

**Piotr Moniewski**

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Hydrologii  
i Gospodarki Wodnej, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź  
e-mail: moniek@geo.uni.lodz.pl

**ROLA ZBIORNIKÓW WODNYCH W KSZTAŁTOWANIU CECH  
FIZYKOCHEMICZNYCH WÓD RZECZNYCH NA PRZYKŁADZIE  
CIOSENKI**

**The role of water reservoirs in formation of physicochemical characteristics  
of river waters on the Ciosenka river example**

**Słowa kluczowe:** antropopresja, jakość wody, sezonowość, mała zlewnia, wody powierzchniowe

**Key words:** anthropopressure, quality of water, seasonality, small river catchment, surface waters

**WSTĘP**

Warunki fizycznogeograficzne zlewni w bezpośredni sposób wpływają na przebieg transformacji opadu w odpływ. W zlewniach poddanych antropopresji przemiana ta ma w dużym stopniu wymiar jakościowy, a przy tym jej intensywność dynamicznie zmienia się w czasie. Na cechy fizykochemiczne wody wpływają bowiem nie tylko quasi-stałe czynniki geologiczne (skład petrograficzny skał i rozpuszczalność minerałów), ale także zmieniająca się skala działalności człowieka i związane z nią formy użytkowania terenu.

Jednym z istotnych czynników kształtujących warunki odpływu jest jeziorność zlewni. Zbiorniki wodne bezodpływowe i przepływowe w odmienny sposób regulują obieg wody w zlewni, niemniej dzięki ich obecności zwiększa się jej zdolność retencyjna, maleje zaś dynamika przepływów i skutki występowania dużych wezbrań. Tam gdzie naturalna retencja zbiornikowa jest niewystarczająca, budowane są zbiorniki sztuczne, pełniące oprócz zadań przeciwpowodziowych, także funkcję energetyczną, komunalną, rekreacyjną, czy hodowlaną. Zbiorniki wodne stabilizują również położenie zwierciadła wód podziemnych na przylegającym terenie, zwiększając drenaż poziomów wodonośnych i udział ich wódm w strukturze odpływu z głębokich jezior (Bajkiewicz-Grabowska 2007) lub podnosząc stan wód podziemnych w dolinie ciekru (zbiorniki zaporowe). Jednocześnie, poprzez podwyż-

szenie lustra wody w sieci hydrograficznej wzrasta w ciekę ilość wody pochodząca z bezpośredniego opadu na jego powierzchnię.

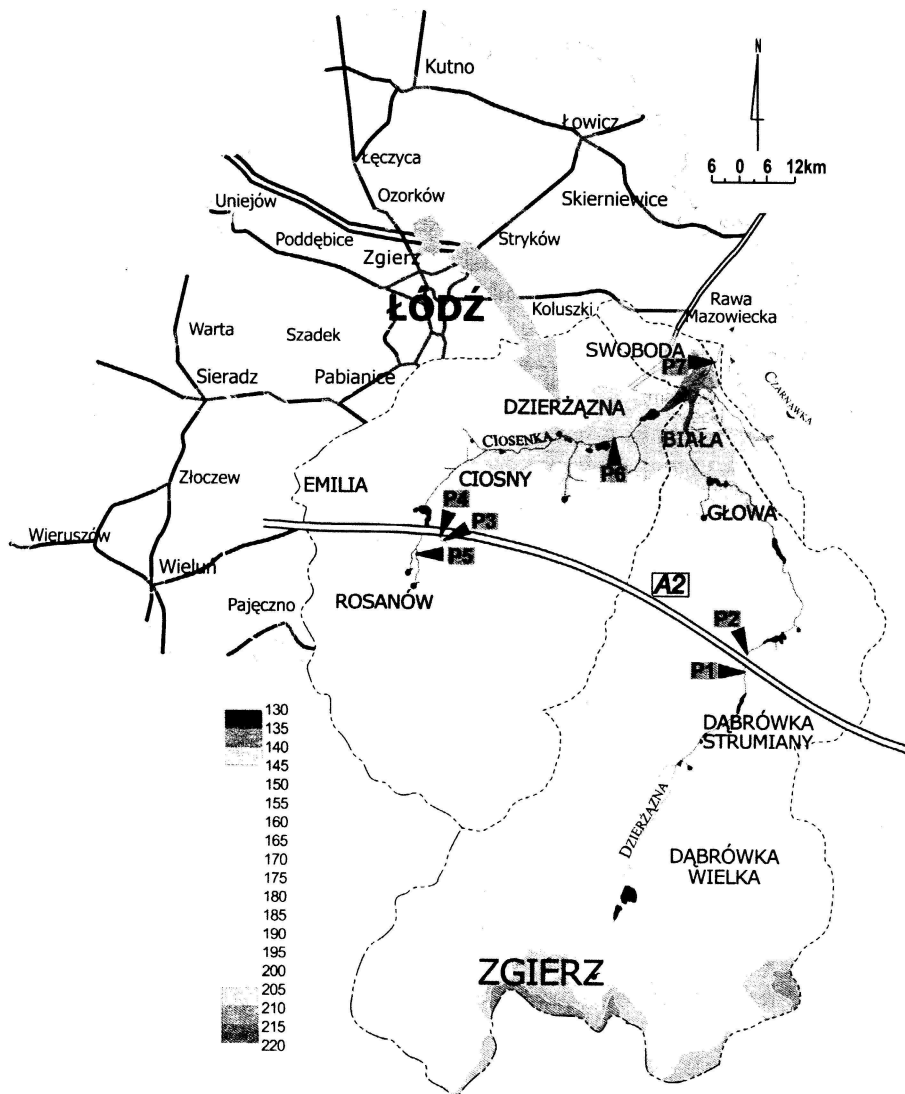
W zlewniach jeziornych obieg wody odbywa się w odmienny sposób niż w zlewniach pozbawionych jezior. Zmianom podlegają nie tylko cechy ilościowe wody (opad, parowanie, retencja), ale także przemiany jakościowe, wynikające z szeregu procesów zachodzących na powierzchni i w osadach dennych zbiorników. Każdy akwen, zarówno naturalny jak i sztuczny, poprzez ekspozycję lustra wody wpływa na zmiany jej temperatury, tempo dyfuzji gazów (w tym tlenu), a także na rozwój procesów biologicznych stymulowanych natężeniem strumienia światła docierającego w głąb toni wodnej. W cofce zbiornika przepływowego zachodzi równocześnie całkowita niemal redukcja prędkości wody i depozycja materiału unoszonego nurtem rzeki. Dynamika tych procesów ma wymiar dobowy i sezonowy, więc ich rzeczywisty przebieg jest skomplikowany i wymaga kompleksowego monitoringu.

Interesującym poligonem obserwacji tego typu zjawisk jest strefa podmiejska aglomeracji łódzkiej. Sieć rzeczna tworzy tu decentryczny układ niewielkich cieków, na których znajdują się kaskady płytkich zbiorników zaporowych. Znaczne spadki podłużne (do kilku ‰) od wieków zapewniały odpowiednią dynamikę wody niezbędnej do napędu kół młyńskich. Dziś te zbiorniki służą głównie hodowli ryb i rekreacji. Jest to jednocześnie obszar o dużej antropopresji, rosnącej wskutek współczesnych przemian w strukturze użytkowania terenu na obrzeżach aglomeracji. Wokół miast powstają nowe drogi, węzły komunikacyjne, centra logistyczne, w specjalnych strefach ekonomicznych lokowane są zakłady przemysłowe, a na dawne tereny rolnicze wkracza zabudowa mieszkalna. Zmiany te nie pozostają bez wpływu na cechy fizykochemiczne wód tych małych rzek, przystosowywanych często do odbioru zwiększonych dawek zanieczyszczeń.

Wobec tych faktów, ciekawym problemem badawczym wydaje się tempo reakcji środowiska przyrodniczego strefy podmiejskiej na intensyfikację procesów urbanizacyjnych i jego zdolności adaptacyjne. Celem badań była identyfikacja grupy czynników odpowiadających za reżim fizyczno-chemiczny Ciosenki, a także ustalenie stopnia modyfikacji poszczególnych cech przez elementy systemu hydrologicznego zlewni. W rezultacie, możliwe stało się wyodrębnienie stref generujących zanieczyszczenie wody, jak i określenie roli jaką zbiorniki wodne odgrywają w kształtowaniu sezonowej zmienności cech fizyczno-chemicznych wody.

## OBSZAR BADAŃ

Ciosenka jest największym, i niemal jedynym dopływem Dzierżanej. Zlewnia Dzierżanej leży w obrębie Wzniesień Łódzkich i zajmuje powierzchnię 42,9 km<sup>2</sup> (ryc. 1). Od 1998 r. badania nad wpływem człowieka na ilościowe i jakościowe aspekty obiegu wody prowadzi tu Katedra Hydrologii i Gospodarki Wodnej UŁ (Jokiel 2002; Bartnik, Moniewski 2011, 2013; Moniewski, Stolarska 2008; Stolarska 2008).



**Ryc. 1.** Położenie zlewni Dzierżaznej i stanowisk pomiarowych

**Fig. 1.** Location of Dzierżazna catchment and the measurement points: P1 – kolektor S (południowy) / outlet S (south), P2 – kolektor N (północny) / outlet N (north), P3 – osadnik / settling tank, P4 – ciek / stream, P5 – źródło Rosanów / Rosanów large spring, P6 – Ciosenka / Ciosenka river, P7 – przekrój Swoboda / Swoboda cross section

Obszar badań jest wyraźnie nachylony w kierunku północnym, w stronę Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej. Maksymalna deniwelacja terenu wynosi 80 m, ale wysokości względne nie przekraczają na ogół kilkunastu metrów. Bardziej urozmaicona jest południowa część obszaru, z licznymi wzniesieniami morenowymi, parowami i głębokimi wcięciami dolin. Wśród osadów powierzchniowych domi-

nują mułki, piaski i żwiry (dolna i środkowa część zlewni – fragment sandru grot-nicko-lućmierskiego) oraz gliny zwałowe (część południowa).

Mimo, iż zlewnia Ciosenki zajmuje mniejszą powierzchnię topograficzną (ok. 41% całej zlewni Dzierżąnej), to prowadzi ona więcej wody (średnio  $0,112 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) niż sama Dzierżązna ( $0,089 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Ciosenka jest bowiem zasilana dwoma dużymi źródłiskami: Rosanów (ok.  $45 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) i Ciosny (ok.  $22 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Nisze źródłiskowe są wcięte 2-3 m w otaczający teren, mają wydłużony kształt, a ich otoczenie i dno porastają liczne drzewa (Moniewski 2004). Na obu rzekach zlokalizowano kilka przepływowych stawów. Na terenie zlewni Dzierżąnej znajduje się ponad 150 zbiorników wodnych różnej wielkości – od 0,009 do 3,03 ha, zajmujących łączną powierzchnię 15,2 ha. Gromadzą one aż 97,5% zasobów wód powierzchniowych (Baś 2000). Największą rolę odgrywa tu 12 przepływowych stawów. Część z nich ma charakter półnaturalny i tylko w kilku prowadzona jest intensywna hodowla ryb.

Zlewnia w przeważającej części jest użytkowana rolniczo, większe kompleksy leśne występują jedynie w środkowym biegu Dzierżąnej. Ze względu na bliskość wielkiego ośrodka miejskiego, w strukturze użytkowania dużą rolę odgrywa zabudowa jednorodzinna i letniskowa. Źródłowy odcinek tej rzeki od strony południowo-wschodniej jest otoczony przez najbardziej na północ wysunięte dzielnice Zgierza. Dominująca tu jednorodzinna zabudowa mieszkaniowa, przy jednoczesnym braku kanalizacji sanitarnej, znacząco wpływa na zanieczyszczenie wód gruntowych. W źródle, dającym początek Dzierżąnej, stwierdzono m.in. przewodność wody ponad  $700 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  oraz stężenie azotanów przekraczające  $20 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . W górnej części zlewni znajduje się również ujście kanalizacji deszczowej północnych dzielnic Zgierza.

Podobna sytuacja panuje także w pozostałych miejscowościach na tym obszarze. Niestety zidentyfikowano tu blisko 2 tys. ognisk zanieczyszczeń (szamb, dołów chłonnych, miejsc zrzutów ścieków), w tym nieczynne już wysypisko miejskie w dawnej żwirowni. Lasy, pokrywające dobrze przepuszczalne piaski sandrowe, są atrakcyjnym miejscem sezonowego wypoczynku i obszarem gęstej zabudowy letniskowej Rosanowa (Jokiel 2002).

Ważną rolę w kształtowaniu cech fizykochemicznych wód zlewni Dzierżąnej odgrywa także sieć drogowa. Oprócz przecinających ją od dawna dróg nr 91 i 702, w 2006 r. powstała równoleżnikowo biegnąca autostrada A2 (Emilia – Stryków). Odpływ z niej wód deszczowych skierowany został zarówno do Dzierżąnej, jak i do Ciosenki, a także – w rejonie dzielącego je działu wodnego – do wód gruntowych. Gęsta sieć dróg gminnych również stanowi liniowe ogniska zanieczyszczeń pochodzących z lokalnego ruchu kołowego i zimowego utrzymania ich nawierzchni.

## MATERIAŁ I METODY

Podstawą opracowania są wieloletnie serie pomiarów podstawowych cech fizykochemicznych wody (temperatura, przewodność elektrolityczna właściwa, odczyn, stężenie tlenu rozpuszczonego, mętność), mierzonych w siedmiu profilach rozmieszczonych wzdłuż biegu Ciosenki (ryc. 1). Lokalizacja stanowisk P1-P4 jest związana z systemem odwodnienia autostrady A2. Rowy odwadniające, do których spływa woda z nasypu drogowego są zakończone piaskownikami i separatorami olejowymi. Odpływ wód deszczowych ma charakter epizodyczny, ściśle skorelowany z opadami bądź roztopami. W celu kontroli parametrów wody u wylotu kolektorów skierowanych do Dzierżąnej zamontowano na stanowiskach P1 i P2 proste łapaczki, przepłukiwane podczas aktywności systemu. Ponieważ rozwiązania techniczne zastosowane w odwodnieniu skierowanym do doliny Ciosenki uniemożliwiły montaż i obsługę analogicznych łapaczek, mierzone na stanowiskach P1 i P2 charakterystyki przyjęto za reprezentatywne dla odpływającej tam wody. Z powodu przechwytywania części unosin przez piaskowniki nie wykonywano na tym odwodnieniu pomiarów mętności. Woda z separatorów trafia bezpośrednio do otwartego zbiornika-osadnika (stanowisko P3) o pojemności ok. 1500 m<sup>3</sup>. Z racji usytuowania na terasie dolinnej, dno osadnika znajduje się poniżej poziomu wód aluwialnych i jest on stale wypełniony wodą. Z tego powodu jego wody mają kontakt z płytkimi wodami podziemnymi, a także przesiąkają do oddzielonego groblą ziemną niewielkiego ciek (ok. 2 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>) – stanowisko P4. Po przepłynięciu kilkudziesięciu metrów ciek ten wpada do stawu hodowlanego w Ciosnach ( $F_0 = 1,63$  ha,  $V_0 = 24,5$  tys. m<sup>3</sup>), zasilanego źródłowym odcinkiem Ciosenki, która bierze początek w źródłisku Rosanów – stanowisko P5. Na brzegach stawu w Ciosnach znajdują się dwa podobne zbiorniki retencyjno-ewaporacyjne, z których woda także przedostaje się podziemnie do Ciosenki. W jej środkowym biegu, poniżej dopływu ze źródłiska Ciosny, zlokalizowano stanowisko P6. Pomiędzy nim a zamykającym zlewnię stanowiskiem P7 znajdują się dwa duże przepływowe zbiorniki wodne oraz ujście do Dzierżąnej.

Pomiary były wykonywane *in situ*, w odstępach dwutygodniowych (w 2010 r. co miesiąc), przy użyciu urządzeń wielofunkcyjnych firmy Elmetron (konduktometr, pH-metr, tlenomierz – różne modele z serii 400; mętnościomierz firmy WTW). Na ich podstawie obliczono średnie miesięczne, uzyskując szeregi liczące od 62 do 133 elementów (miesiący). Dla dalszych analiz zmienności badanych cech i miar ich sezonowości wykorzystano jednak tylko pełne serie roczne. Najdłużej obserwacji prowadzono na stanowiskach P5-P7 (XI.2002-X.2013 r.), jedynie pomiary stężenia tlenu są krótsze (od listopada 2002 r.), a badanie mętności trwało 5 lat (XI.2008 – X.2013 r.). Krótsze także są serie pomiarów na stanowiskach P3 i P4 (7-letnie: V.2006 – IV.2013, z wyjątkiem NTU – od maja 2008 r.), a także P1 i P2, gdzie pomiary wykonywano przez 6 lat (V.2007 – IV.2013). Długość poszczególnych serii pomiarów przedstawia tabela 1.

**Tabela 1.** Długość serii pomiarowych wybranych cech fizyczno-chemicznych wody przyjętych w opracowaniu (miesiące)

**Table 1.** Length of measurement series of the selected physicochemical characteristics accepted in analysis (months)

| Parametr / <i>parameter</i>                 | Numer stanowiska / <i>point number</i> |    |    |    |     |     |     |
|---|--|----|----|----|-----|-----|-----|
|   | P1                                     | P2 | P3 | P4 | P5  | P6  | P7  |
| Temperatura / <i>temperature</i>            | 72                                     | 72 | 84 | 84 | 132 | 132 | 132 |
| Konduktywność / <i>conductivity</i>         | 72                                     | 72 | 84 | 84 | 132 | 132 | 132 |
| Odczyn / <i>acidity</i>                     | 72                                     | 72 | 84 | 84 | 132 | 132 | 132 |
| Tlen rozpuszczony / <i>dissolved oxygen</i> | 72                                     | 72 | 84 | 84 | 120 | 120 | 120 |
| Mętność / <i>turbidity</i>                  | -                                      | -  | 60 | 60 | 60  | 60  | 60  |

Ze względu na dużą zmienność czasową niektórych parametrów wody (konduktywność) jako charakterystykę wieloletnią przyjęto medianę wartości miesięcznych, natomiast wskaźniki sezonowości oparto na średniej arytmetycznej z wartości obliczanych dla poszczególnych lat. W badaniu sezonowości cech fizyczno-chemicznych wody zastosowano metodę wektorów (Markham 1970). Jej adaptacja do danych hydrologicznych w układzie miesięcznym (Moniewski 2014) polega na przyjęciu, że dobowe wydajności źródeł są wektorami  $\vec{r}$  (1,2,...,365) o długości określonej przez wartość wydajności i kierunku wyznaczonym przez

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot i}{365}$$

kąt gdzie  $i = 1, 2, \dots, 365$  – liczba dni od początku roku hydrologicznego. Wypadkową 365 wektorów  $\vec{r}_i$  jest wektor  $\vec{R}$  o długości  $|\vec{R}|$  i kierunku  $\omega$ . Dostosowanie miar sezonowości do danych miesięcznych wymaga pewnych przekształceń. Kąt  $\omega$  w mierze kątowej wskazuje porę koncentracji wydajności w roku hydrologicznym:

$$\omega = \arctg \frac{\sum_{n=1}^{12} |\vec{r}_n| \cos \alpha_n}{\sum_{n=1}^{12} |\vec{r}_n| \sin \alpha_n}$$

gdzie:

$\omega$  – kąt wskazujący porę koncentracji;

$n = 1, 2, \dots, 12$  (miesiące);

$\vec{r}_n$  = wektor utożsamiany ze średnią wydajnością wypływu w kolejnym miesiącu;

$\alpha_n$  – kąt określający kierunek wektora  $\vec{r}_n$ .

Aby obliczyć datę koncentracji odpływu (K) należy liczbę dni:

$$i = \omega \frac{365}{360}$$

dodać do daty początku roku hydrologicznego.

Indeks sezonowości wyraża się natomiast wzorem:

$$IS_m = \frac{|\vec{R}_m|}{\sum_{n=1}^{12} |\vec{r}_n|} \cdot 100\%$$

gdzie:

$IS_m$  – indeks sezonowości;

$n = 1, 2, \dots, 12$  (miesiące);

$\vec{r}_n$  = wektor utożsamiany ze średnią wydajnością wypływu w kolejnym miesiącu;

$\vec{R}_m$  – wektor wypadkowy wyznaczany z 12 wektorów  $\vec{r}_n$  jako ich średnia geometryczna:

$$|\vec{R}_m| = \sqrt{(\sum_{n=1}^{12} (|\vec{r}_n| \cos \alpha_n))^2 + (\sum_{n=1}^{12} (|\vec{r}_n| \sin \alpha_n))^2}$$

Pierwsza z tych miar może przyjmować wartości w zakresie od 0 do 100%. Jeśli odpływ jest równomiernie rozłożony w roku (lub gdy jest skupiony w dwóch przeciwstawnych porach (miesiącach) roku, np. w maju i grudniu, to indeks sezonowości przyjmuje najniższe wartości. Wysoki indeks sezonowości oznacza natomiast wydajność wyraźnie skoncentrowaną w pewnym miesiącu, wskazanym przez porę koncentracji.

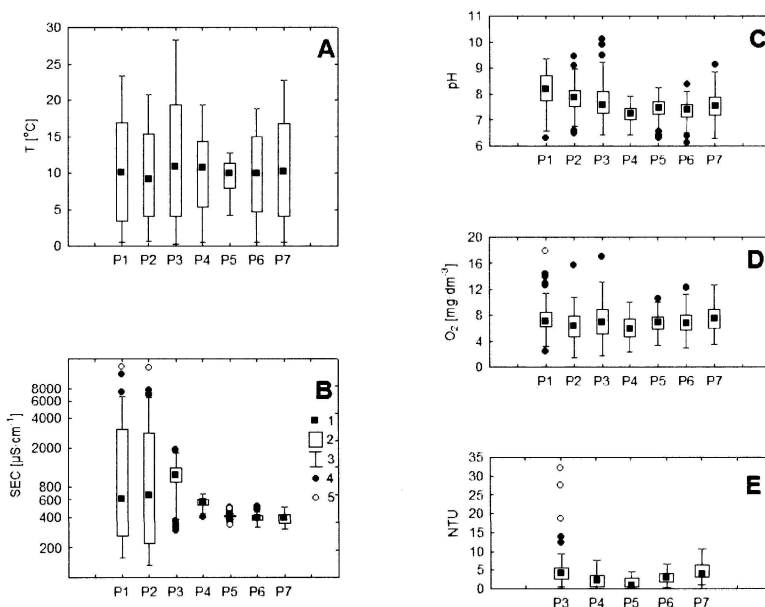
## WYNIKI BADAŃ

Mimo niewielkich rozmiarów zlewni Ciosenki badane cechy fizykochemiczne wody wykazują na ogół duże zróżnicowanie przestrzenne. Wynika to z odmiennego charakteru obiektów wchodzących w skład systemu hydrologicznego i roli jaką w nim pełnią. Jedynie temperatura wody jest dość wyrównana, bowiem jej przeciętne wartości na stanowiskach P1-P7 nie wykraczają poza rozpiętość 1,5°C. U wylotu kolektora P2 (tab. 2) woda ma przeciętnie 9,2°C, co jest wartością zbliżoną od średniej wieloletniej temperatury powietrza w okresie badań. Większe nasłonecznienie południowego skłonu nasypu drogowego przekłada się na wyższą przeciętną temperaturę wody notowaną na stanowisku P1 (10,1°C). Ekspozycja na bezpośrednie promieniowanie słoneczne wpływa również na temperaturę wód osadnika (P3), która jest najwyższa spośród obserwowanych na wszystkich stanowiskach (10,8°C). Zimą powierzchnię tego bezodpływowego zbiornika pokrywa lód o grubości do 30 cm, ale latem temperatura wody zbliża się do 30°C (ryc. 2A). Niemal identyczną jak na stanowisku P3 przeciętną temperaturę (10,7°C) osiągają wody płynącego obok cieku (P4). Jest on zasilany przez niewielkie źródło, więc amplituda temperatury jest tu niższa niż w osadniku, choć minimalne wartości temperatury są na zbliżonym poziomie, gdyż zimą powierzchnia cieku zamarza, a jego przepływ niemal zanika. Inaczej jest w źródłisku w Rosanowie, gdzie duże zacienienie i podziemne zasilanie na całej długości niszy źródłiskowej gwarantują stabilizację temperatury na stanowisku P5. Na kolejnym stanowisku (P6), znajdującym się poniżej stawu w Ciosnach, przeciętna temperatura wody

nie ulega już zmianie (10,0°C), ale przez dużą powierzchnię nieosłoniętego i skąpo zadrzewionego zbiornika wyraźnie rosną jej wahania, mimo dopływu wody z kolejnego źródła. Jeszcze większą amplitudę i nieco wyższą przeciętną temperaturę (10,2°C), mają wody Dzierżąnej na stanowisku zamykającym zlewnię (P7). Za wzrost ten odpowiadają dwa kolejne zbiorniki przepływowe oraz sama Dzierżąna, która także przepływa przez kilka stawów.

**Tabela 2.** Przeciętne charakterystyki fizyczno-chemiczne wody w latach 2003-2013  
**Table 2.** Median physicochemical characteristics of water in years 2003-2013

| Parametr / parameter                 | Jednostka / unit                      | Numer stanowiska / point number |       |        |       |       |       |       |
|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
|                                      |                                       | P1                              | P2    | P3     | P4    | P5    | P6    | P7    |
| Temperatura / temperature            | T [°C]                                | 10.1                            | 9.2   | 10.8   | 10.7  | 10.0  | 10.0  | 10.2  |
| Konduktywność / conductivity         | SEC [μS·cm <sup>-1</sup> ]            | 617.3                           | 667.6 | 1063.7 | 573.1 | 413.1 | 398.3 | 392.1 |
| Odczyn / acidity                     | pH                                    | 8.2                             | 7.9   | 7.6    | 7.2   | 7.5   | 7.4   | 7.6   |
| Tlen rozpuszczony / dissolved oxygen | O <sub>2</sub> [mg·dm <sup>-3</sup> ] | 7.1                             | 6.3   | 6.9    | 5.9   | 6.9   | 6.8   | 7.6   |
| Mętność / turbidity                  | NTU                                   | -                               | -     | 4.1    | 2.2   | 0.9   | 2.9   | 4.0   |



**Ryc. 2.** Miary statystyczne cech fizyczno-chemicznych wody

**Fig. 2.** Statistical measures of physicochemical characteristics of water

A – temperatura / temperature, B – konduktywność - conductivity, C – odczyn / acidity, D – stężenie tlenu rozpuszczonego / concentration of dissolved oxygen, E – mętność / turbidity; 1 – mediana / median, 2 – zakres międzykwartylowy / interquartile range, 3 – zakres nieodstających / non-outlier range, 4 – odstające / outliers, 5 – ekstremalne / extremes



Inaczej kształtuje się konduktywność wody – przeciętna jej wartość w miejscu odpływu z autostrady przekracza  $600 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (tab. 2), a wieloletnia średnia arytmetyczna osiąga około  $1900 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Najwyższa notowana na stanowiskach P1 i P2 konduktywność wody sięgnęła odpowiednio 21,3 i 18,8  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Rejestrowano ją dwukrotnie: zimą 2008/09 oraz 2010/11 – w okresach dużych opadów śniegu i silnych mrozów. Latem, podczas długotrwałych i intensywnych opadów deszczu konduktywność wody wyraźnie malała do 200-300  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , a w skrajnych przypadkach nawet do poziomu zbliżonego do wartości typowych dla wód deszczowych – około 70  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (ryc. 2B).

Ciekawą reakcją na dopływ zasolonych wód z autostrady wykazały wody osadnika (P3). Od chwili oddania autostrady A2 do użytku (lipiec 2006 r.) oraz przez cały pierwszy okres zimowy konduktywność przypowierzchniowej strefy wód osadnika utrzymywała się na niezmiennym poziomie, oscylując wokół 350  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . W tym czasie przewodność elektryczna wód dopływających do osadnika przekraczała 3,0  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , jednak były to wody na ogół chłodniejsze, przez co cięższe. Dopiero następujący w połowie marca 2007 r. zanik pokrywy lodowej umożliwił wzrost temperatury wody z 3,2 na 6,8 °C. Pomimo niewielkiej głębokości osadnika (1,2 m) doszło wówczas do wymieszania wód o różnym zasoleniu (miksja termiczna). W przeciągu dwóch tygodni (5-19.03.2007 r.) konduktywność wody przy powierzchni osadnika wzrosła z 0,24 do 1,66  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , a po kolejnych dwóch tygodniach do 1,91  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ . W dalszym okresie następował stopniowy spadek konduktywności wody wskutek dopływu mało zmienionych wód deszczowych. Powtórzenie tej sytuacji obserwowano niemal każdej kolejnej wiosny, ale różna była jego dynamika, uzależniona od warunków termicznych poprzedzających miesiące zimowych. Z przebiegu zimy wynika bowiem częstość stosowania chemicznych środków utrzymania drogi, rozwój zjawisk lodowych na osadniku, dopływ wód roztopowych z obszaru przyległego do autostrady itp. W kolejnych latach średnia roczna konduktywność wody nie zmalała już poniżej 900  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , a przeciętna wieloletnia jej wartość przekracza 1  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , przy niewielkiej amplitudzie wahań (tab. 2, ryc. 2B).

Konduktywność wody cieką płynącego obok osadnika (P4) także rosła razem ze wzrostem zasolenia wód osadnika. Początkowy poziom ok. 400  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , wynikający z podziemnego zasilania cieką, już w czasie pierwszych kilku miesięcy wzrósł do ponad 500  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , a przeciętna wieloletnia konduktywność wody wyniosła 573  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (tab. 2). Najmniejsze wahania cechują wody źródłiska w Rosanowie (P5), których konduktywność (przeciętnie 413  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) jest efektem oddziaływania letniskowej zabudowy tej miejscowości na wody gruntowe. W dalszym biegu po pokonaniu kolejnych zbiorników przepływowych następuje stopniowy spadek konduktywności wody wypływającej ze źródłiska przy jednoczesnym niewielkim wzroście jej wahań (rys. 2B). Zmiany konduktywności wody na tym odcinku wiążą się z sezonowym rytmem życia biologicznego w dnach płytkich stawów (do 2 m głębokości), a ich kompensacyjny charakter powoduje zanik występowania wartości odstających w strukturze konduktywności.

Dominacja chlorków w zanieczyszczeniach wód odpływających z autostrady powoduje, że ich przeciętny odczyn jest lekko zasadowy ( $\text{pH} = 7,9-8,2$ ). W miarę jak w odpływie rośnie udział wód opadowych i podziemnych, chlorki ulegają rozcieńczeniu i zasadowość wody maleje. Najbardziej zbliżony do obojętnego odczyn mają wody w cieku (P4), mimo sąsiedztwa osadnika (ryc. 2C, tab. 2). Wody źródłiska Rosanów kształtują się już na pograniczu odczynu obojętnego i lekko zasadowego, rośnie też ich amplituda, bowiem do wód gruntowych przedostają się ścieki bytowe z szamb i dołów chłonnych. Rolniczy charakter zlewni Ciosenki i równoległa do koryta cieku zabudowa wiejska nie sprzyjają odwróceniu skutków tego procesu, a mnogość ognisk zanieczyszczeń zwiększa zakres notowanych w przekroju końcowym (P7) ekstremów do ponad 3 jednostek (6,1-9,3).

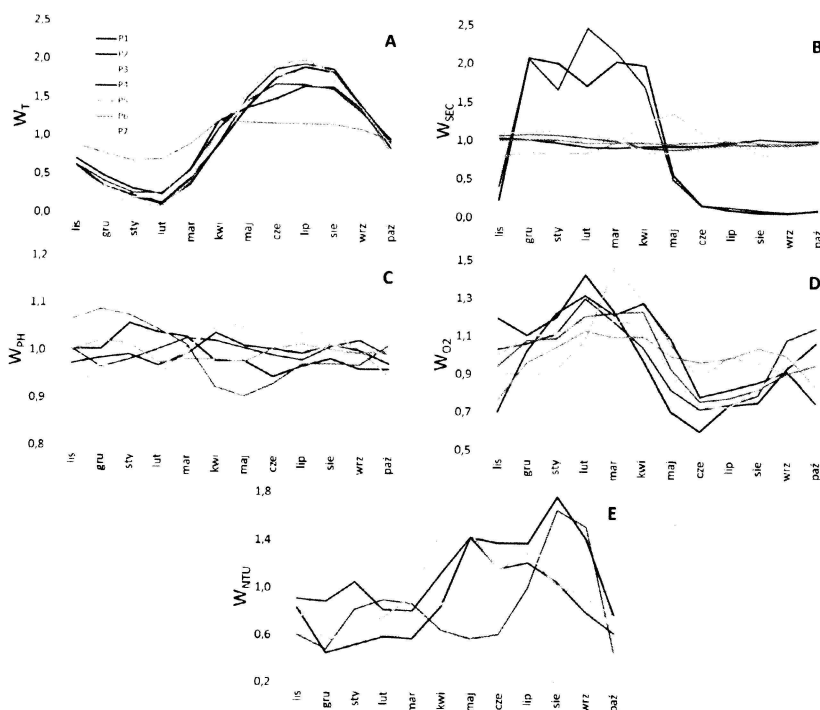
Otwarty przepływ wody i turbulentny ruch we wszystkich jego etapach sprawiają, że poziom przeciętnych stężeń tlenu rozpuszczonego jest dość wyrównany (ryc. 2D, tab. 2). Odnosi się to zarówno do wody z bezpośredniego odpływu z autostrady, jak i do wody płynącej korytem Ciosenki. W tej pierwszej grupie częściej notowane są maksima (rzędu 12-17  $\text{mg}\cdot\text{dm}^3$ ), bowiem wody deszczowe i roztopowe mają tu największy udział. Dla kontrastu należy wspomnieć, że niekiedy zdarzają się również deficyty tlenowe (0,9-1,6  $\text{mg}\cdot\text{dm}^3$ ). Na ogół jednak nasycenie tlenem wynosi około 55-65% i mimo stagnowania wody w osadniku nie maleje, gdyż tlen nie jest zużywany na redukcję zanieczyszczeń (chlorki nie ulegają utlenianiu). Przeciwnie – wysoka temperatura tego izolowanego zbiornika sprzyja bujnemu rozwojowi roślin wodnych (z przewagą rogatka *Ceratophyllum L.*) i całkiem intensywnej produkcji tlenu. Najniższą wobec tego zawartość tlenu notowano w zasilanym podziemnie cieku (5,9  $\text{mg}\cdot\text{dm}^3$ ). Na kolejnych stanowiskach (P5-P7) stężenie tlenu powoli rosło, zyskując natlenienie na wypływach ze stawów (upusty powierzchniowe) i osiągając najwyższy przeciętny poziom poniżej ujścia do szybciej płynącej Dzierżaznej.

Duża ilość osadu trafiającego z kolektorów, obecność glonów i zmętnienie powodowane miksą termiczną sprawiły, że najwyższą przeciętną mętność wody i wszystkie jej maksima notowano w osadniku (P3) – ryc. 2E. Wody podziemne (P4, P5) okazały się najbardziej wolne od zawiesin, których ilość z biegiem rzeki wyraźnie wzrasta, mimo iż należałoby się spodziewać depozycji unosin w czasach zbiorników. Kaskada przepływowych zbiorników wodnych stanowi strefę sedymentacji osadów dennych. Zwierciadło wody zbiorników jest jednocześnie powierzchnią recepcyjną i dostarczycielem zawiesin organicznych będących produktami obumierania roślinności (cząstki gleby, liście, gałęzie, szczątki roślin wodnych; Rzętała 2008). Ilość zawiesin organicznych powoduje, że mętność wody w przekroju zamykającym zlewnię, poza brakiem wartości odstających, niewiele różni się od zmętnienia wody w osadniku autostradowym.

Równie wyraźnie jak z przyrostem zlewni cechy fizyczno-chemiczne wody zmieniają się w czasie, zarówno w cyklu rocznym, jak i dobowym. Na rysunku 3 roczne przebiegi zmian badanych parametrów przedstawiono w ujęciu względnym,

by umożliwić porównanie nawet przy dużym zakresie ich zmienności. Oczywista jest czasowa zmienność temperatury wody, nawiązująca do rocznego rytmu zmian temperatury powietrza. Największą wieloletnią amplitudę temperatury (29,7 °C) stwierdzono w wodach osadnika (P3). Ze względu na znaczne zasolenie odnotowano tu także najniższą minimalną temperaturę wody -0,1°C. W podobnym choć nieco niższym zakresie temperatury mieściły się wody obu kolektorów (P1, P2).

Na większości stanowisk pomiarowych najwyższą średnią miesięczną temperaturę notowano w lipcu, a najniższą w lutym. Wyjątkiem są stanowiska P5 i P6 będące pod silnym wpływem zasilania podziemnego. Amplitudy średniej miesięcznej temperatury wody są tu niższe (również w cieku – P4), najniższa temperatura wody jest notowana jest w styczniu, a najwyższa w kwietniu i czerwcu. Przesunięcie maksimum termicznego na czerwiec nietrudno wyjaśnić, natomiast nagle zahamowanie wzrostu temperatury wód źródła Rosanów (ryc. 3A) wynika z rozwoju liści na drzewach porastających niszę, blokującego dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego do koryta rzeki. Z tego



**Ryc. 3.** Sezonowy przebieg względnych wartości cech fizyczno-chemicznych wody  
**Fig. 3.** Seasonal course of relative values of physicochemical characteristics of water  
 WX =  $X_m/X_r$ , WX – współczynnik / coefficient,  $X_m$  – średnia miesięczna / monthly mean,  
 $X_r$  – średnia roczna / yearly mean; A – temperatura / temperature, B – konduktywność -  
 conductivity, C – odczyn / acidity, D – stężenie tlenu rozpuszczonego / concentration of  
 dissolved oxygen, E – mętność / turbidity

samego powodu nieco wolniej odbywa się wzrost temperatury wody na stanowisku P3 – w okresie od maja do lipca drzewa okalające osadnik od południa rzucają cień na jego powierzchnię, dopóki słońce nie znajdzie się dostatecznie wysoko. Problem zacienienia koryt cieków i brzegów zbiorników wodnych jest zatem bardzo istotny, ale jak dotąd mało poznany (Bartnik, Moniewski 2011).

Konduktywność wody także wykazuje największą zmienność na stanowiskach związanych z odpływem wód z autostrady A2 (ryc. 3B). W kolektorach (P1, P2) w chłodnym półroczu utrzymuje się ona na wysokim poziomie, ale maleje gwałtownie wkrótce po wypłukaniu soli ze strefy pasa drogowego. Z kolei w osadniku (P3) przewodnictwo elektryczne rośnie wyraźnie dopiero wiosną (maksimum w maju), po wymieszaniu się wody, natomiast w późniejszym okresie zmniejsza się wskutek rozcieńczenia wodą deszczową. Zmienność konduktywności wody na pozostałych stanowiskach jest dużo mniejsza, jednak i na nich widoczny jest wyraźny wzrost przewodnictwa w miesiącach zimowych, spadek zaś wiosną, wskutek dopływu wód roztopowych. Wzdłuż biegu Ciosenki (P5-P7) minima konduktywności wody notowano w maju, w okresie zwiększonego odpływu, natomiast latem jej wartości rosły za sprawą zwiększonego parowania z powierzchni zbiorników przepływowych.

Stosunkowo najmniej zróżnicowany jest odczyn wody (ryc. 3C). Średnie wieloletnie wartości zawierają się w przedziale pomiędzy 7,0 a 8,4 jednostek. Podobnie jak w przypadku konduktywności, najbardziej zasadowe są wody o większym stopniu zasolenia – w kolektorach zimą, a w osadniku wiosną (maj). Natomiast na stanowiskach związanych z Ciosenką (P4-P7) lekko zasadowy odczyn (pH 7,6 ÷ 8,2) obserwowano w kwietniu, obojętny zaś (pH 7,1 ÷ 7,2) – na koniec jesieni. Następująca w tym czasie degradacja materii zgromadzonej także w zbiornikach wodnych powoduje zwiększenie stężenia kwasów organicznych, tuż przed rozpoczęciem ponownej migracji chlorków.

Zarówno w wodach płynących, jak i na powierzchni zbiorników wodnych zachodzi swobodna wymiana tlenu z atmosferą. Rozpuszczalność gazów w wodzie jest odwrotnie proporcjonalna do jej temperatury, a proces dyfuzji może być ograniczony jedynie zwartą pokrywą lodową (ryc. 3D). Jednak w przypadku przepływowych stawów (P6-P7) jej pojawianie się i zanik nie mają większego znaczenia, bowiem wpływają doń wody natlenione na odcinkach wolnych od lodu. Tylko w osadniku (P3) roczne maksimum stężenia tlenu występuje w relatywnie chłodnej jeszcze wodzie, ale już po ustąpieniu lodu. Tu, a także w źródłisku Rosanów (P5) niedobory te rekompensuje tlen powstający w procesie fotosyntezy, gdyż latem można zaobserwować na tych stanowiskach wtórne maksimum stężenia tlenu (lipiec lub sierpień). Natomiast na odcinku objętym oddziaływaniem zbiorników przepływowych, dominacja warunków termicznych nad efektywnością fotosyntezy (tylko przez połowę doby) powoduje, że w stosunku do maksimum termicznego – minimum tlenowe występuje o miesiąc wcześniej (czerwiec).

Sezonowy rozkład mętności wody jest ściśle powiązany ze splukiwaniem cząstek gleby i intensywnością ich przemieszczania w korycie. Wyraźny wzrost liczby unosin następuje dwukrotnie: wiosną, podczas wymywania nieosłoniętej roślinnością gleby przez wody roztopowe, a także latem, w okresie silniejszych opadów (rys. 3E). Przepływowe zbiorniki nie mają wpływu na czasowy rozkład mętności, regulują tylko jej poziom. Natomiast w bezodpływowym osadniku (P3) zwiększona mętność jest efektem dopływu zanieczyszczeń z autostrady (zimą – 5,5 NTU), a najwyższa – masowym pojawianiem się glonów i rzęsy wodnej (w sierpniu – 10,5 NTU).

Pod względem sezonowości najwyższymi indeksami charakteryzują się wody pochodzące z odwodnienia autostrady (P1, P2). Indeks sezonowości konduktywności wody przekracza tu 60%, a temperatury 40% (tab. 3). Umiarkowaną, ale wyraźną sezonowością charakteryzuje się mętność wody cieką płynącego obok osadnika (IS = 25%). Najmniejsze zróżnicowanie sezonowe wykazuje odczyn wody – na żadnym ze stanowisk indeks sezonowości nie przekracza 4%. Natomiast pod względem ogółu cech fizyczno-chemicznych spośród wszystkich badanych obiektów najbardziej stabilnym okazało się źródło Rosanów (P5).

**Tabela 3.** Przeciętny indeks sezonowości IS [%] cech fizyczno-chemicznych wody w latach 2003-2013

**Table 3.** Median seasonality index IS [%] of physicochemical characteristics of water in years 2003-2013

| Parametr / parameter                 | Numer stanowiska / point number |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | P1                              | P2   | P3   | P4   | P5   | P6   | P7   |
| Temperatura / temperature            | 46.9                            | 43.8 | 47.5 | 33.7 | 12.4 | 36.8 | 43.1 |
| Konduktywność / conductivity         | 61.5                            | 64.6 | 12.6 | 3.5  | 1.3  | 4.2  | 5.7  |
| Odczyn / acidity                     | 2.7                             | 3.9  | 3.9  | 1.9  | 2.1  | 2.1  | 2.9  |
| Tlen rozpuszczony / dissolved oxygen | 14.3                            | 18.4 | 16.5 | 18.1 | 8.5  | 13.7 | 10.5 |
| Mętność / turbidity                  | -                               | -    | 17.5 | 25.0 | 12.5 | 18.2 | 21.5 |

Warto przy tym zaznaczyć że wyznaczona pora koncentracji (PK) nie musi się pokrywać z miesiącem w którym wypada maksimum uśrednionych w wieloleciu wartości (rys. 3). Szczególnie w przypadku złożonego reżimu danej cechy (więcej niż jedno maksimum), która charakteryzuje się małą sezonowością, wskazania obliczonej pory koncentracji mogą się diametralnie różnić, czego przykładem jest odczyn wody w kolektorach P1 i P2 (tab. 4). Niemniej jednak w większości przypadków można sformułować pewne ogólne wnioski.

Pora koncentracji temperatury wody zawiera się w wąskim przedziale pomiędzy 3 a 19 lipca, a pomijając najbardziej odstający element – koncentrację temperatury wody źródła Rosanów – w obrębie dekady. Oznacza to dużą zbieżność reżimu termicznego wody, zależnego od rocznego rytmu zmian

**Tabela 4.** Przeciętna pora koncentracji PK [dni] charakterystyk fizyczno-chemicznych wody w latach 2003-2013

**Table 4.** Median date of concentration PK [days] of physicochemical characteristics of water in years 2003-2013

| Parametr / parameter                 | Numer stanowiska / point number |        |        |        |       |        |        |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
|                                      | P1                              | P2     | P3     | P4     | P5    | P6     | P7     |
| Temperatura / temperature            | 17.VII                          | 19.VII | 10.VII | 14.VII | 3.VII | 12.VII | 14.VII |
| Konduktywność / conductivity         | 24.II                           | 4.III  | 1.VI   | 25.III | 21.V  | 22.VI  | 27.VI  |
| Odczyn / acidity                     | 16.VI                           | 23.II  | 23.V   | 22.V   | 9.V   | 15.V   | 18.V   |
| Tlen rozpuszczony / dissolved oxygen | 7.V                             | 12.VI  | 8.V    | 16.III | 6.IV  | 4.III  | 11.III |
| Mętność / turbidity                  | -                               | -      | 21.VI  | 31.V   | 4.V   | 15.VI  | 26.VI  |

temperatury powietrza. Bardziej złożony przebieg ma pora koncentracji konduktywności wody. Najwcześniej, bo na przełomie lutego i marca występuje ona na odpływie z autostrady (P1, P2), by już niespełna miesiąc później pojawić się w cieku obok osadnika (P4). Oznacza to stosunkowo szybką migrację chlorków na krótkim dystansie, mimo iż w samym osadniku koncentrację obserwujemy dopiero 1 czerwca (za sprawą wspomnianej mikcji termicznej). Z kolei, obserwowana na stanowisku P5 w trzeciej dekadzie maja koncentracja przewodnictwa elektrycznego nie jest związana z oddziaływaniem autostrady, można więc ją pominąć w tym rozważaniu. Warto jednak prześledzić dalszą drogę chlorków – wędrówka pomiędzy stanowiskami P4 i P6 zajmuje im pełne 3 miesiące, podczas gdy między P6 a P7 zaledwie 5 dni. Różnica wynika ze znikomego przepływu cieku na stanowisku P4 w stosunku do ogromnej pojemności pierwszego stawu w Ciosnach i ograniczonej filtracji bezpośredniej z osadnika do stawu. Natomiast dzięki dużemu przepływowi Ciosenki chlorki przedostają się przez dwa kolejne stawy wielokrotnie szybciej, docierając do przekroju zamykającego całą zlewnię pod koniec czerwca.

Poza kolektorami, pora koncentracja odczynu wody także następuje w wąskim, dwutygodniowym przedziale w maju, co również może (choć nie musi) wskazywać na okres migracji chlorków. Koncentracja stężenia tlenu na tej samej drodze przypada na chłodniejszy pod względem temperatury wody okres (marzec-kwiecień). Także i pora koncentracji mętności układa się podobnie – najwcześniej następuje ona w górnym, a najpóźniej w dolnym biegu Ciosenki.

## PODSUMOWANIE

Prowadzone przez wiele lat badania cech fizyczno-chemicznych wód powierzchniowych w zlewni Ciosenki wskazują na istnienie ich zmienności przestrzennej oraz sezonowej. Najważniejszymi ogniskami zanieczyszczeń są: zabudowa lotniskowa i autostrada A2. Na genenezę zdysocjowanych w wodzie jonów

i zmiany w natężeniu ich emisji do środowiska nakłada się tu wielkość odpływu, łączącego wszystkie badane stanowiska położone wzdłuż biegu rzeki. Największe podobieństwo wykazuje temperatura wody, osiągająca wyraźnie najwyższe wartości i amplitudy na stanowiskach związanych z odwodnieniem autostrady A2. Temperatura wody charakteryzuje się także największą sezonowością i nawiązuje do układu termicznych pór roku. Podobnie zachowuje się konduktywność wody, która z racji dużego zasolenia wód odpływających z autostrady tylko zimą osiąga rekordowe wartości. W miarę oddalania się od pasa drogowego konduktywność wody i jej amplituda maleją wskutek dopływu „czystszych” wód podziemnych i opadowych. Okresem najbardziej dynamicznych przemian cech fizykochemicznych jest wiosna, a najintensywniej zachodzą one w strefie translokacji wód przez osadnik (P3), pełniący rolę bufora środowiskowego. W tym czasie obserwowane jest tam maksimum stężenia tlenu i lekko zasadowy odczyn wody. Dzięki osadnikowi negatywne skutki oddziaływania zanieczyszczeń są rozciągnięte w czasie na pozostałe komponenty systemu hydrologicznego Ciosenki. Mimo technicznej funkcji jaką pełni i pozornego braku walorów przyrodniczych, w ciepłej połowie roku rozkwita w nim bujne i produktywne życie biologiczne, izolowane jednak od bezpośredniego wpływu ekosystemu rzecznej. Pokrywa lodowa skuwająca jego powierzchnię na wiele miesięcy, dłużej niż zbiorników przepływowych, tylko dodaje odrębności jego cechom.

W systemie rzeczonym Ciosenki warunki termiczne, a co za tym idzie – także tlenowe, kształtowane są głównie przez ekspozycję lustra wody na wpływy atmosferyczne i operację słońca w przepływowych zbiornikach. Mimo znaczącego udziału w odpływie, oddziaływanie wypływów wód podziemnych (Rosanów, Ciosny) na zmiany cech fizykochemicznych wód rzecznych jest ograniczone. Zadrzewienie koryta Ciosenki powoduje wzrost z jej biegiem wieloletniej amplitudy temperatury, przy nie zmieniającej się jej przeciętnej wartości. Dynamiczny ruch wody spadającej ze spiętrań kaskady zbiorników i rosnący z biegiem przepływ powodują wzrost stężenia tlenu w wodzie, spadek jej konduktywności i wzrost zasadowości odczynu wody. Istotną rolą zbiorników przepływowych jest akumulacja (mechaniczna), a także absorpcja (w warstwie biologicznie czynnej) materii dopływającej z wodami rzeczonymi, i jej uwalnianie jesienią, w fazie obumierania roślin wodnych i lądowych. Nie bez znaczenia są przy tym zanieczyszczenia powstające wskutek wykorzystywania zbiorników do hodowli ryb.

Identyfikacja i analiza przyczyn zmian cech fizykochemicznych wody w czasie i w przestrzeni wymaga żmudnych i długotrwałych badań. Rezultatem podjętego trudu jest jednak potwierdzenie praktycznej roli jaką w środowisku niewielkiej rzeki pełnią małe zbiorniki wodne (Bartnik, Tomalski 2012). Prócz znanych dotychczas funkcji z pewnością można dodać także funkcję ekologiczną, bowiem stawy minimalizują wpływ bardzo wielu agresywnych działań podejmowanych przez człowieka i kompensują wyrządzone środowisku straty.

## Literatura

- Bajkiewicz-Grabowska E., 2007, Jeziorne ogniwa sieci hydrograficznej obszarów młodogłacjalnych i ich rola w kształtowaniu odpływu rzeki pojeziernej. [w:] Obieg wody w środowisku naturalnym i przekształconym. Wyd. UMCS, Lublin, 39-46.
- Bartnik A., Moniewski P., 2011, River Bed Shade and Its Importance in the Process of Studying of the Fundamental Physico-Chemical Characteristics of Small River Waters. [w:] Glińska-Lewczuk K. (red.) Contemporary problems of management and environmental protection: "Issues of landscape conservation and water management in rural areas" no 7, chapter XII, Olsztyn, 137-149.
- Bartnik A., Moniewski P., 2013, Changes of the basic physico-chemical characteristics of small rivers influenced by anthropogenic elements in the area of Łódź, Poland. [w:] Understanding Freshwater Quality Problems in a Changing World. Proceedings of H04, IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly, Gothenburg, Sweden, July 2013 (IAHS Publ. 361, 2013), 336-344.
- Bartnik A., Tomalski P., 2012, Impact of the different function of small reservoirs on seasonal oscillations of the selected physico-chemical water parameters of the urban rivers (Sokolovka catchment, Lodz case). [w:] Natural and anthropogenic transformations of lakes. Conference materials. International limnological conference „Natural and anthropogenic transformations of lakes” 19-21 September 2012 – Łągow Lubuski (Poland), IMiGW, Poznań, 16-17.
- Baś M., 2000, Sezonowe zmiany retencji powierzchniowej w zlewni Dzierżąnej w 1999 roku. Maszynopis w KHiGW UŁ, 63s.
- Jokiel P., 2002, Woda na zapleczu wielkiego miasta. IMGW, Warszawa, 148s.
- Markham C.G., 1970, Seasonality of precipitation in the United States. *Ann. Assoc. Am. Geographers*, 60, 3, 593–597.
- Moniewski P., 2004, Źródła okolic Łodzi. *Acta Geogr. Lodz.*, 87, 147s.
- Moniewski P., 2014, Sezonowe zmiany wybranych cech fizyczno-chemicznych wód małej rzeki podmiejskiej na przykładzie Dzierżąnej. *Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN*, z. XX, Warszawa, 407-416.
- Moniewski P., Stolarska M., 2008, Wpływ przekształceń infrastruktury drogowej na podstawowe cechy fizykochemiczne wód powierzchniowych małej zlewni podmiejskiej. [w:] S. Bródka, red.: Problemy środowiska przyrodniczego miast. Problemy ekologii krajobrazu, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań-Warszawa, tom 22, 285-296.
- Rzętała M., 2008, Funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego. Wyd. UŚ, Katowice, 172 s.
- Stolarska M., 2008, Sezonowe zmiany zasobów i podstawowych właściwości fizykochemicznych wód w małej zlewni nizinnej. *Acta Geogr. Lodz.*, 94, 97 s.



### *Summary*

The A2 motorway exploitation as well as the settlement and agriculture play a principal role in the formation of the physicochemical characteristics on the Ciosenka catchment. The retarding and infiltration basins system is controlled at the P1 and P2 outlets, and at settling tank – P3. It directs waters from the A2 motorway towards the Ciosenka valley at P4. In the valley there are Rosanow large spring (P5) and three flow-through water reservoirs (P6-P7). The measurements of the specific conductance, alkali level, dissolved oxygen, water temperature and turbidity were performed on the seven stations located along the river bed.

In this paper, the transformation rate of the physicochemical aquatic environment characteristics and its seasonal distribution were presented. Based on long-term characteristics the monthly averages and yearly medians also Markham's seasonality indexes are counted. Below water discharge place from the motorway drainage, a slight increase of the electrolytic conductance and reactions changes were cyclically registered. Furthermore, the analysis of the data series has proved that physicochemical characteristics are modified by the seasonal rhythm. It has been found that the long-term median water temperature being aligned (about 10°C) and its amplitude increases with the passage up the river. The temperature maximum fell in all cases in July, the minimum temperatures fell in February. The electrical conductivity showed that the maximum SEC values are observed in winter (till 21,3 mS·cm<sup>-1</sup> in outlets), as same as in waters of Ciosenka river (340-440 μS·cm<sup>-1</sup>), but the dates of concentration of conductivity are registered in June. Furthermore, every time in spring, the conductivity of water in settling tank has been changed by a mixing of surface waters with bottom ones (thermal turnover). The average water pHs hasn't big spatial and time diversity, but in the measurement point, situated beneath the A2 motorway, the water pH in the winter months is slightly more alkaline (up to 8.4 in March) than in the summer months (7.5 in June). Below the flow-through reservoirs the acidity of water is a bit lower, but the amplitude is significant. The highest oxygen concentration in river waters was registered during winter and spring season with relatively low water temperature. The intensity of this processes is related to the water reservoir temperature increase, to the limitation of the surface runoff and water plants growth phases. The turbidity of river water isn't strictly dependent on supply of road sewages. Higher turbidity is characteristic for the months with poor flora development (III–V) or for the heavy precipitation periods (VII–IX). The reservoirs reduce mainly the amount of allochtonic matter being at the same time the sources of new suspensions.