text{ km}^2$, z czego jedynie około $0,5 \text{ km}^2$ to prawobrzeżna część Dopływu spod Kruszowa, na której istnieją wypływy, zaś $0,72 \text{ km}^2$ stanowi zlewnia powierzchniowa cieku z wypływu nr 10 (tzw. Źródła Wiary Narodu Polskiego). Analiza szczegółowych map melioracji rolniczych w okolicach Źródeł Królewskich wykazała dodatkowo, że jest to wypływ ze zbieracza drenarskiego (ryc. 5). Sam Dopływ spod Kruszowa do punktu pomiaru natężenia przepływu ma $7,4 \text{ km}$ długości, a jego spadek średni wynosi około $7,1\text{‰}$.



Ryc. 5. Melioracje rolnicze w sąsiedztwie zespołu wypływów wód podziemnych Źródła Królewskie

Objaśnienia: 1 – wypływy wód podziemnych (numery zgodne z ryc. 2); 2 – rowy melioracyjne; 3 – rurociągi grawitacyjne szczegółowe; 4 – zbieracze drenarskie; 5 – działy drenarskie; 6 – hydroizobaty; 7 – hydroizohipsy; 8 – grunty zdrenowane; gleby pochodzenia organicznego; 9 – gleby murszowo-mineralne i murszowate, 10 – torfy niskie.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Geoportalu Województwa Łódzkiego, melioracje (2023)

Pomiary właściwości fizykochemicznych wody w poszczególnych punktach prowadzono bezpośrednio w miejscu wypływu za pomocą pH-konduktometru firmy Elmetron (model CPC-411). Spośród 12 rozpoznanych pierwotnie wypływów, pomiarów dokonano tylko w 10 z uwagi na to, że woda w pozostałych dwóch mieszała się z wodą z Dopływu z Kruszowa już w miejscu wypływu.

Badania objęły także rozpoznanie warunków hydrogeologicznych najbliższego otoczenia Źródeł Królewskich. W tym celu wykonano osiem odwiertów za pomocą świdra ręcznego do głębokości maksymalnie 3,6 m p.p.t. lub do wody, wzdłuż dwóch wyznaczonych linii przekrojów (przebieg zaznaczono na ryc. 2). Prace przeprowadzono 17 kwietnia 2021 r.

Rok 2020 (Klimat Polski 2020), w którym prowadzono obserwacje kompleksu wypływów, można w Polsce zaliczyć do ekstremalnie ciepłych. Był on na przeważającym obszarze kraju o około 1,6°C cieplejszy od tzw. klimatologicznego okresu

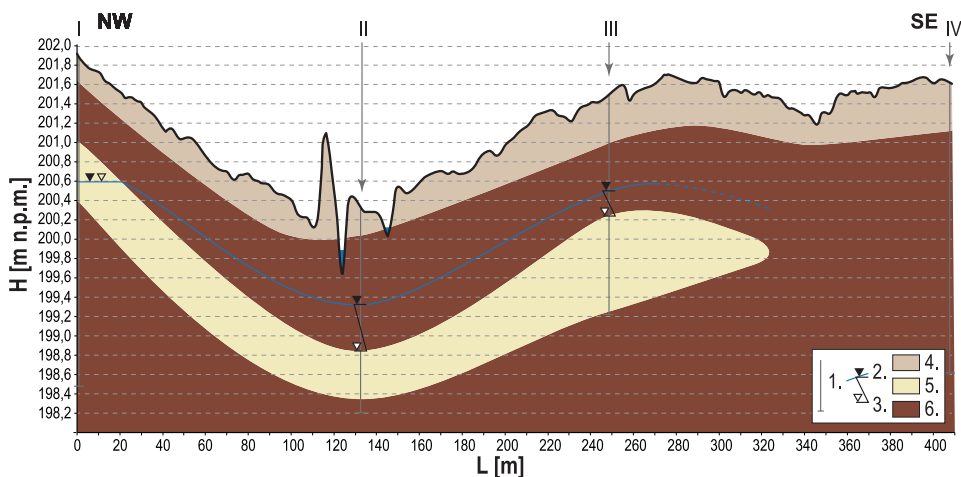
normalnego 1981–2010. W pasie nizin, w środkowej Polsce, średnia roczna obszarowa temperatura powietrza wynosiła $10,2^{\circ}\text{C}$. Przy tym jedynie dwa miesiące 2020 r. cechowały się temperaturą zbliżoną do normy wieloletniej (kwiecień i lipiec). Większość była cieplejsza bądź w stopniu umiarkowanym, bądź wręcz ekstremalnym (luty, czerwiec i sierpień). Z kolei maj był szczególnie zimny (o ok. $2,3^{\circ}\text{C}$ mniej od normy).

Pod względem higrycznym sumy roczne opadów w 2020 r. w Polsce środkowej zawierały się co prawda w przedziale od 80 do 140% normy wieloletniej, ale wystąpiły także liczne przypadki obfitych opadów nie tylko w cieplej połowie roku, lecz jeszcze w październiku. Średnia obszarowa suma opadów w 2020 r. była o około 6% wyższa od normy wieloletniej. Niemniej na dużych obszarach Polski środkowej zanotowano w okresie letnim znaczny deficyt opadów, zaś norma liczby godzin słonecznych została w różnych częściach Polski przekroczona o około 100–600 godzin.

WYNIKI BADAŃ

Warunki geologiczne

Na podstawie danych pochodzących z odwiertów opracowano uproszczone przekroje hydrogeologiczne (ryc. 6, 7). Należy zaznaczyć, że mają one charakter wy-



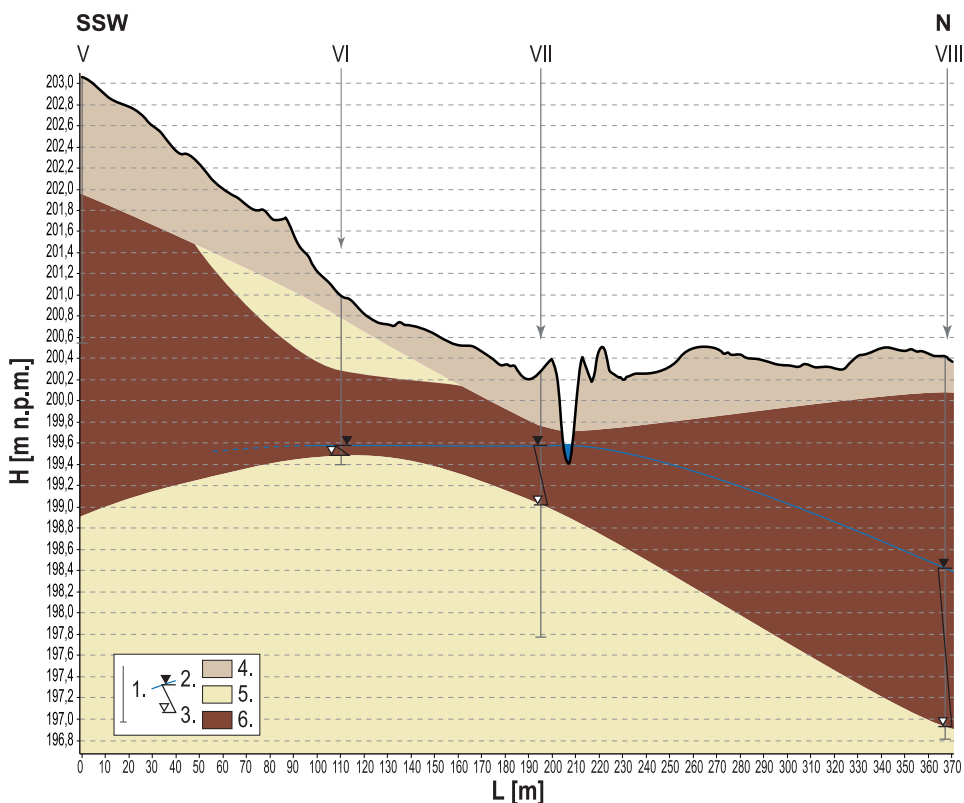
Ryc. 6. Uproszczony przekrój hydrogeologiczny w ciągu wierceń I–IV (przebieg oznaczono na ryc. 2)

Objaśnienia: 1 – odwiert; zwierciadło wody: 2 – ustalone, 3 – nawiercone; 4 – gleba; 5 – piasek; 6 – glina

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych; profil terenu na podstawie NMT (Geoportal, 2023).

łącznie pogładowy, ponieważ już samo występowanie wypływów wskazuje na istnienie zaburzeń, być może mechanicznych (antropogenicznych) prezentowanego układu warstw osadów.

We wszystkich odwiertach obu przekrojów tuż pod pokrywą gleby ornej stwierdzono występowanie pokładów gliny zwałowej o miąższości minimalnej 0,65 m p.p.t. (odw. nr I – glina do głębokości 0,90 m p.p.t.) – ryc. 6. W dolinie jej miąższość jest nieco większa – 0,75–1,20 m p.p.t., zaś w kierunku południowym stopniowo rośnie, przekraczając 1,40 m p.p.t. w otworze nr V i 3,00 m p.p.t. w otworze nr IV. Miąższość glin rośnie też w kierunku północnym, zgodnie ze spadkiem dna doliny dopływu z Kruszowa (ryc. 7). W otworach nr IV i V gliny nie przewiercono. W pozostałych, z wyjątkiem otworu nr I (zwierciadło swobodne na poziomie 1,30 m p.p.t.), zwierciadło wody miało charakter napięty i ustabi-



Ryc. 7. Uproszczony przekrój hydrogeologiczny w ciągu wierceń V–VIII (przebieg oznaczono na ryc. 2)

Objaśnienia: 1 – odwiert; zwierciadło wody: 2 – ustalone, 3 – nawiercone; 4 – glina; 5 – piasek; 6 – glina

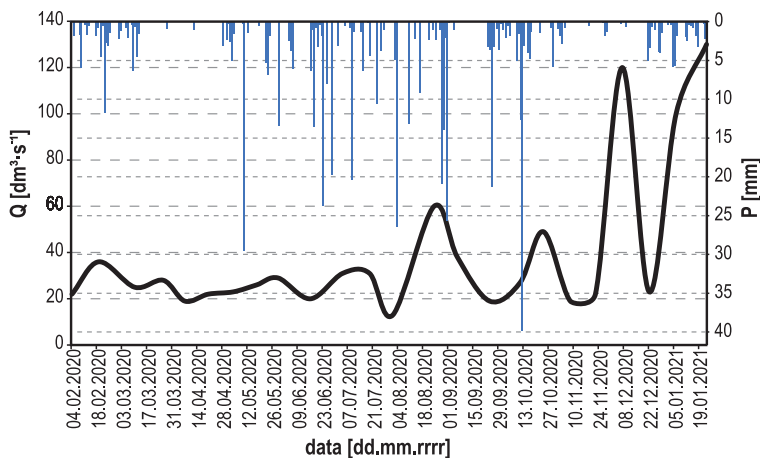
Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych; profil terenu na podstawie NMT (Geportal, 2023).

lizowało się na głębokościach od 0,80 m p.p.t. (nr VII) do 1,40 m p.p.t. (nr VI) i aż do około 2,00 m p.p.t. (nr VIII).

Dopływ z Kruszowa pierwotnie był ciekim naturalnym, o czym świadczą osady rzeczne występujące w jego dolinie, oznaczone na załączonej mapie geologicznej (ryc. 3). Ciek figuruje też na starych mapach z początku XX w. Późniejsze przekształcenia, a zwłaszcza przeprowadzone w dolinie prace regulacyjne związane z przystosowaniem cieku do odbioru wód drenażowych (melioracje podstawowe), spowodowały przekształcenie go w rów melioracyjny, jak wiele innych, dawnych strumieni płynących w środkowej Polsce. Warto też zwrócić uwagę na fakt, że rzędna zwierciadła wód podziemnych nawiązuje do poziomu wód rzecznych jedynie w przekroju wzdłuż linii SSW–N, przecinającej środkową część strefy wypływów. Jednakże samo dno cieku podścielone jest około półmetrową warstwą gliny. Występują w niej strefy nieciągłości, o czym świadczą wypływy śródkorytowe, które pojawiły się po roku 2020 (nr 97–99 na ryc. 2).

Dynamika wypływów wód podziemnych

Natężenie przepływu mierzone w cieku poniżej Źródeł Królewskich przez większą część roku było stabilne i wynosiło od około 20 do 40 $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (ryc. 8). Identyfikacja zmienności sezonowej wydajności tego kompleksu wypływów jest jednak bardzo trudna. Można ostrożnie przyjąć, że w terminach bez opadu w dniu pomiarów (i kilku dniach poprzedzających) na ilość wody płynącej kory-

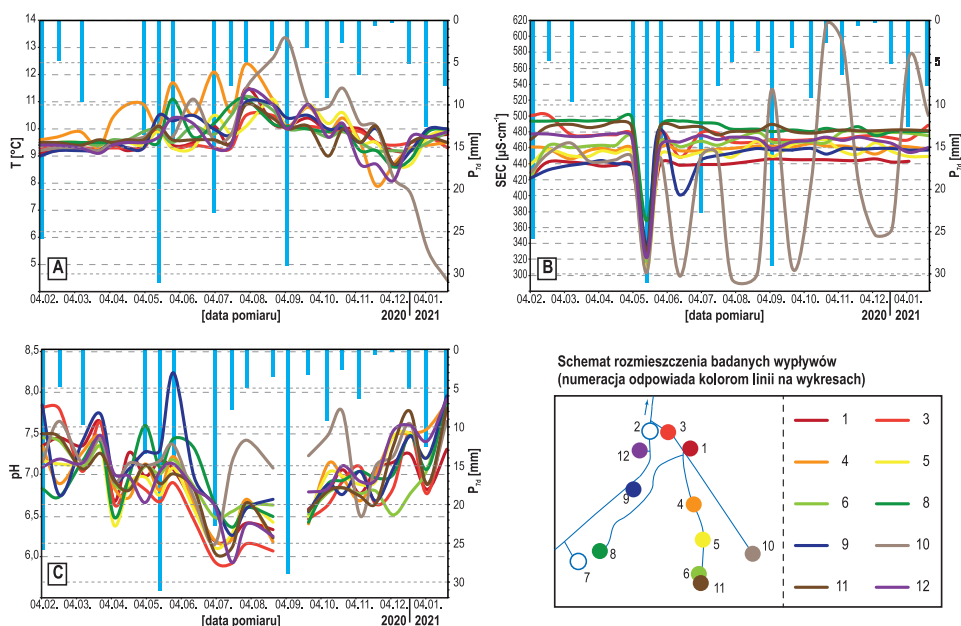


Ryc. 8. Natężenie przepływu Dopływu z Kruszowa w punkcie Q (oznaczonym na ryc. 2) w okresie od 4 lutego 2020 do 23 stycznia 2021. Histogram (hietogram) prezentuje dobową sumę opadów atmosferycznych zarejestrowanych na stacji Łódź–Lubliniek

Źródło: badania własne; dane o opadach – dane publiczne IMGW-PIB (<https://dane.imgw.pl/>).

tem w zdecydowanej większości składały się wody podziemne drenowane przez wypływy, a tylko nieznaczna część (w ocenie autorów ok. 10%) to wody pochodzące z górnej części Dopływu z Kruszowa. Sytuacja ta zmieniała się w momencie występowania opadów atmosferycznych bądź roztopów. Wszystkie zanotowane przepływy przekraczające $40 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ związane były właśnie z takimi sytuacjami, w których Dopływem z Kruszowa docierało znacznie więcej wody niż w okresach bezopadowych. Zaznaczyć także należy, że duże przyrosty przepływu towarzyszyły roztopom śródzimowym, podczas których wzrastał on nieraz trzykrotnie i osiągał do $130 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Temperatura wody w analizowanych wypływach w większości przypadków cechowała się w badanym okresie amplitudą $3\text{--}4^\circ\text{C}$ i oscylowała w okolicach 10°C (ryc. 9A). Była zatem zbieżna z przytoczoną wcześniej średnią temperaturą powietrza w 2020 r. ($10,2^\circ\text{C}$) w środkowej Polsce. Maksimum temperatury wody w wypływach przypadło na początek sierpnia, a minimum na początek grudnia. Ponadto jej zmienność w przypadku zdecydowanej większości obiektów była



Ryc. 9. Temperatura (A), konduktyność (B) i odczyn (C) wody poszczególnych wypływów w kompleksie Źródła Królewskie w okresie badawczym. Numeracja kolorów zgodna z numeracją wypływów przedstawioną na ryc. 2. Histogramy (niebieskie słupki) prezentują sumy opadów atmosferycznych zarejestrowanych na stacji Łódź–Lublinek przez 7 dni poprzedzających terminy pomiarów parametrów fizykochemicznych wody w kompleksie

Źródło: badania własne; dane o opadach – dane publiczne IMGW-PIB (<https://dane.imgw.pl/>).

bardzo podobna. W analizowanej grupie wyróżnia się najbardziej wypływ nr 10. Zmienność temperatury w tym obiekcie była dużo większa i wyniosła 9°C , a terminy ekstremów były odmienne od pozostałych (odpowiednio maksimum – we wrześniu, a minimum – w styczniu). Momenty czasowe wystąpienia maksimum i minimum temperatury wody w tym wypływie porównano z sumami opadów z sześciu dni poprzedzających pomiar (oraz z dnia pomiaru). Na tej podstawie można stwierdzić, że za wystąpienie maksimum temperatury wody odpowiedzialne były opady w wysokości 29 mm (jedne z najwyższych w analizowanym okresie), które wystąpiły w okresie od 31 sierpnia do 6 września. Sugeruje to, że obiekt ten drenuje wody znajdujące się bardzo płytko i bezpośrednio na warstwie gliny (odmiennie od pozostałych wypływów). Ponadto, według szczegółowych map melioracji rolniczych, które wykonano dla obszaru sąsiadującego ze Źródłami Królewskimi, wypływ nr 10 jest w rzeczywistości wylotem zbieracza drenarskiego (ryc. 5). Zanotowane minimum temperatury wody w wypływie nr 10 nie było zatem związane z wysokimi opadami (suma 7-dniowa z okresu poprzedzającego to tylko 7,7 mm), ale było następstwem gwałtownych roztopów śniegu (w tym terminie zanotowano też maksimum natężenia przepływu w punkcie pomiarowym zlokalizowanym poniżej kompleksu wypływów – Q) spowodowanych wzrostem temperatury powietrza. Zimne wody z topniejącego śniegu infiltrowały w grunt i zostały zdrenowane przez system melioracyjny, znacząco obniżając temperaturę wody na jego zakończeniu (czyli w wypływie nr 10).

Przewodnictwo elektrolityczne właściwe wody (SEC) w większości wypływów było bardzo stabilne w czasie (ryc. 9B), a jego amplituda przez zasadniczą część okresu badań nie przekraczała $50 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Obraz ten zaburza jeden epizod opadowy z maja 2020 r. W okresie poprzedzającym pomiar spadło ponad 30 mm deszczu. Przełożyło się to na skokowy spadek konduktywności we wszystkich wypływach o ponad $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Sugeruje to, że wody drenowane przez kompleks Źródeł Królewskich pochodzą raczej z płytkiego systemu krążenia. Wyjątkiem w aspekcie zmienności przewodnictwa elektrolitycznego właściwego, podobnie jak w przypadku temperatury wody, stanowi wypływ nr 10. Zmienność konduktywności jest tu duża i nie zawsze związana z występowaniem opadów. Zarówno minimum, jak i maksimum konduktywności występuje w terminach, w których sumy opadów z okresu 7 dni przed wynosiły jedynie kilka milimetrów. Wydaje się zatem, że zmienność ta może być powiązana raczej z aktywnością rolniczą na polach drenowanych przez system odprowadzający wodę do tego wypływu. Potwierdzenie tej tezy wymaga jednak dalszych, bardziej szczegółowych badań.

Odczyn wód (pH) drenowanych przez analizowane wypływy był zbliżony do obojętnego (ryc. 9C). Najbardziej kwaśne wody wypływały na powierzchnię podczas późnego lata (sierpień, wrzesień), a najbardziej zasadowe – w styczniu i lutym. Niestety awaria pH-metru 6 września nie pozwoliła zanotować reakcji systemu wypływów na bardzo wysokie opady (29 mm przez 7 dni). Opad o podobnej

wysokości, który wystąpił w maju (31,1 mm), nie spowodował natomiast wyraźnych zmian odczynu wody Źródeł Królewskich. Zmienność pH w wypływie nr 10 była bardzo podobna do obserwowanej w pozostałych wypływach. Jedyna różnica, jaką zanotowano, to lekko zasadowe wody w tym obiekcie w okresie od sierpnia do października, podczas gdy w pozostałych wypływach występowały wtedy wody o odczynie obojętnym lub lekko kwaśnym. Mogło to mieć związek z pracami kultywacyjnymi przeprowadzanymi już po żniwach na polach drenowanych przez ten wypływ.

W czerwcu 2023 r. jednorazowo pobrano próbki wody z dwóch wybranych wypływów w kompleksie (nr 1 i nr 4) i przeprowadzono analizy jej składu chemicznego. Wykazały one, że ich skład chemiczny jest typowy dla obszaru środkowej Polski. Jedyne przekroczenia obowiązujących norm (rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Dz.U. poz. 2294) dotyczyły stężenia żelaza ($1,2\text{--}1,7\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) i fosforanów ($5,3\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). Ponieważ w tym czasie nie znano jeszcze charakteru poszczególnych wypływów w kompleksie, nie pobierano próbek z pozostałych wypływów (w tym z wypływu nr 10).

WYNIKI I DISKUSJA

Zmiany temperatury wody wypływów składających się na kompleks Źródeł Królewskich są typowe dla wód źródłanych środkowej Polski i wskazują na drenowanie przez nie poziomów wodonośnych o płytkim systemie krążenia. Zarówno terminy występowania ekstremów, jak i średnie temperatury wody są podobne do uzyskiwanych przez innych autorów. Średnia temperatura wód źródłanych badanych przez Stolarską (2008) w zlewni Dzierżąznej położonej na północ od Łodzi wynosiła od $9,1^{\circ}\text{C}$ do 10°C , przy około 10°C dla Źródeł Królewskich. Również inne badania źródeł środkowej Polski wskazują, że już na początku XXI w. ich przeciętna temperatura bliska była 9°C (Moniewski, 2004). Wody wypływające z tych obiektów cechują się również podobną amplitudą zmian temperatur co inne wypływy w środkowej Polsce. W przypadku Źródeł Królewskich jest to od $1,2^{\circ}\text{C}$ do $4,5^{\circ}\text{C}$. Badania przeprowadzone przez Moniewskiego (2004) w 12 źródłach środkowej Polski wskazywały na amplitudy od $1,0^{\circ}\text{C}$ do $4,4^{\circ}\text{C}$.

Przewodnictwo elektrolityczne właściwe wód wypływów środkowej Polski cechuje się niewielką zmiennością (Stolarska, 2008). Nie inaczej jest w kompleksie Źródeł Królewskich. Obraz ten zaburza jedynie wypływ nr 10, który, jak wynika z prezentowanych badań, znajduje się na zakończeniu systemu drenarskiego.

Średnia konduktywność wód poszczególnych wypływów także jest typowa dla środkowej Polski. Zanotowane w badaniach wielkości oscylują między $420\text{ }\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $500\text{ }\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Bardzo podobne wyniki zanotowali inni autorzy dla źródeł w tym regionie (średnie roczne od $300\text{ }\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ do $440\text{ }\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ – Moniewski,

Stolarska 2007; Stolarska 2008). Bardzo zbieżne są też wyniki uzyskiwane dla odczynu wody. Przeciętne wartości są zbliżone do odczynu obojętnego (Stolarska, 2008), a terminy występowania ekstremów korespondują z analogicznymi terminami notowanymi dla źródeł drenujących wody wgłębne. Bardzo podobne wyniki dla obszarów użytkowanych rolniczo uzyskał Marcinkowski (2014).

Przeciętna wydajność poszczególnych wypływów w kompleksie Źródła Królewskie jest trudna do oszacowania z powodu okresowej dostawy wód z górnej części zlewni Dopływu spod Kruszowa. Przyjmując jednak, że jest to łącznie około $30 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, stawia to tę grupę wypływów na jednym z czołowych miejsc w środkowej Polsce pod względem wydajności, za Niebieskimi Źródłami czy źródłiskiem w Rosanowie, a obok źródłiska w Ciosnach czy Mrodze Dolnej (Małecka, 1997; Moniewski, 2004). Wszystkie te obiekty są dobrze znane i były już przedmiotem badań krenologicznych. W związku z tym można zatem mieć wątpliwości, czy obiekt o takiej wydajności mógł umknąć uwagi przyrodników i naukowców zajmujących się tym zagadnieniem w przeszłości. Tymczasem w znanej autorom literaturze brak wzmianek o tym kompleksie. Ani opracowania o charakterze krajowym (Dynowska, 1991; Chełmicki i in., 2011; Moniewski, 2017), ani regionalnym (Maksymiuk, Mela, 1995) nie wspominają o Źródłach Królewskich w Żerominie, choć bywają opisywane źródła w pobliskim Wardzynie. Na przykład na prezentowanej w pracy Moniewskiego (2017) mapie regionów krenologicznych oznaczono jedynie leżące niedaleko Tuszyna źródła w Wardzynie. Podobnie Ziułkiewicz i in. (2012), opisując wardzyńskie wypływy jako rzadki na nizinach typ torfo-martwicowych kopuł źródłiskowych, utworzonych na wypływach ascen-syjnych z warstwy międzymorenowej, nie wymieniają pobliskich wypływów w Żerominie. Wydajność źródła Wardzyń I wynosi $6,0\text{--}7,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, zaś Wardzyń II – $4,4 \text{ do } \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, co w zestawieniu z łącznym wydatkiem Źródeł Królewskich nie stanowi nawet połowy. Nie figurują one również na wcześniejszych mapach lokalizacji wypływów w środkowej Polsce (Dynowska, 1991; Maksymiuk, Mela, 1995; Chełmicki i in., 2011).

Sporządzone przez autorów uproszczone przekroje hydrogeologiczne przez kompleks wypływów w Żerominie (ryc. 6, 7) wskazują, że wody z nich wypływające pochodzą w przeważającej większości z poziomów śródglinowych, które w tym miejscu występują relatywnie płytko i mają charakter lekko naporowy. Źródła Królewskie położone są w przewężeniu doliny, co mogło też ułatwić inicjację wypływów poprzez zwiększenie ciśnienia hydrostatycznego wody w warstwie wodonośnej. Zatem naruszenie osadów wywołujących napięcie zwierciadła wód podziemnych mogło doprowadzić do ich powstania. Do tego zaś w opinii autorów mogły się przyczynić prace w bezpośrednim sąsiedztwie kompleksu, w dolinie Dopływu z Kruszowa.

Z wywiadów przeprowadzonych z miejscową ludnością wynika, że w okresie powojennym majątkiem Mazarakich, na którego terenie znajdują się Źródła

Królewskie, administrowała Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego. W późniejszych latach utworzono tu Państwowe Gospodarstwo Rolne. Zapewne w tym czasie wykonano meliorację okolicznych gruntów. Ponadto na początku lat 70. XX w. na zachód od kompleksu wybudowano wodociąg Sulejów–Łódź, którym do Łodzi sprowadzano wody ze Zbiornika Sulejowskiego (por. ryc. 1). Obie te inwestycje mogły naruszyć ciągłość pokładów gliny zwałowej napinającej wody poziomego śródglinowego. Podczas prac związanych z prowadzeniem melioracji szczegółowych oraz budową rurociągu (przebiega 300–400 m od strefy wypływów) zapewne wykorzystywano ciężki sprzęt, co również mogło naruszyć stosunkowo cienką tutaj warstwę glin, a w rezultacie – indukować wypływy wód z tego poziomu. W późniejszym czasie miejsca wypływu z pewnością bardziej się ustabilizowały, również za sprawą wypłukiwania i wynoszenia materiału przez ich wody (erozję źródłową).

Kolejnym ważnym momentem w historii kompleksu Źródeł Królewskich było rozpoczęcie prac porządkowych przez nowego właściciela terenu już w XXI w. Wiele istniejących wówczas miejsc wypływów przemodelowano, inne z kolei zabudowano, np. poprzez wbicie w warstwę gliny stalowych rur zwiększających do-



Ryc. 10. Kompleks wypływów wód podziemnych Źródła Królewskie koło Żeromina

A – panoramiczny (180°) widok znad „groty” w kierunku zachodnim na kompleks wypływów; B – wypływ Źródło Miłości Narodu Polskiego (nr 12 na ryc. 2); C – jeden z nielicznych, mało zmienionych wypływów w kompleksie (nr 99 na ryc. 2); D – tzw. „grotta” zbudowana nad wypływem Źródło Najświętszej Maryi Panny Królowej Polski (nr 1 na ryc. 2)
Źródło: fot. autorów.

datkowo wydajność wypływów (ryc. 10B i C). Zbudowano wówczas także tzw. „kamienną grootę” (ryc. 10D) wokół jednego z wypływów (nr 1 na ryc. 2 – Źródło Najświętszej Maryi Panny Królowej Polski) oraz uporządkowano i włączono do całego kompleksu odpływ z systemu odwadniającego pola uprawne, znajdujące się na południe od „źródeł” (ryc. 5). Większość wypływów otrzymała nazwy o charakterze religijnym lub patriotycznym, a otaczający teren został zagospodarowany pod kątem wykorzystania go do uroczystości religijnych (Źródła Królewskie, 2024; ryc. 10A).

Nie jest tajemnicą, że istnieje w naszym społeczeństwie potrzeba posiadania tego typu obiektów w swojej okolicy. Świadczy o tym zarówno sam fakt funkcjonowania wielu „świętych źródeł” w Polsce, jak i liczne wydawnictwa, w których znajdziemy ich opisy (Pytka, 2010; Karolczuk, 2019; Mróz, 2020). Wypływy tego typu stały się nawet obiektem badań naukowych (Pietrucin i in., 2014; Jekatierynczuk-Rudczyk, 2021). Potrzebę posiadania „własnego” cudownego źródła zauważył też właściciel tego terenu (lokalny przedsiębiorca, Paweł Święcicki, zm. 12 maja 2020 r.) i postanowił ją zaspokoić. Źródła Królewskie stały się szybko bardzo popularne (w dużej mierze za sprawą mediów społecznościowych), zyskując nawet status lokalnej atrakcji turystycznej. W latach ich świetności, tuż przed pandemią (2018–2019), odbywał się tu szereg uroczystości religijnych i samorządowych (z dożynkami włącznie). Po śmierci właściciela liczba organizowanych tu wydarzeń zmalała, jednak sam kompleks Źródeł Królewskich nadal jest licznie odwiedzany przez mieszkańców okolicy oraz niedalekiej Łodzi, o czym można się najlepiej przekonać w słoneczne weekendy.

WNIOSKI

Wypływy wód podziemnych w kompleksie Źródeł Królewskich powstały w wyniku mechanicznego naruszenia warstwy glin zwałowych napinających zwierciadło wód śródoglinowych. Związane to było z pracami przy melioracjach szcze-gółowych oraz budowie rurociągu sprowadzającego wodę pitną ze Zbiornika Sulejowskiego do Łodzi. Zmienność cech fizycznych i chemicznych tych wód jest taka sama jak wód pochodzących z naturalnych wypływów wód podziemnych w środkowej Polsce. Jedynie wypływ nr 10 charakteryzuje się odmienną dynamiką tych parametrów, ponieważ wydostają się z niego wody z systemu odwodnienia pól uprawnych położonych na południe od kompleksu Źródeł Królewskich.

Wypływy w Żerominie stanowią ciekawy obiekt zarówno do badań hydrologicznych, hydrochemicznych, jak i społeczno-ekonomicznych. Spopularyzowany w krótkim czasie stał się lokalną atrakcją turystyczną licznie odwiedzaną szczególnie w weekendy. Same „źródła” to jednak w większości sztucznie indukowane wypływy naporowych wód śródoglinowych charakteryzujące się typowymi (a nie „cudownymi”) cechami fizycznymi i chemicznymi. Przeprowadzone jednora-

zowo wstępne analizy chemiczne wykazały, że są to wody typowe dla obszaru środkowej Polski. Jedyne przekroczenia dotyczyły żelaza i fosforanów. Osoby odwiedzające kompleks, zwabione „aurą cudowności”, piją wodę bezpośrednio z wypływów, a niektóre zabierają ją nawet w pojemnikach do domu. Obserwacje te skłaniają do refleksji nad możliwymi konsekwencjami spożywania wody pochodzącej z systemów melioracyjnych, zawierającej z pewnością resztki nawozów i środków ochrony roślin.

Czy w związku z powyższym wypływy w zbadanym kompleksie można nazywać źródłami? Jeżeli weźmiemy pod uwagę klasyfikację przyjętą w Polsce, zakładającą naturalność genezy danego wypływu – to z pewnością nie. Jednakże jeżeli przyjmujemy kryteria obowiązujące w literaturze światowej, to poza wpływem będącym zakończeniem systemu melioracyjnego, wydaje się, że nic nie stoi na przeszkodzie, aby określać je mianem *springs*.

LITERATURA

- Alfaro C., Wallace M. (1994). Origin and classification of springs and historical review with current applications. *Environmental Geology*, 24: 112–124. <https://doi.org/10.1007/BF00767884>
- Bertrand G., Goldscheider N., Gobat J.M., Hunkeler D. (2012). From multi-scale conceptualization to a classification system for inland groundwater-dependent ecosystems. *Hydrogeology Journal*, 20(1): 5–25. <https://doi.org/10.1007/s10040-011-0791-5>
- Bierkowska M. (1997). *Przekrój nr XXII. Dokumentacja archiwalna*. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Warszawie, Zakład w Łodzi. Archiwum Geologiczne (aktualnie maszynopis w archiwum ZHiGW UŁ).
- Bocheńska T., Dowgiałło J., Kleczkowski A.S., Macioszczyk T., Rózkowski A. (red.) (2002). *Słownik hydrogeologiczny*. Warszawa: PIG.
- Bryan K. (1919). Classification of springs. *The Journal of Geology*, 27(7): 522–561.
- Cantonati M., Stevens L.E., Segadelli S., Springer A.E., Goldscheider N., Celico F., Filipini M., Ogata K., Gargini A. (2020). Ecohydrogeology: The interdisciplinary convergence needed to improve the study and stewardship of springs and other groundwater-dependent habitats, biota, and ecosystems. *Ecological Indicators*, 110: 105803. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105803>
- Centralna Baza Danych Geologicznych (CBDG). *Otwory wiertnicze* (30 maja 2023). Państwowy Instytut Geologiczny (<https://dm.pgi.gov.pl/>).
- Chełmicki W., Jokiel P., Michalczyk Z., Moniewski P. (2011). Distribution, discharge and regional characteristics of springs in Poland. *Episodes*, 34(4): 244–256. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2011/v34i4/003>
- Czebotariew A.I. (1970). *Gidrologičeskij Słowar'*. Leningrad: Gidrometeorologičeskoje Izdatatel'stvo.
- Dynowska I. (1991). *Obieg wody*. W: *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*. Warszawa: PWN.
- Dynowska I., Tłałka A. (1982). *Hydrografia*. Warszawa: PWN.

- Fetter C.W. (2018). *Applied hydrogeology*. Waveland Press.
- Ford D., Williams P.D. (2007). *Karst hydrogeology and geomorphology*. John Wiley & Sons.
- Geoportal Województwa Łódzkiego, gleby. Łódź: Urząd Marszałkowski Województwa Łódzkiego, Departament Geodezji, Kartografii i Geologii, Wydział Geoinformacji (<https://mapy.lodzkie.pl/mapy-wojewodztwa/mapy-glebowe/>; dostęp: 28.06.2023).
- Geoportal Województwa Łódzkiego, melioracje. Łódź: Urząd Marszałkowski Województwa Łódzkiego (<https://mapy.lodzkie.pl/mapa/melioracja/>; dostęp: 27.06.2023).
- Geoportal. Główny Urząd Geodezji i Kartografii (<https://mapy.geoportal.gov.pl/>; dostęp: 27.06.2023).
- Glazier D.S. (2014). Springs. W: S.A. Elias (red.), *Reference module in earth systems and environmental sciences*. Waltham, Massachusetts, USA: Elsevier, s. 1–78.
- Herbich P. (1999). *Metodyka określenia wydajności potencjalnej typowej studni wierconej w charakterystyce użytkowych poziomów wodonośnych na mapie hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000*. Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny.
- Instrukcja opracowania mapy hydrograficznej Polski 1:50 000 (1964). *Dok. Geogr.*, 3.
- Jankowski A.T. (2006). Wpływ antropopresji na warunki hydrologiczne źródeł. W: P. Moniewski, P. Tomalski, M. Ziułkiewicz (red.), *Źródła Polski – środowiskowe aspekty badań*. Częstochowa: WNG UŁ, Wyd. Regina Poloniae, s. 16–17.
- Jekatierynczuk-Rudczyk E. (2021). *Wody uznawane za święte na Nizinie Północnopodlaskiej w świetle analizy hydrochemicznej*. Białystok: Wyd UwB.
- Karolczuk M. (2019). *Cudowne źródła w Polsce*. Kraków: Wyd. Aromat Słowa.
- Klimat Polski (2020). IMGW-PIB (<https://www.imgw.pl/sites/default/files/2021-04/imgw-pib-klimat-polski-2020-opracowanie-final-pojedyncze-min.pdf>; dostęp: 10.06.2023).
- Kløve B., Ala-Aho P., Bertrand G., Boukalova Z., Ertürk A., Goldscheider N., Ilmonen J., Karakaya N., Kupfersberger H., Kvoerner J., Lundberg A., Mileusnić M., Moszczynska A., Muotka T., Preda E., Rossi P., Siergieiev D., Šimek J., Wachniew P., Angheluta V., Widerlund A. (2011). Groundwater dependent ecosystems. Pt I. Hydroecological status and trends. *Environmental Science & Policy*, 14(7): 770–781. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.04.002>
- Kresic N., Stevanovic Z. (red.) (2009). *Groundwater hydrology of springs: engineering, theory, management and sustainability*. Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-19145-6>
- Maksymiuk Z., Mela S. (1995). Źródła Polski środkowej. *Acta Univ. Lodz, Folia Geogr.*, 20: 109–120.
- Marcinkowski T. (2014). Produkcja rolnicza a jakość wód na obszarach polderowych Żuław Elbląskich. *Woda–Środowisko–Obszary Wiejskie*, 14, 1(45): 41–52.
- Meinzer O.E. (1923). The occurrence of ground water in the United States with a discussion of principles. *Water Supply Paper*, 489. Washington, DC: U.S. Government Printing Office. <https://doi.org/10.3133/wsp489>
- Molenda T. (2007). Antropogeniczne wpływy wód podziemnych – charakterystyka hydrograficzna. [w:] Jokieli P., Moniewski P., Ziułkiewicz M. (red.) *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*. WNG UŁ, Wyd. Regina Poloniae. Częstochowa, 69–77

- Moniewski P. (2007) Zagadnienia terminologiczne i współczesne kierunki badań krenologicznych. W: P. Moniewski, P. Tomalski, M. Ziułkiewicz (red.), *Źródła Polski – środowiskowe aspekty badań*. Częstochowa: WNG UŁ, Wyd. Regina Poloniae, s. 15–29.
- Moniewski P. (2017). Źródła i inne wypływy wód podziemnych. W: P. Jokieli, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*. PWN, Warszawa, s. 89–96.
- MPPH10k: *Mapa Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1:10 000*. Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie (https://wody.isok.gov.pl/imap_kzgw/?gmap=gpKP; dostęp: 25.08.2021).
- Mróz F. (2010). Cudowne źródła w Karpatach Polskich. W: B. Płonka-Syroka, P. Brzegowy, A. Syroka, S. Dorocki (red.), *Tradycje i perspektywy rozwoju kultury uzdrowiskowej w Muszynie w kontekście europejskim*, s. 147–162.
- Nowicki Z., Szadkowska M. (2002). *Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000. Arkusz Tuszyn (665)*. Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny (http://bazadata.pgi.gov.pl/data/smgp/arkusze_txt/smgp0665.pdf).
- Pazdro Z. (1983). *Hydrogeologia ogólna*. Warszawa: Wyd. Geol.
- Pietrucin D., Satora S., Kotowski T. (2014). Hydrochemia cudownej wody w Górcie Klasztornej, Wielkopolska. *Acta, Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 13(4): 215–224.
- Pytka P. (2010). „Święte źródła” prawosławia w krajobrazie wschodniego pogranicza Polski. *Problemy Ekologii Krajobrazu*, 26: 285–296.
- Słownik hydrogeologiczny* (1997). Warszawa: Wyd. Trio.
- Smet J., van Wijk C. (red.) (2003). Small Community Water Supplies: Technology, People and Partnership. IRC International Water and Sanitation Centre, *Technical Paper Series*, 40 (https://www.ircwash.org/sites/default/files/Smet-2002-Small_TP40.pdf).
- Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasik M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorzczak I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piątek U., Nita J., Papińska E., Rodzik J., Strzyż M., Terpiłowski S., Ziaja W. (2018). Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geographia Polonica*, 91, 2: 143–170. <https://doi.org/10.7163/GPol.0115>
- Springer A.E., Lawrence S., Anderson D.E., Parnell R., Kreamer D., Levin L., Flora S. (2008). A comprehensive springs classification system: Integrating geomorphic, hydrogeochemical, and ecological criteria. *Aridland Springs in North America: Ecology and Conservation*: 49–75.
- Springer A.E., Stevens L.E. (2009). Spheres of discharge of springs. *Hydrogeology Journal*, 17(1): 83. <https://doi.org/10.1007/s10040-008-0341-y>
- Stevens L.E., Schenk E.R., Springer A.E. (2021). Springs ecosystem classification. *Ecological Applications*, 31(1): e2218. <https://doi.org/10.1002/eap.2218>
- Stevens L.E., Springer A.E., Ledbetter J.D. (2011). *Inventory and monitoring protocols for springs ecosystems* (http://www.springstewardship.org/PDF/Springs_Inventory_Protocols_110602.pdf).
- Tomaszewski J. (1996). Badania naturalnych wypływów wód podziemnych. W: M. Gutry-Korycka, H. Werner-Więckowska (red.), *Przewodnik do hydrograficznych badań terenowych*. Warszawa: PWN.

- Tomaszewski J.T. (1971). Niektóre zagadnienia dotyczące klasyfikacji w krenologii. *Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr.*, 29.
- Tomczyk A., Bednorz E. (red.) (2022). *Atlas klimatu Polski (1991–2020)*. Bogucki Wyd. Nauk. (<https://repozytorium.amu.edu.pl/handle/10593/26990>).
- Trybała M. (1996). *Gospodarka wodna w rolnictwie*. Warszawa: PWRiL.
- Turkowska K., Wieczorkowska J. (1992). *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000. Arkusz 665 – Tuszyn*. Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny (<https://baza.pgi.gov.pl/resources.html?type=smgp&id=665>).
- Wieczysty A. (1982). *Hydrogeologia inżynierska*. Warszawa–Kraków: PWN.
- WIOŚ, Łódź, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Łodzi (https://www.wios.lodz.pl/files/docs/zalacznik_nr_1_charaktery.pdf; dostęp: 27.12.2023)
- Woś A. (1993). *Regiony klimatyczne Polski w świetle częstości występowania różnych typów pogody*. Zeszyty Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, 20 (<https://rcin.org.pl/dlibra/doccontent?id=33464>).
- Ziułkiewicz M., Okupny D., Forsyjak J., Fortuniak A. (2012). Warunki funkcjonowania kopuł źródłiskowych w południowej części Wzniesień Łódzkich. *Czas. Geogr.*, 83(3): 175–196.
- Źródła Królewskie* (<https://zrodla-krolewskie.pl/>; dostęp: 30.01.2024).