

Wpłynęło 18.06.2018 r.
Zrecenzowano 11.01.2019 r.
Zaakceptowano 15.01.2019 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

WPŁYW POWODZI NA STAN SANITARNY WODY Z RZEKI WISŁY W REJONIE DZIELNICY NOWODWORY W WARSZAWIE

Anna PRĘDECKA¹⁾ ABF, Ewa B. GÓRSKA²⁾ DE, Stefan RUSSEL³⁾ D,
Janusz AUGUSTYNOWICZ⁴⁾ C

¹⁾ Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego, Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa

²⁾ orcid.org/0000-0003-0001-2274; Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Rolnictwa i Biologii, Samodzielny Zakład Mikroorganizmów

³⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach

⁴⁾ Uniwersytet Gdański, Wydział Prawa i Administracji, Katedra Prawa Gospodarczego Publicznego i Ochrony Środowiska, Zakład Prawa Ochrony Środowiska

Streszczenie

Wody, które miały kontakt w wyniku powodzi z glebami z terenu zlewni, ze ściekami bytowo-gospodarczymi czy odpadami komunalnymi, mogą być źródłem mikroorganizmów chorobotwórczych. Celem badań prezentowanych w pracy była ocena stanu sanitarnego wody z Wisły w rejonie dzielnicy Nowodwory w Warszawie po ustąpieniu drugiej fali powodziowej w czerwcu 2010 r. oraz w lipcu i sierpniu. Próby wody pobierano zgodnie z normą PN-ISO 5567 bezpośrednio z nurtu rzeki, w odległości ok. 40 m od deptaka spacerowego, w trzech punktach. Badaniami objęto następujące grupy mikroorganizmów: bakterie grupy coli, paciorkowce kałowe, bakterie psycho- i mezofilne, bakterie proteolityczne, bakterie redukujące siarczany. Ocena stanu sanitarnego wody polegała na wykryciu i oznaczeniu ilościowym organizmów wskaźnikowych wg obowiązujących norm prawnych.

Badania wykazały, że stan sanitarny rzeki Wisły po opadnięciu fali powodziowej charakteryzował się dużą zmiennością. Liczebność badanych grup fizjologicznych drobnoustrojów zależała od terminu badań i miejsca poboru prób. Indeks bakterii grupy coli oraz indeks bakterii grupy coli typu kałowego przekroczył w czerwcu wartości normatywne.

Słowa kluczowe: mikrobiologiczne wskaźniki jakości wody, powódź, wody powierzchniowe

Do cytowania For citation: Prędecka A., Górská E.B., Russel S., Augustynowicz J. 2019. Wpływ powodzi na stan sanitarny wody z rzeki Wisły w rejonie dzielnicy Nowodwory w Warszawie. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 19. Z. 1 (65) s. 67–76.

WSTĘP

Fala powodziowa, poza zniszczeniem infrastruktury komunalnej, drogowej, dużymi stratami moralnymi, wywołuje zagrożenia życia i zdrowia ludzi oraz inwentarza żywego. Bezpośrednie lub pośrednie oddziaływanie na organizm ludzki czynników chorobotwórczych oraz substancji toksycznych, wypłukiwanych przez fale powodziowe między innymi z pól uprawnych, składowisk odpadów komunalnych, szamb, oczyszczalni ścieków, cmentarzy powoduje wiele negatywnych skutków. Do czynników szczególnie niebezpiecznych należą bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae*, wywołujące choroby przewodu pokarmowego, w tym m.in. dur brzuszny, dur rzekomy, salmonellozę, czerwonkę, biegunki [BURZYŃSKA 2000; SMYŁŁA 2005]. Szerzenie się chorób infekcyjnych jest uwarunkowane istnieniem trzech ogniw wzajemnie powiązanych ze sobą: źródła zakażenia, drogi wnikania do organizmu oraz wrażliwości osobniczej organizmu człowieka. Powódź zaburza równowagę między patogenami i ich potencjalnymi ofiarami. Okoliczności towarzyszące klęskom żywiołowym sprzyjają obniżeniu sprawności fizjologicznej mechanizmów obronnych. Brak wody pitnej, niedostatek wody do mycia, środków higieny, niesprawność sieci kanalizacyjnej, niedobór substancji białkowych i witamin oraz nadmierne przemęczenie organizmu obniżają nieswoistą odporność przeciwważną [MICHALSKA, BARTOSZEWICZ 1998; PYTKA i in. 2013].

Celem niniejszej pracy jest ocena stanu sanitarnego wody z Wisły w rejonie dzielnicy Nowodwory w Warszawie po ustąpieniu drugiej fali powodziowej w czerwcu 2010 r.

METODY BADAŃ

Badania mikrobiologiczne wody z rzeki Wisły prowadzono w 2010 r., po ustąpieniu drugiej fali powodziowej (fot. 1). Powódź, która wystąpiła w Polsce w drugiej połowie maja 2010 r., była największą od 160 lat. Fale wezbraniowe na Wiśle w maju (I fala) i w czerwcu (II fala) w wielu miejscach przekroczyły poziom alarmowy (650 cm) i wynosiły odpowiednio 780 cm i 750 cm. Próby wody pobierano bezpośrednio z nurtu rzeki, w odległości ok. 40 m od deptaka spacerowego, w trzech punktach rozmieszczonych w rejonie dzielnicy Nowodwory w Warszawie: punkt nr 1 – na wysokości ul. Mehoffera, punkt nr 2 – na wysokości ul. Sprawnej, punkt nr 3 – na wysokości ulicy Dorzecze (rys. 1).

Próby wody z rzeki pobrano w trzech terminach: w czerwcu, bezpośrednio po ustąpieniu fali powodziowej oraz w lipcu i sierpniu. Próby pobrano zgodnie z normą PN-ISO 5567 i do czasu wykonania badań przechowywano w lodówce w temperaturze 4–6°C. Ocena stanu sanitarnego wody polegała na wykryciu i oznaczeniu ilościowym organizmów wskaźnikowych: pałeczki okrężnicy *Escherichia coli* [PN-EN ISO 9308-1:2014], paciorkowców kałowych (*Enterococci*) [PN-EN ISO



Fot. 1. Rzeka Wisła w rejonie dzielnicy Nowodwory w czerwcu 2010 r. (fot. A. Prędecka)

Photo 1. The Vistula River in the area of the Nowodwory district in June 2010 (phot. A. Prędecka)



Rys. 1. Lokalizacja punktów poboru prób wody (1, 2, 3); źródło: opracowanie własne

Fig. 1. The location of sampling points water (1, 2, 3); source: own elaboration

7899-2:2004], bakterii psychro- i mezofilnych [PN-C-04615-25:1982], bakterii proteolitycznych [PN-75/C-04615.17] oraz bakterii redukujących siarczany (*Desulfotomaculum nigrificans*) [PN-82/C-04615.29]. Przed wykonaniem analiz próby wody o objętości 100 cm³ przefiltrowano przez filtr membranowy o średnicy porów 0,45 μm za pomocą zestawu do filtracji membranowej. Następnie wykonano odciski filtrów z osadzonymi na ich powierzchni bakteriami na podłożu wybiórczym agar Endo. Bakterie hodowano na tym podłożu równolegle w temperaturze 37 i 44°C przez 24 h. Po okresie inkubacji liczone wyrosłe kolonie charakterystyczne dla bakterii lac⁺ (*E. coli*). Pałeczka okrężnicy tworzy na tym podłożu kolonie o charakterystycznym krwistoczerwonym zabarwieniu z metalicznym połyskiem. Enterokoki (paciorkowce kałowe) izolowano na pożywce Slanetz–Bartleya. Hodowlę tych bakterii prowadzono w temperaturze 37°C przez 48 h, a następnie liczone wyrosłe kolonie charakterystycznie zabarwione na kolor czerwony, czerwony z ciemniejszym środkiem lub różowy. Ogólną liczebność bakterii psychrofilnych i mezofilnych oznaczono metodą płytkową, na podłożu agarowym MPA. Inkubację prowadzono odpowiednio w 20 i 37°C przez 24 h.

Dla wykazania różnic w liczebności poszczególnych grup mikroorganizmów między punktami poboru prób i poszczególnymi terminami badań zastosowano analizę wariancji jednoczynnikową, grupy jednorodne wyróżniono dla $\alpha = 0,05$ testem Tukey'a. Do analiz statystycznych zastosowano program Statgraphics plus 4.1.

WYNIKI I DYSKUSJA

Stan sanitarny wody z rzeki Wisły po ustąpieniu fali powodziowej oceniono pod kątem liczebności drobnoustrojów wskaźnikowych: bakterii grupy coli, paciorkowców kałowych, bakterii mezofilnych i psychrofilnych, bakterii redukujących siarczany oraz bakterii proteolitycznych.

Przeprowadzone badania wykazały istotny statystycznie wpływ terminu badań na liczebność grup fizjologicznych drobnoustrojów w wodzie z rzeki Wisły (rys. 2 i 3).

Do bakterii mezofilnych należy wiele saprofitów i patogenów, w tym drobnoustrojów chorobotwórczych lub potencjalnie chorobotwórczych dla człowieka [SIKORSKI 2000]. Mezofile, to drobnoustroje, które – w zależności od gatunku – najlepiej rozmnażają się w temperaturze od 20 do 40°C.

Liczebność bakterii mezofilnych w punktach poboru wody nr 1 i nr 3 uległa istotnemu zmniejszeniu w lipcu i w sierpniu w porównaniu ze stanem z czerwca. Bezpośrednio po ustąpieniu fali powodziowej liczebność bakterii mezofilnych w punkcie pomiarowym nr 1 wynosiła 23 000 jtk·cm⁻³. Z upływem czasu zanotowano wyraźne zmniejszenie liczebności bakterii w wodzie z rzeki, do 8000 jtk·cm⁻³ w lipcu i 9000 jtk·cm⁻³ w sierpniu. W punkcie pomiarowym nr 3 liczebność drobnoustrojów w czerwcu i sierpniu wynosiła odpowiednio 15 000 i 10 000 jtk·cm⁻³.

Stwierdzona różnica liczebności pomiędzy terminami była istotna statystycznie. W przypadku punktu pomiarowego nr 2 stwierdzono odwrotną tendencję, mianowicie liczebność bakterii w wodzie w lipcu i sierpniu wyniosła odpowiednio 15 000 i 13 000 jtk·cm⁻³ i była większa niż w czerwcu, kiedy to zanotowano 10 000 jtk·cm⁻³ (rys. 1).

Wzrost liczby bakterii mezofilnych w miesiącach wakacyjnych w punkcie pomiarowym nr 2 może wynikać z większej aktywności rekreacyjnej mieszkańców dzielnicy oraz funkcjonowania lokali gastronomicznych, które nie zawsze mają sprawną instalację kanalizacyjną.

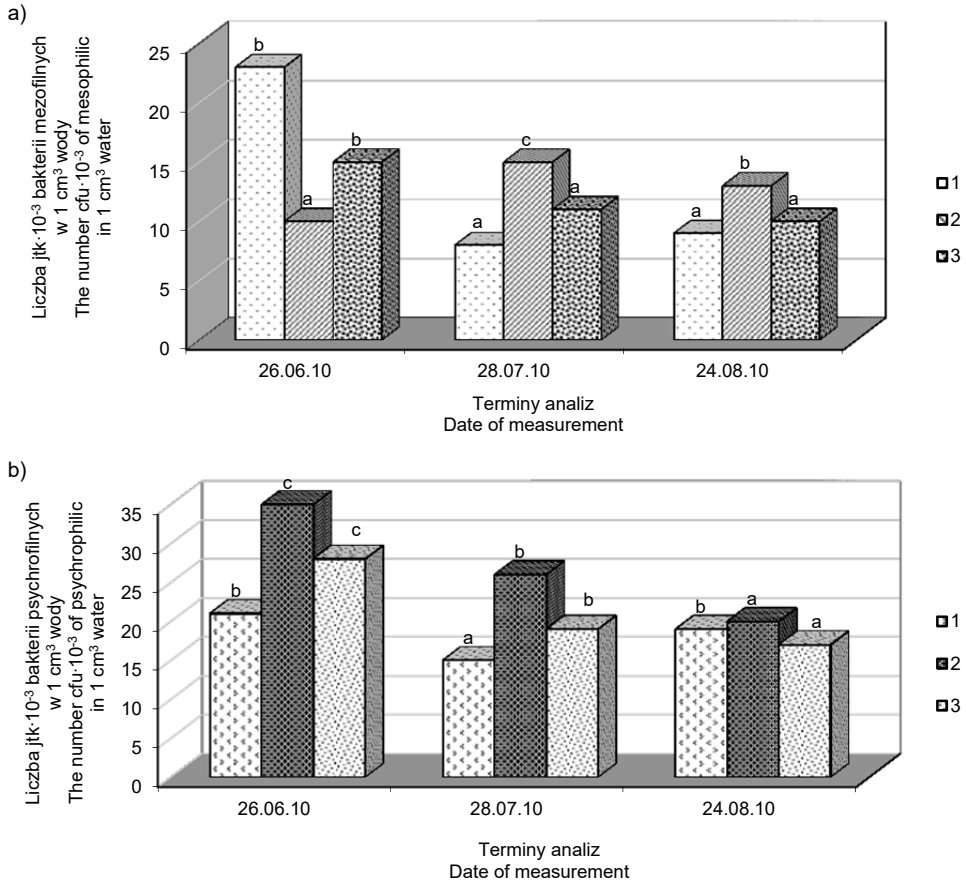
Bakterie psychrofilne, to te których optimum rozwoju przebiega w temperaturze ok. 15–20°C. Ich liczebność w wodach śródlądowych świadczy o jej zanieczyszczeniu substancją organiczną łatwo przyswajalną. W przypadku wszystkich punktów badawczych liczebność tej grupy drobnoustrojów uległa zmniejszeniu w lipcu i w sierpniu w porównaniu z liczebnością w czerwcu. Świadczy to o skuteczności procesów samooczyszczania wody przeprowadzanych w wyniku dopływu innych wód, które rozcieńczają skażoną wodę. Największą liczebność bakterii psychrofilnych stwierdzono w punkcie nr 2, w czerwcu 2010 r., wynosiła ona 35 000 jtk·cm⁻³, zaś w sierpniu – 15 000 jtk·cm⁻³ – różnica istotna statystycznie (rys. 2). W punkcie poboru nr 3 liczebność analizowanych drobnoustrojów również uległa zmniejszeniu od czerwca do sierpnia i wynosiła odpowiednio: 28 000, 19 000 oraz 17 000 jtk·cm⁻³ (rys. 2).

Duży wpływ na liczebność drobnoustrojów w rzece mogły mieć temperatura wody, która w analizowanym okresie wynosiła 14,5°C, oraz substancje organiczne, które trafiły wraz z falą powodziową ze ściekami komunalnymi, przemysłowymi i rolniczymi [TYMCZYNA, GOŁUSZKA 2001].

W wodzie powodziowej znajduje się duża liczba bakterii heterotroficznych, które bardzo skutecznie rozkładają różne związki organiczne, na przykład: białka, węglowodany, tłuszcze oraz związki nieorganiczne.

Bakterie proteolityczne mają zdolność hydrolitycznego rozkładu wiązań peptydowych w białkach i polipeptydach. Aktywność proteolityczna mikroorganizmów jest różna, między innymi w zależności od temperatury i pH wody. Liczba bakterii proteolitycznych występujących w wodzie jest wskaźnikiem stopnia zanieczyszczenia związkami organicznymi. Duża liczebność bakterii proteolitycznych występuje w ściekach bytowo-gospodarczych, które wypływają ze zniszczonej przez falę powodziową infrastruktury wodociągowo-kanalizacyjnej [NOWAK 2000].

Największą liczebność bakterii proteolitycznych wykazano w punkcie badawczym nr 3, w sierpniu 2010 r. – 2400 jtk·cm⁻³ wody, natomiast najmniej licznie bakterie te występowały w czerwcu, na stanowisku badawczym nr 2 – 600 jtk·cm⁻³ wody (rys. 2). Bakterie redukujące siarczany występują w każdym środowisku beztlenowym i zasobnym w substancję organiczną i siarczany. Ich liczebność w wodzie w czerwcu, bezpośrednio po ustąpieniu fali powodziowej była najmniejsza



Rys. 2. Wpływ terminu badań na liczebność różnych grup bakterii w poszczególnych punktach poboru wody z Wisły: a) mezofilnych, b) psychrofilnych, c) redukujących siarczany, d) proteolitycznych; źródło: wyniki własne

i wynosiła 8000 jtk·cm⁻³ w punkcie badawczym nr 1, zaś największą 45 000 jtk·cm⁻³) odnotowano w lipcu w punkcie badawczym nr 2 – różnica istotna statystycznie (rys. 2). Zaobserwowano zmienność w liczebności badanych wskaźników wraz z nurtem biegu rzeki i czasu przejścia fali powodziowej.

Biorąc pod uwagę olbrzymie ilości wody oraz szybkość, z jaką fala powodziowa przemieszczała się wraz z nurtem Wisły, prawdopodobne jest, że zanieczyszczenia bogate w związki organiczne i nieorganiczne były rozcieńczone.

Mikroorganizmy występujące w wodach mogą być przyczyną wielu chorób ludzi i zwierząt. Mikroorganizmy te to między innymi: bakterie grupy *coli*, bakterie

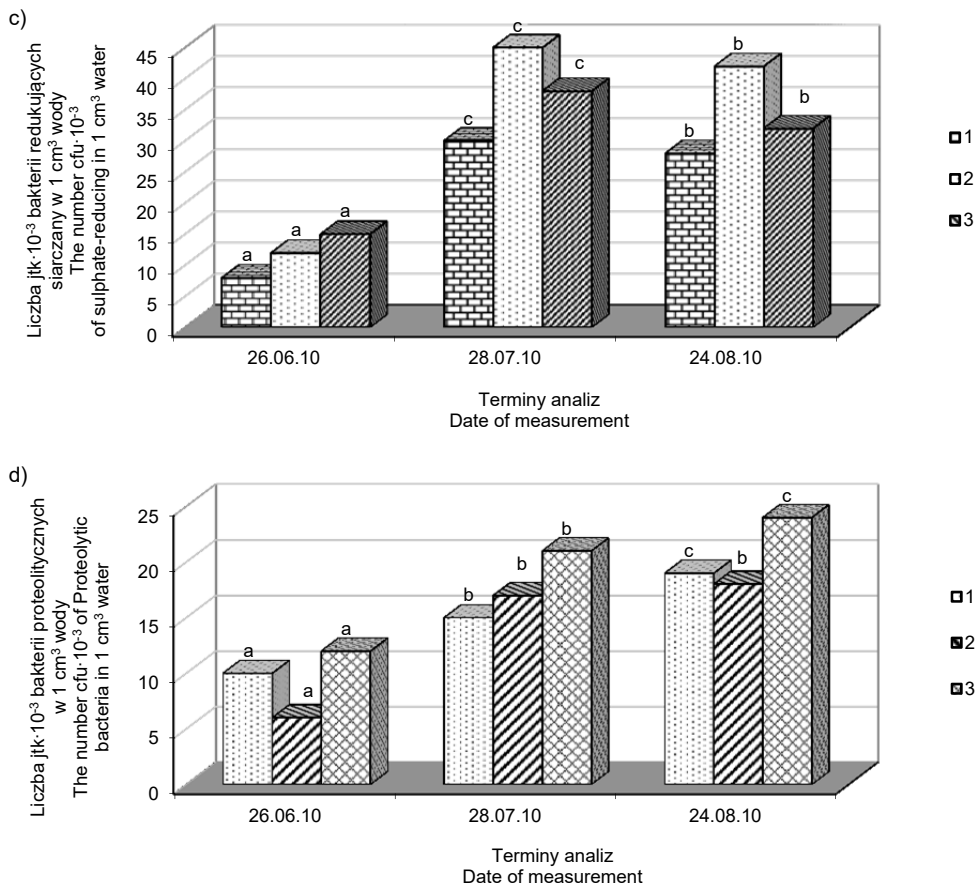
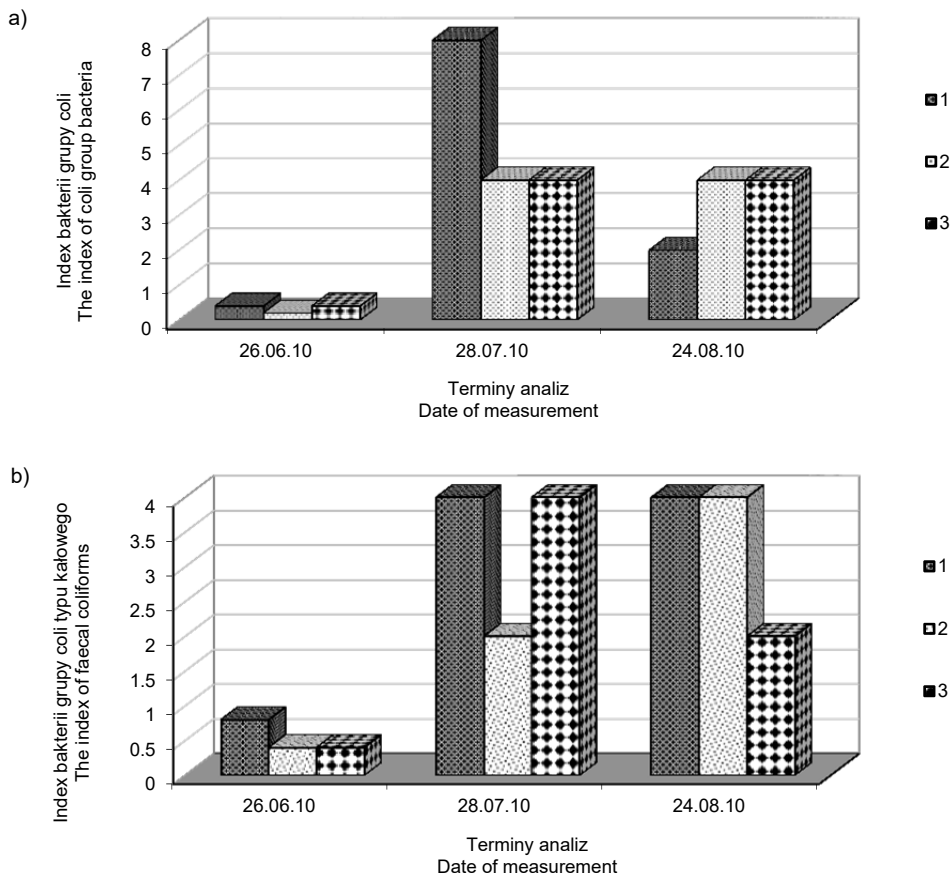


Fig. 2. The influence of the research period on the number of bacteria at particular points of water intake from the Vistula: a) mesophilic, b) psychrophilic, c) sulphate-reducing, d) *Proteolytic bacteria*; source: own study

grupy *coli* typu kałowego (*Escherichia coli*) [NOWAK 2000; ŚLUSARCZYK, CZAPLIKA-KOTAS 2012]. Liczebność omawianych drobnoustrojów w poszczególnych punktach pomiarowych i terminach badań przedstawiono na rysunku 3.

Indeks bakterii grupy *coli* oraz indeks bakterii grupy *coli* typu kałowego przyjął najmniejsze wartości w czerwcu we wszystkich punktach pomiarowych, co wskazuje na dużą koncentrację zanieczyszczeń kałowych niesionych przez falę powodziową. Wzrost indeksu wraz z upływem czasu wskazuje na skuteczność procesów samooczyszczania wody i zmniejszenie zagrożenia ze strony bakterii grupy *coli* typu kałowego.



Rys. 3. Indeks bakterii w próbkach wody pobranych z rzeki Wisły: a) grupy coli, b) grupy coli typu kałowego; źródło: wyniki własne

Fig. 3. The index of bacteria in water samples taken from the Vistula River: a) coli group bacteria, b) of faecal coliforms; source: own study

WNIOSKI

1. Stan sanitarny rzeki Wisły po opadnięciu fali powodziowej charakteryzował się dużą zmiennością.

2. Zaobserwowano zmienność w liczebności badanych wskaźników wraz z nurtem biegu rzeki i czasu przejścia fali powodziowej.

3. Indeks bakterii grupy coli oraz indeks bakterii grupy coli typu kałowego przekroczyły wartości normatywne w czerwcu.

BIBLIOGRAFIA

- BURZYŃSKA I. 2000. Zanieczyszczenia wód i ich wpływ na zdrowie ludzi [The water pollution and their impact on human health]. Wiadomości Łąkarskie. Nr 5 s. 3–5.
- MICHALSKA M., BARTOSZEWICZ M. 1998. The sanitary state of Pomeranian Bay and Gulf of Gdańsk waters during the flood of 1997. Deutsche Hydrographische Zeitschrift. Vol. 50. No 2/3 s. 265–272.
- NOWAK A. 2000. Mikrobiologia dla kierunków rolniczego, ogrodniczego i ochrona środowiska [Microbiology for agricultural, gardening and environmental protection]. Szczecin. AR. ISBN 83-87327-55-7 ss. 122.
- PN-75/C-04615.17. Woda i ścieki. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii proteolitycznych metodą Frazier [Water and sewage. Microbiological testing. Determination of the number of proteolytic bacteria by the Frazier method].
- PN-82/C-04615.29. Woda i ścieki. Badania mikrobiologiczne. Wykrywanie beztlenowych termofilnych bakterii przetrwalnikujących, redukujących siarczany (*Desulfotomaculum nigrificans*) metodą hodowli na pożywce płynnej [Water and sewage. Microbiological testing. Detection of anaerobic thermophilic spores that reduce sulfates (*Desulfotomaculum nigrificans*) by culturing on liquid medium].
- PN-EN ISO 7899-2:2004. Jakość wody – Wykrywanie i oznaczanie ilościowe enterokoków kałowych. Cz. 2. Metoda filtracji membranowej [Water quality – Detection and quantification of faecal enterococci. P. 2. Method of membrane filtration].
- PN-EN ISO 9308-1:2014. Jakość wody. Wykrywanie i oznaczanie ilościowe *Escherichia coli* i bakterii grupy *coli*. Cz. 1. Metoda filtracji membranowej [Water quality. Detection and quantification of *Escherichia coli* and coliform bacteria. P. 1. Method of membrane filtration].
- PN-C-04615-25:1982. Woda i ścieki – Badania mikrobiologiczne– Oznaczanie paciorkowców kałowych metodą filtrów membranowych (FM) i metodą probówką [Water and sewage – Microbiological tests – Determination of faecal streptococci by the membrane filter (FM) and using the tube method].
- PN-ISO 5567. Pobieranie próbek wody [Sampling of water].
- PYTKA A., JÓŹWIAKOWSKI K., MARZEC M., GZIŃSKA M., SOSNOWSKA B. 2013. Ocena wpływu zanieczyszczeń antropogenicznych na jakość wód rzeki Bochońniczki [The evaluation of the impact of anthropogenic pollution on the water quality of the river Bochońniczka]. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 3/II s. 15–29.
- SIKORSKI M. 2000. Jakość wód pitnych [The quality of drinking water]. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie. Nr 3 s. 119.
- SMYŁŁA A. 2005. Zagrożenia bakteryjne wód powierzchniowych [Bacterial threats of surface waters]. W: Środowisko a zdrowie – 2005. VII Ogólnopolska sesja popularnonaukowa. 2–3.06.2005 Częstochowa. Częstochowa. Wydaw. DCZG s. 113–128.
- ŚLUSARCZYK Z., CZAPLIKA-KOTAS A. 2012. Wpływ powodzi w 2010 na jakość wód Zbiornika Goczałkowice [The impact of floods in 2010 on the quality of Goczałkowice Reservoir water]. Czasopismo Techniczne. Z. 23 s. 261–270.
- TYMCZYNA L., GOŁUSZKA J. 2001. Antropogeniczne zanieczyszczenia wód pitnych [Anthropogenic pollution of drinking water]. Przegląd Hodowlany. Nr 8 s. 31–33.

Anna PRĘDECKA, Ewa B. GÓRSKA, Stefan RUSSEL, Janusz AUGUSTYNOWICZ

IMPACT OF FLOODS IN STATE OF SANITARY WATER FROM RIVER AREA VISTULA NOWODWORY DISTRICT IN WARSAW

Key words: *flood, microbiological indicators of water quality, surface water*

S u m m a r y

Waters that have been contact with floods from the catchment area, domestic and commercial wastewater, municipal waste and various types of waste (spoiled food products) can be a source of pathogenic microorganisms. The aim of the study was to assess the hazards of selected pathogens on the health of the residents of the Nowodwory district in Warsaw immediately after the second flood wave ceased in June 2010 and in July and August. The microbiological tests of flood water from the Vistula River were taken in accordance with the PN-ISO 5567 standard were collected at three research points – walking with the river current, at a distance of about 40 m from the pedestrian promenade. The study involved the following groups of microorganisms: the index of coli group bacteria, the index of faecal coliforms, psychro- and mesophilic bacteria, proteolytic sulphate-reducing bacteria. The assessment of the sanitary state of water consisted in the detection and quantification of indicator organisms in accordance with applicable legal norms.

Our results showed that the sanitary condition of the Vistula River after the flood wave subsided was characterized by high variability. The number of respondents physiological groups of microorganisms depend on the date of the study and places of sampling. The index of coli group bacteria, the index of faecal coliforms exceeded the normative values in the month of June.

Adres do korespondencji: dr inż. Anna Prędecka, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego, Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa; tel. +48 22 56-16-501, e-mail: apredecka@sgsp.edu.pl