

**WPLYW
NATURALNYCH I ANTROPOGENICZNYCH CZYNNIKÓW
NA PODSTAWOWE
CHARAKTERYSTYKI FIZYKOCHEMICZNE WODY
W MAŁEJ ZLEWNI STREFY PODMIEJSKIEJ ŁODZI**

Piotr MONIEWSKI, Małgorzata STOLARSKA

Uniwersytet Łódzki, Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej

Słowa kluczowe: autostrada, hydrochemia, jakość wody, osadnictwo wiejskie

Streszczenie

Na obszarze zlewni Dzierżąskiej (dorzecze Moszczenicy) Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej UŁ prowadzi monitoring zasobów wody. W ramach badań dokonano oceny jakości wody i stopnia jej antropogenizacji. Na podstawie pomiarów temperatury wody, jej przewodności elektrolitycznej właściwej, odczynu i zawartości tlenu rozpuszczonego stwierdzono, że wody powierzchniowe i podziemne są znacznie zdegradowane. Już w źródłowym odcinku Dzierżąskiej woda ma II klasę jakości ze względu na stosunkowo dużą przewodność (ponad $650 \mu\text{Scm}^{-1}$). W dalszym biegu, na niektórych odcinkach, wody kwalifikują się nawet do IV lub V klasy, głównie ze względu na zbyt małą zawartość tlenu. Przyczyną takiego stanu jest występowanie blisko 2 tys. ognisk zanieczyszczeń (szamb, dołów chłonnych) oraz zrzutu ścieków. Wynika to z braku kanalizacji sanitarnej na obszarach większych skupisk ludności. Sieć osadnicza jest skupiona głównie w górnej części zlewni, co niekorzystnie wpływa na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń. Szczególne zagrożenie dla wód podziemnych istnieje na obszarach o wysokiej podatności na zanieczyszczenia (dobra przepuszczalność utworów, niewielka głębokość do zwierciadła wody). Na jakość wód powierzchniowych ujemnie wpływa również intensywny chów ryb w licznych zbiornikach przepływowych. Odczyn wypływającej z nich wody zmienia się na bardziej zasadowy. Należy się spodziewać, że w przypadku zaniechania działań zmierzających do poprawy stanu środowiska wodnego zlewni Dzierżąskiej jego degradacja będzie postępowała nadal. System odwodnienia budowanej autostrady A2, przecinającej obszar zlewni z zachodu na wschód, będzie powiązany z istniejącą siecią rzeczną. Przyjęte rozwiązania techniczne umożliwią infiltrację wód odprowadzanych z nawierzchni autostrady, co może negatywnie wpłynąć na jakość zasobów zbiorników wód podziemnych.

Adres do korespondencji: dr P. Moniewski, Uniwersytet Łódzki, Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej; ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź; tel. +48 (42) 665-59-42, e-mail: moniek@geo.uni.lodz.pl

WSTĘP

W użytkowaniu terenu w okolicach Łodzi dominują formy związane z rolnictwem oraz towarzyszącym mu osadnictwem wiejskim. Wraz z silnie rozwijającym się w ostatnich latach osadnictwem rekreacyjnym tworzą one mozaikowy układ, charakterystyczny dla strefy podmiejskiej dużych miast. Wzajemne przenikanie się elementów miejskich i wiejskich w tej wielofunkcyjnej przestrzeni geograficznej jest źródłem złożonych zjawisk hydrologicznych. Dużą rolę odgrywa tu gospodarka wodno-ściekowa, której prawidłowe funkcjonowanie jest podstawą zrównoważonego rozwoju strefy podmiejskiej. Istnieje bowiem zasadniczy rozdźwięk między oczekiwaniami konsumentów co do jakości wody a ochroną istniejących zasobów.

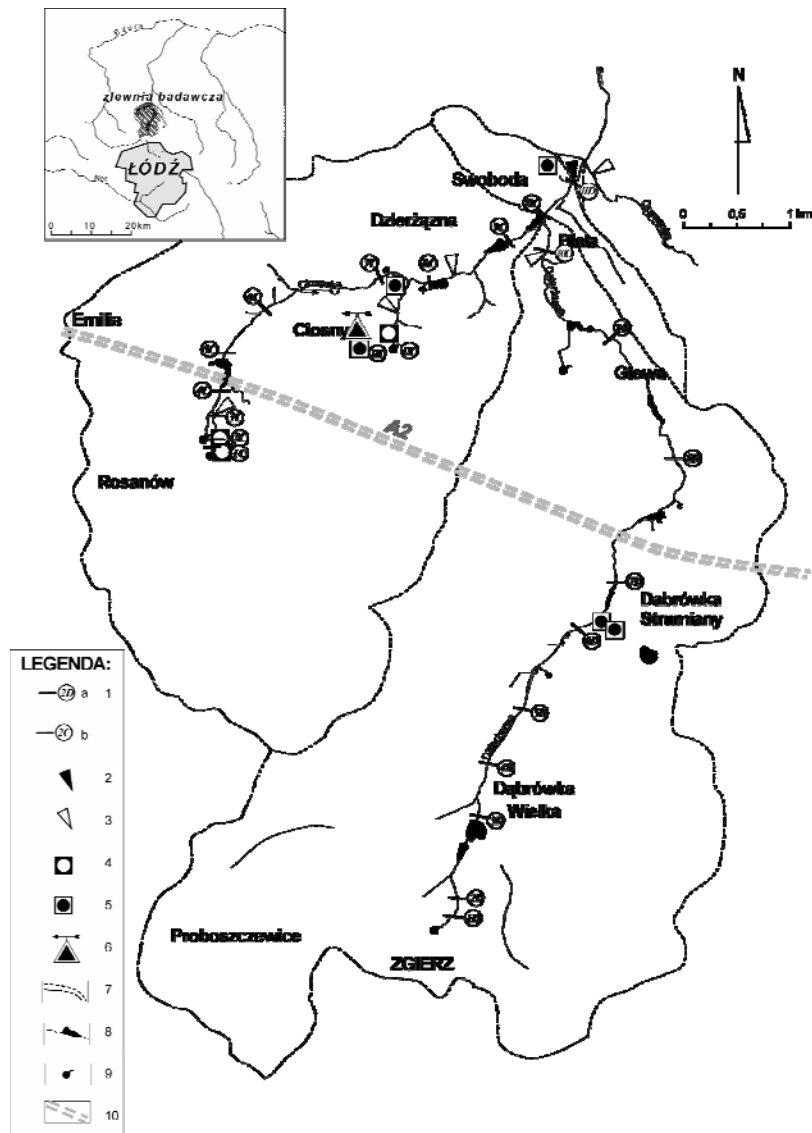
Na współczesne środowisko życia człowieka składają się zarówno elementy przyrodnicze, będące wytworem czynników geograficznych, jak i elementy kulturowe, wynikające z wielowiekowego osadnictwa, gospodarki rolnej i przemysłu. Do tych ostatnich należą również nowoczesne rozwiązania komunikacyjne, wymagające znacznej ingerencji w naturalne środowisko.

Budowę autostrady A2 zaplanowano już kilkadziesiąt lat temu, lecz dopiero w sierpniu 2004 r. rozpoczęto prace ziemne przy budowie odcinka Konin–Stryków, przebiegającego na północ od Łodzi. Inwestycja, którą oddano do użytku w lipcu 2006 r., spowoduje istotne zmiany w środowisku geograficznym regionu łódzkiego, zwłaszcza w stosunkach wodnych. Warto zatem dokonać oceny ich stanu. Wyniki będą mogły stanowić tło do badań oddziaływania autostrady.

Przebieg autostrady do Strykowa i dalej w kierunku Warszawy (po 2008 r.) zaplanowano równoleżnikowo przez obszar Wzniesień Łódzkich. Region ten, zajmujący powierzchnię 1 684 km², został wyróżniony przez KONDRACKIEGO [2001] jako fragment Wzniesień Południowomazowieckich. Wzniesienia Łódzkie są obszarem dużych kontrastów, zarówno morfologicznych, jak i hydrogeologicznych. Charakteryzują się one, wyjątkowym w środkowej Polsce, urozmaiceniem powierzchni i dużym zróżnicowaniem litologicznym. Liczne rzeki i strumienie o znacznych spadkach odwadniają ten teren w kierunku północnym, do Bzury.

OBSZAR I METODY BADAŃ

Zlewnia Dzierżaznej, położona na północ od Zgierza, w zachodniej części Wzniesień Łódzkich, zajmująca powierzchnię 42,9 km², jest reprezentatywna dla tego obszaru (rys. 1). Wyraźne jest tu duże urozmaicenie powierzchni terenu, którego deniwelacja na odcinku kilku kilometrów sięga blisko 100 m, a lokalne spadki w obrębie dolin rzecznych osiągają nawet 9% [JOKIEL, 2002]. Charakterystyczne jest też niejednostajne obniżanie się powierzchni ku północy. Następuje ono poprzez szereg stopni terenowych rozdzielonych krótkimi strefami silnych nachyleń.



Rys. 1. Lokalizacja zlewni Dzierżąznej i rozmieszczenie punktów pomiarowych; punkty pomiarowe: 1 – kartowania hydrochemicznego: a – Dzierżązna, b – Ciosenka; 2 – limnigraf, wodowskaz; 3 – pomiaru przepływu; 4 – pomiaru wydatku źródła; 5 – pomiaru stanu wody podziemnej; 6 – Automatyczna Stacja Hydrologiczno-Meteorologiczna; 7 – działki wodne; 8 – sieć rzeczna i zbiorniki wodne; 9 – źródła; 10 – autostrada A2

Fig. 1. Localization of the Dzierżązna drainage basin and the distribution of sampling sites; sampling sites of: 1 – hydrochemical chart: a – the Dzierżązna, b – the Ciosenka; 2 – float gauge, water gauge; 3 – flow records; 4 – measuring the spring discharge; 5 – measuring groundwater level; 6 – Automatic Hydro-Meteorological Station; 7 – watersheds; 8 – rivers and water reservoirs; 9 – springs; 10 – motorway A2

W budowie geologicznej zlewni Dzierżąskiej dominują utwory czwartorzędowe. Grubość ich pokrywy jest bardzo zróżnicowana i wynosi od poniżej 1 m w odkrywcę cegielni w Dąbrówce-Strumianach do ok. 140–150 m w okolicach Zgierza [KLATKOWA, 1993; TRZMIEL, NOWACKI, 1987]. Zasadnicze znaczenie dla warunków krążenia wody mają tu osady pochodzące ze zlodowacenia warty. Są to przede wszystkim średnio- i gruboziarniste piaski wodnolodowcowe dolne, przykryte seria glin zwałowych. Gliny kilkumetrowej miąższości, rozcięte w dolinach rzecznych, zalegają płatami w rejonie Dąbrówki Wielkiej. W dolinie Ciosenki utwory fluwio-glacialne są rozdzielone warstwą mułków zastoiskowych. Osady warciańskie są przykryte grubymi płatami piasków ze żwirami i piasków wodnolodowcowych górnych, osiagających największe miąższości (ponad 20 m) w obrębie jednostki, zwanej sandrem grotnicko-lućmierskim. Powierzchnię południowej części zlewni budują piaski, żwiry i głazy moren czołowych oraz piaski i żwiry lodowcowe, a w zachodniej strefie wododziałowej pojawiają się również piaski, żwiry i mułki kemów.

Wody podziemne w strefie podmiejskiej mają duże znaczenie w zakresie lokalnego zaspokajania potrzeb konsumpcyjnych (ujęcia wody dla wodociągów wiejskich, studnie gospodarskie). W osadach wodnolodowcowych wykształcone są dwa zasadnicze poziomy wodonośne – podglinowy oraz naglinowy (sandrowy). Poziom podglinowy w południowej części zlewni ma charakter odkryty, zaś w środkowej jest izolowany glinami zwałowymi. W płaskich dnach dolin rzecznych wody podziemne mają charakter aluwialny. Złożona budowa geologiczna zlewni powoduje znaczne zróżnicowanie miąższości strefy aeracji. W dolinach rzecznych zwierciadło wody pierwszego poziomu wodonośnego znajduje się bardzo płytko pod powierzchnią terenu (0–1 m), a głębokość jego występowania rośnie w kierunku południowym do 20–30 m p.p.t.

Dzierżązna jest dopływem Czarnawki i bierze początek w źródliku o wydajności $6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, położonym w granicach administracyjnych Zgierza. W swym ujściowym odcinku przyjmuje lewostronny dopływ – Ciosenkę. Na obu rzekach są zlokalizowane liczne stawy rybne. Pozostałe ciek w zlewni są krótkie, niektóre prowadzą wodę jedynie okresowo. Warto zwrócić uwagę na bardzo wydajne źródlika w Ciosnach ($21 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) i Rosanowie ($41 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), zasilające obficie Ciosenkę [MONIEWSKI, 2004].

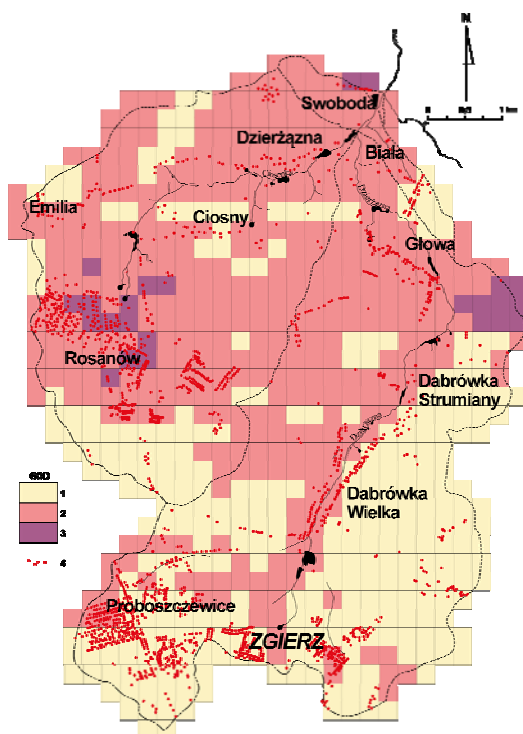
W zlewni Dzierżąskiej Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej Uniwersytetu Łódzkiego od 1998 r. prowadzi program monitoringu zasobów i stosunków wodnych w strefie podmiejskiej Łodzi. W tym celu założono i uruchomiono własną, specjalną sieć posterunków obserwacyjnych (rys. 1). Kontrola stanu środowiska przyrodniczego zlewni obejmuje 17 punktów, w których prowadzone są pomiary: stanów wód powierzchniowych (limnigraf w Swobodzie), natężenia przepływu Dzierżąskiej i Ciosenki (4 przekroje), wydajności źródeł w Rosanowie i Ciosnach, stanów wód podziemnych (3 studnie gospodarskie i 2 piezometry). W wyżej wymienionych punktach pomiarowych badane są również podstawowe cechy fizyko-

chemiczne wód, to jest: temperatura, przewodność elektrolityczna właściwa, zawartość tlenu rozpuszczonego i odczyn wody. We wrześniu 2003 r. uruchomiono Automatyczną Stację Hydrologiczno-Meteorologiczną w Ciosnach (ASHM). Sieć pomiarowa dostarcza danych ciągłych lub codziennych (stany wód powierzchniowych, ASHM), cotygodniowych (stany wód podziemnych) oraz co dwa tygodnie (wydajność źródeł, natężenie przepływu w ciekach, dane hydrochemiczne). Sezonowo, głównie w okresie letnim, wykonywano pomiary w wybranych przekrojach rzecznych (21 punktów) oraz w studniach gospodarskich. Temperaturę i odczyn wody podziemnej zbadano w 161 otworach studziennych, natomiast przewodność mierzono w 135 studniach. Charakterystyki czasowe przedstawiono na podstawie serii 28 pomiarów podstawowych parametrów jakościowych wód, przeprowadzonych w okresie od 01 XII 2003 do 13 XII 2004 r.

Gęsta sieć posterunków pomiarowych umożliwiła wybranie najbardziej charakterystycznych obiektów, których cechy odzwierciedlają wpływ warunków naturalnych środowiska i stopień antropopresji. Spośród posterunków reprezentatywnych dla wód podziemnych wybrano studnię we wsi Ciosny (11C), źródło ascensyjne w Ciosnach (12C) oraz wschodnią niszę źródłiska w Rosanowie (3C). Zmienność czasową właściwości fizykochemicznych wód powierzchniowych przedstawiono na podstawie danych z punktu zlokalizowanego na wypływie ze zbiornika Rosanów (5C), a także z przekrojów kontrolnych na Ciosence we wsi Dzierżązna (8C) oraz na Dzierżąznej we wsi Biała (10D) (rys. 1).

Punktem wyjścia do rozważań na temat wpływu człowieka na stosunki wodne jest ocena stopnia modyfikacji procesów hydrologicznych przez warunki środowiska naturalnego. Szczególnie istotne jest rozpoznanie rozmieszczenia ognisk zanieczyszczeń z jednoczesnym określeniem podatności poziomów wodonośnych na ich przenikanie z powierzchni terenu do warstwy wodonośnej (GOD). Podatność ta wynika z wodoprzepuszczalności utworów powierzchniowych, stopnia izolacji poziomu, głębokości do zwierciadła i charakteru wodonośca. W świetle przyjętych kryteriów potencjalnie największą odpornością na przenikanie zanieczyszczeń charakteryzuje się południowa część zlewni Dzierżąznej z dużym udziałem trudno przepuszczalnych glin i głębokim położeniem zwierciadła wody (rys. 2). Największą podatność na zanieczyszczenie ma obszar pokryty łatwo przepuszczalnymi osadami sandrowymi, gdzie zwierciadło wody znajduje się na głębokości do kilku metrów [JOKIEL, 2002].

We wszystkich miejscowościach położonych na obszarze zlewni Dzierżąznej istnieją rozwinięte sieci wodociągowe, zasilane z kilkunastu ujęć wód podziemnych. Poza niewielkimi fragmentami na terenie Zgierza brak natomiast kanalizacji sanitarnej. W trakcie badań terenowych na obszarze zlewni zlokalizowano blisko 2 tys. szamb i dołów chłonnych, które w dużych skupiskach stanowią poważne ogniska zanieczyszczeń (rys. 2). Są one szczególnie liczne w strefie miejskiej zabudowy jednorodzinnej, na obszarach osadnictwa wiejskiego wzdłuż dolin rzecznych oraz w miejscowościach z przewagą funkcji rekreacyjnej (Rosanów). Lokali-



Rys. 2. Podatność pierwszego poziomu wodonośnego na zanieczyszczenia (GOD) oraz rozmieszczenie ognisk zanieczyszczeń na obszarze zlewni Dzierżąznej; podatność w skali GOD: 1 – niska, 2 – umiarkowana, 3 – wysoka; 4 – szamba

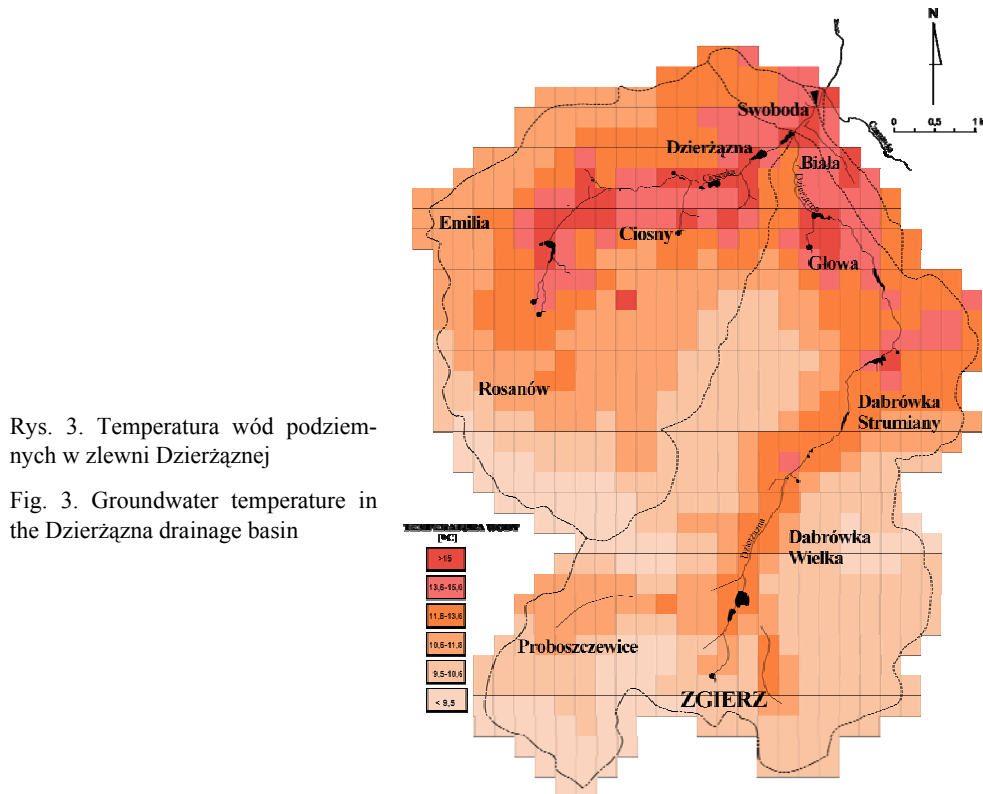
Fig. 2. Susceptibility of the first aquifer horizon to contamination (GOD), distribution of pollution sources; susceptibility in the GOD scale: 1 – low, 2 – mean, 3 – high, 4 – septic tanks

zacja tych ognisk zbiega się często z wysoką podatnością na zanieczyszczenia, co ułatwia ich przenikanie do wód podziemnych.

WYNIKI BADAŃ

Uzyskany obraz rozmieszczenia potencjalnych stref migracji zanieczyszczeń wymaga weryfikacji bazującej na analizie podstawowych właściwości fizykochemicznych wód podziemnych i powierzchniowych. Należą do nich: temperatura wody, przewodność elektrolityczna właściwa, zawartość tlenu rozpuszczonego oraz odczyn.

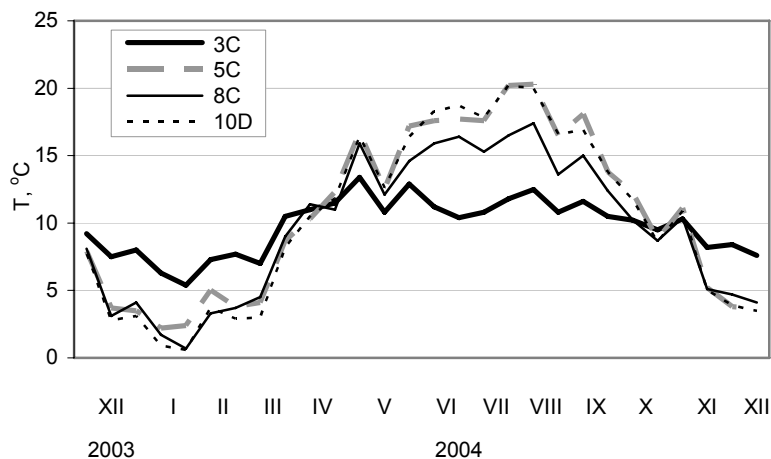
Temperatura ma ogromny wpływ na procesy biologiczne zachodzące w wodzie, determinujące w znacznym stopniu jej pozostałe cechy jakościowe [STOLARSKA, FRĄTCZAK, 2005]. Wody podziemne cechuje istotna statystycznie zależność funkcyjna temperatury wód podziemnych od odległości ich zwierciadła od powierzchni terenu. Na podstawie tej zależności można było dokonać interpolacji przestrzennej termiki pierwszego poziomu wodonośnego (rys. 3). Z graficznego odzwierciedlenia zjawiska wynika, że wody podziemne w zlewni Dzierżąznej w okresie letnim są dość zróżnicowane pod względem termicznym. Zmienność temperatury wód podziemnych na obszarze zlewni Dzierżąznej w lipcu 2001 r.



zawierała się w przedziale 9–19°C [JOKIEL, TOMALSKI, 2006]. Przestrzenny rozkład zmierzonych wartości wykazał, że najcieplejsze były wówczas wody poziomu aluwialnego dolin rzecznych oraz równiny rozlewiskowo-jeziornej (13,6–19,0°C). Są to zasoby występujące płytko (0–1 m p.p.t.), znajdujące się pod bezpośrednim wpływem dobowych i sezonowych zmian warunków pogodowych.

Najniższe wartości temperatury zmierzono w studniach ujmujących wody odkrytego poziomu sandrowego (10,5–9,5°C) oraz wody poziomów wodonośnych pagórków morenowych w południowej części zlewni (<9,5°C). Źródła zasilane z tych poziomów wodonośnych charakteryzowały się w okresie badań stabilnym reżimem wydatku i termiki (rys. 4, tab. 1). Duża stabilność wydatku, potwierdzona małymi współczynnikami zmienności, wynika ze znacznej zasobności zbiorników wód podziemnych drenowanych przez źródła. Temperatura wypływów utrzymuje się na stałym poziomie – ok. 9°C [MONIEWSKI, 2004].

Z analizy temperatury wód podziemnych wynika, że na termikę wody podziemnej w okresie letnim mają wpływ jedynie czynniki naturalne, a dokładniej warunki hydrogeologiczne (miąższość strefy aeracji) oraz warunki atmosferyczne na danym obszarze. Nie stwierdzono antropogenicznego wpływu na rozkład przestrzenny tego parametru fizykochemicznego w wodach podziemnych.



Rys. 4. Zmiany temperatury wód w wybranych punktach pomiarowych na Dzierżąnej i Ciosence; 3C, 5C, 8C, 10D – jak na rysunku 1.

Fig. 4. Changes of water temperature in selected sampling sites in the Dzierżązna and Ciosenka rivers; 3C, 5C, 8C, 10D – as in Fig. 1

Tabela 1. Współczynniki zmienności podstawowych parametrów fizykochemicznych wód w wybranych punktach zlewni Dzierżąnej (XII 2003–XII 2004)

Table 1. The list of variability coefficients of basic physical and chemical water parameters in selected sites of the Dzierżązna River drainage basin (XII 2003–XII 2004)

Nazwa punktu Name of the site	Numer Number	Współczynnik zmienności, % Variability coefficient, %			
		<i>Q</i>	<i>T</i>	<i>SEC</i>	pH
Źródliko Rosanów Rosanów spring	3C	11,5	21,0	6,4	2,9
Zbiornik Rosanów Rosanów reservoir	5C	–	56,9	14,4	7,2
Ciosenka w Dzierżąnej The Ciosenka River in Dzierżązna	8C	27,0	55,0	9,0	15,0
Dzierżązna w Białej The Dzierżązna River in Biała	10D	43,0	63,7	12,0	19,7
Studnia Ciosny Ciosny well	11C	5,9 ¹⁾	19,4	13,5	3,2
Źródło Ciosny Ciosny spring	12C	20,4	2,7	2,5	3,8

Objaśnienia: *Q* – natężenie przepływu *T* – temperatura, *SEC* – przewodność elektrolityczna właściwa.
 Explanations: *Q* – water discharge, *T* – temperature, *SEC* – conductivity.

¹⁾ Współczynnik zmienności wahań zwierciadła wody w studni Ciosny.

¹⁾ Variability coefficient of the fluctuations of groundwater level in Ciosny well.

Źródło: opracowanie własne. Source: own materials.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Czynniki antropogeniczne, np.: osadnictwo i związana z nim gospodarka wodno-ściekowa, sieć drogowa, budowa zbiorników wodnych na ciekach, mogą wywierać istotny wpływ na zmienność temperatury wód powierzchniowych. Na przebieg zmienności czasowej termiki wód górnego odcinka Ciosenki (6C) wyraźny wpływ miał zbiornik Rosanów (5C) – rysunek 4. W okresach chłodnych (XII–IV oraz X–XII) woda wypływająca ze zbiornika była chłodniejsza niż woda bijąca ze źródeł. W pozostałej części okresu badawczego (IV–X) woda w stawie była cieplejsza od wód źródłanych nawet o 8,4°C. Piętrzenie wód górnego odcinka Ciosenki w zbiorniku przyczyniało się bezpośrednio do zwiększenia amplitudy temperatury wody w cieku. Dzięki dużej pojemności cieplnej zbiornik ten przyczyniał się zimą do znacznego obniżenia temperatury wody w cieku, natomiast latem – do jej silnego nagrzania, kształtując w ten sposób warunki termiczne w dalszym biegu Ciosenki (rys. 4). Świadczy o tym zbliżony przebieg temperatury wody w przekroju hydrometrycznym dolnej Ciosenki (8C), nieznacznie zmieniony przez dopływ stałotermicznych (przeciętnie 9°C) wód prawobrzeżnego dopływu z niszy źródłowej w Ciosnach (12C).

Przeprowadzone latem 2004 r. pomiary dowiodły, że zbiorniki są głównymi determinantami decydującymi o przestrzennej zmienności termiki wód wraz z biegiem cieków (tab. 2, 3). Zmienność temperatury wód Dzierżącej w profilu Biała (10D – rys. 4) jest wynikiem oddziaływania licznych zbiorników wodnych, wśród których szczególną rolę odgrywa najwyżej położony kompleks zbiorników rekreacyjnych Malinka (3D – kąpielisko). W okresie letnim, na krótkim odcinku poniżej tych zbiorników (3D–6D) następuje jednak wyraźny spadek temperatury wody o ok. 7°C (tab. 3). Ta swoista anomalia jest efektem intensywnego dopływu chłodniejszych wód podziemnych do koryta Dzierżącej w ilości kilkakrotnie przekraczającej niewielki wypływ wody ze zbiornika Malinka (ok. 6 dm³·s⁻¹). W dalszym biegu wody Dzierżącej zasilają aż sześć przepływowych zbiorników retencyjnych, które bezpośrednio przyczyniają się do kolejnego podgrzania wód, a także do zmiany pozostałych cech jakościowych.

Parametrem fizykochemicznym, umożliwiającym dość jednoznaczne ustalenie oddziaływań antropogenicznych lub ich braku na jakość wód, jest przewodność elektrolityczna właściwa *SEC*. Zarejestrowany w lipcu 2001 r. stan zmienności przestrzennej przewodności elektrolitycznej właściwej wód podziemnych świadczy o jej związku z rozmieszczeniem osadnictwa na obszarze zlewni. Największą przewodność elektrolityczną właściwą wód notowano w studniach reprezentujących poziomy: wierzchówkowy, aluwialny oraz fragment poziomego sandrowego położonego na północ od Ciosenki (rys. 5). Obszary te są intensywnie wykorzystywane rolniczo, na nich też skupia się znaczna część osadnictwa wiejskiego (Dzierżąca, Biała, Głowa). Jednocześnie cechuje je umiarkowana i wysoka podatność na zanieczyszczenie wód podziemnych (rys. 2). Natomiast na terenach z du-

Tabela 2. Zmienność wybranych parametrów ilościowych i jakościowych wód wzdłuż biegu Ciosenki (25–26 czerwca 2004 r.)**Table 2.** Variability of selected quantitative and qualitative water parameters down the Ciosenka River (25–26 June 2004)

Numery punktów Numbers of points	Parametry Parameters						
	L km	Q $m^3 \cdot s^{-1}$	T $^{\circ}C$	SEC $\mu S \cdot cm^{-1}$	pH	O_2 $mg O_2 \cdot dm^{-3}$	KJW
1C	0	–	9,0	401	7,2	–	I
2C	0,20	–	9,5	328	7,3	–	I
3C	0,35	0,045	11,3	397	7,6	6,8	II
4C	0,55	–	12,3	409	7,9	7,6	I
5C	1,12	0,041	19,3	311	8,8	8,1	III
6C	1,67	0,048	19,2	316	8,3	5,6	II
7C	2,77	0,097	19,3	332	7,5	4,0	IV
8C	3,37	0,095	18,1	344	7,6	5,4	II
9C	4,20	–	20,6	337	8,4	6,0	II
10C	4,58	–	22,0	343	8,4	6,0	II

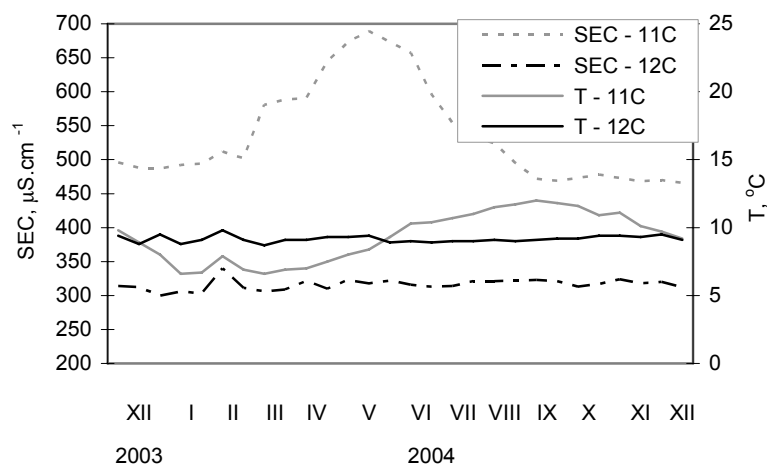
Objaśnienia: 1C–10C – punkty pomiarowe na Ciosence, jak na rys. 1; L – kilometraż ciekłu mierzony od źródła; Q – natężenie przepływu, T – temperatura wody, SEC – przewodność elektrolityczna właściwa wody, O_2 – zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie, KJW – klasa jakości wody.

Explanations: 1C–10C – sampling sites along the Ciosenka River as in Fig. 1; L – length in kilometers measured from the spring, Q – water discharge, T – water temperature; SEC – specific conductivity of water; O_2 – concentrations of dissolved oxygen in water, KJW – water quality.

Źródło: opracowanie własne. Source: own materials.

zym udziałem powierzchni leśnych, nieużytków i sadów, gdzie osadnictwo ma charakter rozproszony, przewodność wody jest znacznie mniejsza.

O oddziaływaniu pojedynczego gospodarstwa na jakość wody może świadczyć przewodność wody ujmowanej studnią we wsi Ciosny (11C) i wypływającą ze źródła Ciosny (12C). W okresie letnim przewodność elektrolityczna właściwa wody pobranej w studni była aż o blisko $400 \mu S \cdot cm^{-1}$ większa niż w wodzie ascensyjnego źródła (rys. 6). Największe różnice zmierzonych wartości notowano od lutego do sierpnia – w okresie roztopów i letnich opadów atmosferycznych. Intensywna infiltracja wód w piaskach sandrowych umożliwiała w tym okresie swobodne przenikanie zanieczyszczeń z terenu gospodarstwa rolnego do odkrytej warstwy wodonośnej, z której wodę ujmuje się za pomocą studni (odkryty poziom sandrowy). Studnie gospodarskie nie są jednak obiektywnymi punktami oceny jakościowej poziomów wodonośnych. Współczynnik zmienności przewodności wody w studni Ciosny był ponad pięć razy większy niż w źródle (tab. 1). Wydaje się zatem, że lepszymi indykatorami stanu jakości wód poziomów wodonośnych są ich wypływy na powierzchnię (źródła).



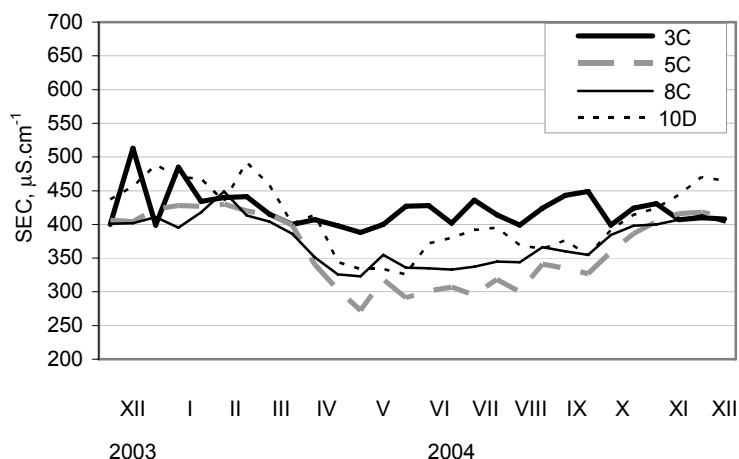
Rys. 6. Zmiany przewodność elektrolityczna SEC i temperatury T wód podziemnych w wybranych punktach; $11C$, $12C$ – jak na rysunku 1.

Fig. 6. Changes in conductivity SEC and temperature T of groundwaters in selected sites; $11C$, $12C$ – as in Fig. 1

Przewodność elektrolityczna właściwa wód wypływających ze źródeł Dzierżąskiej w Rudunkach i ze źródeł Ciosenki w Rosanowie była większa niż wzdłuż obu cieków (tab. 2, 3). Zanieczyszczenie źródła w Rudunkach pochodzi z terenu osiedla domków jednorodzinnych w północnej dzielnicy Zgierza. Podobna tendencja, uwidaczniająca się w źródłisku Rosanów, jest skutkiem intensywnie rozwijającego się w jego otoczeniu osadnictwa rekreacyjnego [BURCHARD, HEREŻNIAK-RADECKA, ZIUŁKIEWICZ, 2003]. Niestety, w obu przypadkach działalność człowieka nałożyła się na wysoką i umiarkowaną podatność obszaru na zanieczyszczenie podziemnych zasobów wody (rys. 2, 5). Są to odcinki źródłowe cieków, przez co jakość wody już w początkowym biegu rzek jest gorsza. W dalszym biegu rzek, na odcinkach, na których osadnictwo ulokowano w ich dolinach (Dąbrówka Wielka 4D–5D, Dzierżązna 6C–8C, obserwowano niewielkie zwiększenie przewodności elektrolitycznej właściwej wody (tab. 2, 3).

Przewodność wód rzecznych może zmniejszać się w zaporowych zbiornikach wodnych, zlokalizowanych na Dzierżąskiej i Ciosence. Istnienie stawu Rosanów, piętrzącego wody górnej Ciosenki (5C), spowodowało zmniejszenie przewodności elektrolitycznej właściwej prawie o $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (sierpień 2004 r.). Jednocześnie obserwowano bardziej zasadowy odczyn wody i wzrost jej temperatury (tab. 2). Jeszcze większy spadek przewodności (o blisko $300 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) zaobserwowano na górnej Dzierżąskiej tuż za zbiornikami rekreacyjnymi Malinka – 3D (tab. 3). Pozostałe stawy również przyczyniały się do zmniejszenia przewodności elektrolitycznej właściwej retencjonowanych wód, lecz zmiany te były stosunkowo niewielkie.

W okresie badań wyodrębniono – trwający od kwietnia do września – sezon z mniejszymi wartościami przewodności elektrolitycznej właściwej wód powierzchniowych (rys. 7). Jej zmniejszenie współwystępowało ze wzrostem temperatury i było spowodowane intensyfikacją procesu fotosyntezy zarówno w samych ciekach, jak i w znajdujących się na nich zbiornikach.



Rys. 7. Zmiany przewodności elektrolitycznej właściwej SEC wód w wybranych punktach; 3C, 5C, 8C, 10D – jak na rysunku 1

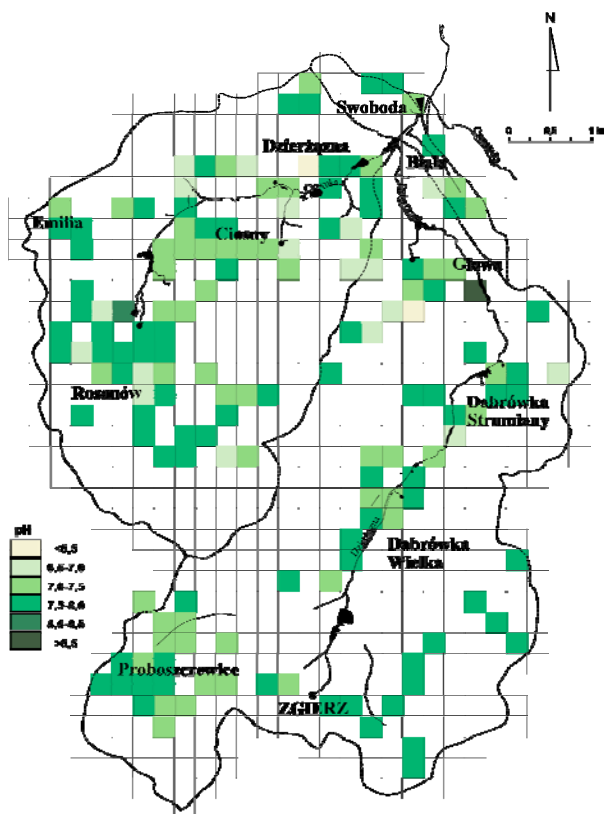
Fig. 7. Changes in conductivity SEC of water in selected sites; 3C, 5C, 8C, 10D – as in Fig. 1

Warunki tlenowe w wodach powierzchniowych są przede wszystkim wynikiem sezonowych zmian temperatury wody i rozwoju roślinności wodnej. Wyróżniono dwa okresy, w których zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie była niewielka. Małe natlenienie wód rzecznych zimą miało związek ze zjawiskami lodowymi, które utrudniają rozpuszczanie tlenu atmosferycznego w wodzie. Natomiast letnie zmniejszenie do wartości granicznej dla trzeciej klasy jakości wód ($<5 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$) było skutkiem silnego nagrzania wód i procesów biologicznych zachodzących w zbiornikach.

Na podstawie analizy natlenienia wód powierzchniowych wzdłuż biegu cieków można stwierdzić, że wartość tego parametru zwiększała się za zbiornikami (tab. 2, 3). Ma to bezpośredni związek z opróżnianiem zbiorników przez jaz w koronie zapory. Zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie była mniejsza na odcinkach, na których rzeka przepływała przez mokradła (Ciosenka – 7C) lub tereny zalesione (Dzierżazna – 8D–9D). Obszary te dostarczają znacznych ilości materii organicznej, której rozkład powoduje zubożenie wód rzecznych w tlen. Natomiast wpływ osadnictwa wiejskiego uwidocznił się bardzo wyraźnie na wysokości Dąbrówki

Wielkiej (5D) oraz Białej (10D). Wyraźne deficyty tlenu wynikały z nieuregulowanej na tym odcinku Dzierżąznej gospodarki ściekowej.

Badania nad wpływem naturalnych i antropogenicznych czynników na jakość wody objęły także analizę odczynu wód występujących w zlewni Dzierżąznej. W ok. 80% zbadanych studzien pH wody zawierało się między 7 a 8 (rys. 8). Mały współczynnik zmienności w badanej próbie otworów (ok. 5%) daje podstawy do stwierdzenia, że wody podziemne zlewni Dzierżąznej mają podobny odczyn [JOKIEL, TOMALSKI, 2006].



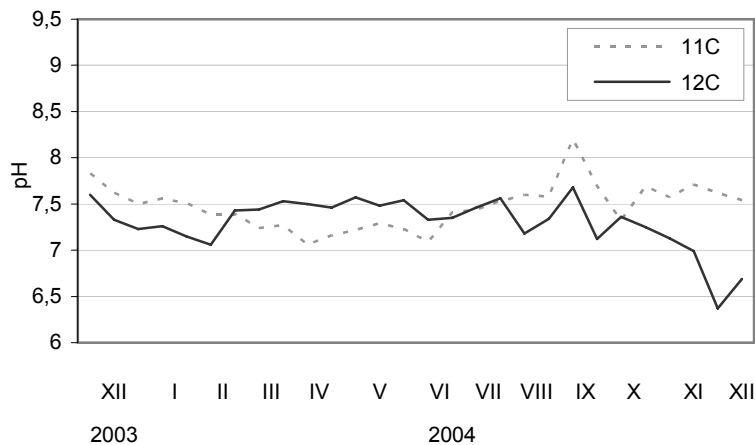
Rys. 8. Odczyn wód podziemnych w zlewni Dzierżąznej

Fig. 8. Groundwater pH in the Dzierżązna drainage basin

Mimo podobieństw, zaznacza się jednak pewne zróżnicowanie wewnętrzne tej grupy. Wody podziemne płytkich poziomów wodonośnych, których zwierciadło znajduje się na głębokości do 4 m, mające wyższą temperaturę w okresie letnim ($12-15^{\circ}\text{C}$), cechuje odczyn zbliżony do obojętnego (pH 7). Strefa ich występowania obejmuje głównie północną część zlewni Dzierżąznej. Odczyn wód podziemnych południowego fragmentu zlewni był nieco bardziej zasadowy – 7,5–8,0 pH. Relatywnie większe wartości pH w tej części zlewni Dzierżąznej mogły być warunkowane zarówno naturalnymi, alkalizującymi właściwościami strefy aeracji

(gliny zwałowe), jak i transportem zanieczyszczeń z północnej części Zgierza. Za wpływem czynnika antropogenicznego przemawia zwiększone w skali zlewni pH wody podziemnej stwierdzone także w studniach Rosanowa, położonego na sandrze, gdzie osady alkalizujące nie występują.

Odczyn wód poziomu sandrowego, mierzony jednocześnie w studni (11C) i w źródle we wsi Ciosny (12C), w badanym okresie wykazywał względnie zbliżony przebieg wartości (rys. 9). W okresie najsilniejszego zwiększenia przewodności elektrolitycznej właściwej (wiosna) pH wody w studni było nieznacznie mniejsze niż w wodach źródłanych. Wpływ najbliższego otoczenia analizowanej studni na odczyn wód podziemnych nie był istotny, co potwierdzają małe współczynniki zmienności (tab. 1).

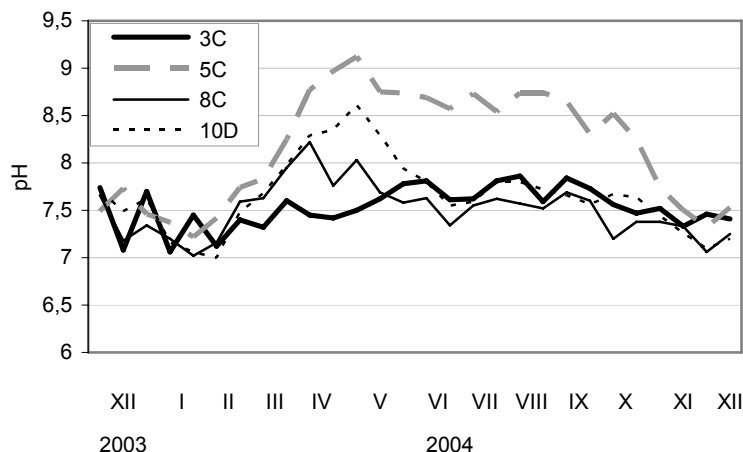


Rys. 9. Zmiany odczynu wód podziemnych w wybranych punktach; 11C, 12C – jak na rysunku 1.

Fig. 9. Changes in pH of groundwater in selected sites; 11C, 12C – as in Fig. 1

Zarówno w Dzierżąnej, jak i w Ciosence, można zaobserwować tendencję do sezonowej alkalizacji wody z biegiem rzek (tab. 1, 2, 3). Zasadniczy wpływ na to mają zbiorniki, w których prowadzony jest intensywny chów ryb (5C, 9C, 10C). Odczyn wód, wypływających ze zbiornika Rosanów w okresie chłodnym (XII–II, XI–XII), kształtował się na tym samym poziomie, co w wodach zasilających go z niszy źródłiskowej w Rosanowie (rys. 10). W pozostałej części okresu badawczego (III–X), z racji intensywności procesów biologicznych (duże nagromadzenie ryb), pH wód w zbiorniku hodowlanym przyjmowało wartości wskazujące na dość silną alkalizację wody. Wody głównych cieków zlewni miały odczyn lekko alkaliczny jedynie od marca do maja.

Wyniki szczegółowych analiz stanu jakości wód Dzierżąnej i Ciosenki, przeprowadzonych przez innych autorów, informowały o złym stanie sanitarnym obu



Rys. 10. Zmiany odczynu wód powierzchniowych w wybranych punktach; 3C, 5C, 8C, 10D – jak na rysunku 1.

Fig. 10 Changes in pH of surface water in selected sites; 3C, 5C, 8C, 10D – as in Fig. 1

rzek [BURCHARD, HEREŹNIAK-RADECKA, ZIUŁKIEWICZ, 2003]. Na podstawie analizy podstawowych cech fizykochemicznych oraz przyjętych ostatnio norm [Rozporządzenie..., 2004] można dokonać próby oceny jakości wód powierzchniowych zlewni Dzierżanej. Parametry wód Ciosenki w większości punktów kontrolnych umożliwiają sklasyfikowanie jej w I lub II klasie czystości (tab. 2). Tylko ze względu na odczyn wody poniżej zbiornika Rosanów (5C) należy zakwalifikować ją na tym odcinku do III klasy czystości. Sezonowe przekroczenia wartości granicznych mają tu charakter cykliczny i wiążą się z gospodarczym wykorzystaniem zbiornika (łowisko komercyjne). Zły stan wód Dzierżanej potwierdził się już w górnym odcinku, do czego przyczyniła się duża przewodność wód wypływających ze źródeł (II klasa). Warunki tlenowe są niekorzystne prawie w całym biegu omawianej rzeki. Wyróżniono odcinki Dzierżanej, na których wody kwalifikują się do V klasy jakości wód (5D) – tabele 2. i 3.

PODSUMOWANIE

Omówione badania umożliwiły prześledzenie zmienności przestrzennej i czasowej podstawowych parametrów fizykochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych. Ich dobór wydaje się wystarczający do przedstawienia skali i identyfikacji zagrożeń. Przewodność, odczyn i zawartość tlenu są ważnymi wskaźnikami jakości wody, a jej temperatura może dodatkowo służyć do identyfikacji miejsc drenażu wód podziemnych.

W świetle uzyskanych wyników należy stwierdzić, że cechy jakościowe wód zlewni Dzierżąnej są w większym stopniu kształtowane przez czynniki antropogeniczne niż warunki środowiska naturalnego. Do głównych przyczyn niezadawalającego stanu jakości wód trzeba zaliczyć zły stan sanitarny północnej części Zgierza i osiedli wiejskich oraz intensywne wykorzystanie zbiorników wodnych do celów hodowlanych. Sieć osadnicza jest niekorzystnie ukształtowana w aspekcie jej wpływu na jakość wód powierzchniowych i podziemnych, ponieważ jest skupiona w górnej części zlewni.

W celu poprawy stanu jakości wód należy przede wszystkim podjąć działania ochronne w stosunku do zasobów wód podziemnych. Pilnego uporządkowania wymaga gospodarka ściekowa na obszarze całej zlewni, zwłaszcza na obszarze Zgierza, Dąbrówki Dużej, Rosanova i Białej. W dolinach rzecznych należy zwrócić uwagę na możliwości poprawy natlenienia wody przez wymuszenie jej ruchu turbulentnego (jazy, zastawki, progi), zabudowę biologiczną, zachowanie naturalnych odcinków koryt oraz kontrolę gospodarowania wodą do celów hodowlanych. Jednocześnie należy wyeliminować nielegalne zrzuty ścieków bytowych bezpośrednio do cieków i zbiorników lub też do wód podziemnych, gdyż wyklucza to rekreacyjne wykorzystanie zbiorników wód powierzchniowych.

Zaniechanie tych działań i brak kompleksowego programu ochrony zasobów wody na obszarach wiejskich może spowodować ich szybką degradację. Należy pamiętać, że teren zlewni Dzierżąnej, podobnie jak wiele obszarów w Polsce o dominującej dotychczas gospodarce rolnej, znajdzie się wkrótce pod wpływem oddziaływania autostrady A2. Przekształcenia w środowisku wodnym zlewni będą wynikały głównie z powiązania systemu odwodnienia autostrady z istniejącą siecią wód powierzchniowych i zbiorników wód podziemnych. Dlatego, mimo projektowanych rozwiązań łagodzących skutki rozprzestrzeniania zanieczyszczeń komunikacyjnych (pasy zadrzewień, separatory olejowe, osadniki), należy spodziewać się dalszego pogorszenia jakości wody.

Pracę zrealizowano ze środków projektu badawczego MNiI nr 2PO4E02929

LITERATURA

- BURCHARD J., HEREŹNIAK-RADECKA U., ZIUŁKIEWICZ M., 2003. Jakość wód rzecznych w zlewni Dzierżąnej. *Prz. Geol.* vol. 51 z. 11 s. 956–957.
- JOKIEL P., 2002. Woda na zapleczu wielkiego miasta. Warszawa: IMGW ss. 148.
- JOKIEL P., TOMALSKI P., 2006. Temperatura i pH wód podziemnych zlewni Dzierżąnej. W: Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce. Pr. zbior. Red. J. Burchard. Łódź: Wydaw. UŁ.
- KLATKOWA H., 1993. Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000. Arkusz Zgierz. Warszawa: PIG ss. 46.
- KONDRACKI J., 2001. Geografia regionalna Polski. Warszawa: PWN ss. 441.
- MONIEWSKI P., 2004. Źródła okolic Łodzi. *Acta Geogr. Lodz.* 87 ss. 140.

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. Dz. U. 2004 nr 32 poz. 283, 284.
- STOLARSKA M., FRĄTCZAK J., 2005. Sezonowa zmienność podstawowych właściwości fizykochemicznych wód w wybranych łódzkich stawach. W: Jeziora i sztuczne zbiorniki wodne. Pr. zbior. Red. A. T. Jankowski, M. Rzętała. Sosnowiec: UŚI. s. 221–231.
- TRZMIEL B., NOWACKI K., 1987. Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000. Arkusz Łódź Wschód. Warszawa: PIG ss. 83.

Piotr MONIEWSKI, Małgorzata STOLARSKA

**THE IMPACT OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS
ON BASIC PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF WATERS
IN A SMALL CATCHMENT IN THE SUBURBS OF ŁÓDŹ**

Key words: hydrochemistry, motorway, rural settlement, water quality

S u m m a r y

Long term monitoring in the suburban area of Łódź in the Dzierżazna River drainage basin carried out by the Department of Hydrology and Water Management, University of Łódź, allowed for assessing the spatial and temporal variability of basic physical and chemical parameters of underground and surface water resources. Parameters measured were: temperature, pH, specific conductivity and dissolved oxygen in surface waters. Local hydrogeological and morphological conditions and the forms of land use were taken into consideration while analysing the impact of natural and anthropogenic factors on the basic parameters of water quality.

Underground waters rising in Rudunki spring are contaminated with the sewage infiltrating from the leaking septic tanks of the nearby dispersed houses settlement. In spite of the proximity of recreation areas, water flowing out of big springs situated in Rosanów and Ciosny are characterised by low temperature amplitude, stable and low conductivity (about $400 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) and neutral pH (Ib class).

The river waters undergo significant modification in numerous storage reservoirs as the development of aquatic plants, heat capacity, wave action and ice cover affect seasonal variability of physical and chemical water parameters. Intensive fish farming together with recreational use of the area has a negative influence on the quality of surface waters in the drainage basin. In the long run such a situation may lead to the degradation of aquatic environment and to lower attractiveness of suburban areas. We should also expect the negative effects of A2 motorway to occur in the nearest future.

Recenzenci:

prof. dr hab. Waldemar Mioduszewski

prof. dr hab. Józef Mosiej

Praca wpłynęła do Redakcji 14.11.2006 r.

