INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr I/1/2014, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 125–135
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

INFRASTRUKTURA KRYTYCZNA A NIEZAWODNOŚĆ SYSTEMU ODPROWADZANIA I OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W NIEKORZYSTNYCH WARUNKACH POGODOWYCH

Magdalena Kuśnierz, Elżbieta Świerczek
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

CRITICAL INFRASTRUCTURE AND RELIABILITY OF WASTEWATER DRAIN AND WASTEWATER TREATMENT SYSTEM IN ADVERSE WEATHER CONDITIONS

Streszczenie

Intensywne, długotrwałe opady deszczu w połączeniu z małoprzepustowym, niesprawnym, bądź niedrożnym systemem kanalizacji mogą być przyczyną powstawania dotkliwych strat gospodarczych na skutek występowania podtopień, zalania obszarów zurbanizowanych, bądź też rozmycia powierzchni gruntu. Liczne są także awarie występujące na oczyszczalniach ścieków. Gwałtowny spływ opadowy ze zlewni zurbanizowanej spowodować może uszkodzenia elementów oczyszczalni ścieków, przeciążenia hydrauliczne oraz wpłynąć negatywnie na proces biologicznego oczyszczania ścieków poprzez zmianę parametrów ilościowych i jakościowych ścieków dopływających.

Celem artykułu jest przedstawienie zebranych doświadczeń z zakresu eksploatacji oczyszczalni ścieków w trudnych warunkach atmosferycznych, a także wskazanie braku klasyfikacji tego typu obiektów jako obiektów infrastruktury krytycznej stanowiących zagrożenie dla życia, zdrowia, mienia lub środowiska przyrodniczego.

Słowa kluczowe: infrastruktura krytyczna, oczyszczanie ścieków, eksploatacja oczyszczalni ścieków

http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2014.1.1.010

Summary

Intense, prolonged rainfall combined with low capacity and stuffy storm-water drainage system may be the cause of severe economic losses as a result of the presence of inundation, flooding of urban areas, or wash-out the surface of the ground. There are also failures on wastewater treatment plant. Flash runoff from urban area can cause damage of wastewater treatment plant components, hydraulic overload and affect on the process of biological treatment by changing the quantitative and qualitative parameters of the influent.

The purpose of this article is to present the experience gained in the operation of the wastewater treatment plant in adverse weather conditions and indicate lack of classification this type of objects as objects of critical infrastructure that is dangerous to the life, health, property or the environment.

Key words: *critical infrastructure, wastewater treatment, wastewater treatment plant operation*

WPROWADZENIE

Podstawowym kryterium kwalifikowania wybranych obiektów, urządzeń i instalacji, jako elementów infrastruktury krytycznej (*IK*) jest ich kluczowy wpływ na bezpieczeństwo funkcjonowania państwa i jego obywateli. Wyznaczenia tych z układów infrastruktury społecznej i technicznej, które mogą zostać sklasyfikowane jako krytyczne, dokonano w ustawie o zarządzaniu kryzysowym z dnia 26 kwietnia 2007 roku (Dz.U. 2007 nr 89 poz. 590). Warto zwrócić uwagę, iż w ustawie pomija się układy zabezpieczeń przeciwpowodziowych, odwodnień na terenach zurbanizowanych oraz elementy systemu odprowadzania ścieków i związane z nimi obiekty. Co ciekawe w ustawie o ochronie osób i mienia z dnia 22 sierpnia 1997 r. (Dz.U. 1997 nr 114 poz. 740) w art. 5 pkt 2 wskazuje się, iż obiektami podlegającymi obowiązkowej ochronie w zakresie bezpieczeństwa publicznego, których zniszczenie lub uszkodzenie może stanowić zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi, są między innymi oczyszczalnie ścieków. W kwestii bezpieczeństwa tego typu infrastruktury zauważyć zatem można pewne nieścisłości. Niestety operatorzy i zarządcy obiektów związanych z odprowadzeniem i oczyszczaniem ścieków nie podlegają wymaganiom rozporządzenia z dnia 30 kwietnia 2010 r. (Dz.U. 2010 nr 83 poz. 542) w sprawie opracowania indywidualnych planów ochrony infrastruktury, mających pomóc w wykreowaniu warunków do poprawy bezpieczeństwa i zachowania ciągłości pracy danego typu układów i urządzeń, ze względu na ich brak w wykazie

obiektów infrastruktury krytycznej. Przygotowane plany ochrony obiektów *IK* według rozporządzenia powinny zawierać informacje ogólne i szczegółowe między innymi na temat: zagrożeń oraz oceny ryzyka ich wystąpienia, działania w sytuacji zagrożenia, zapewnienia ciągłości funkcjonowania *IK* oraz odtwarzania *IK*. Stworzenie planów szybkiego reagowania na niekorzystne zdarzenia oraz odtwarzania infrastruktury krytycznej spowodowałoby między innymi minimalizację strat poniesionych z tego tytułu.

W przypadku obiektów i urządzeń systemów kanalizacji sanitarnej oraz oczyszczania ścieków bardzo często pojawiają się liczne problemy eksploatacyjne, a także zniszczenia mienia mieszkańców i państwa, które przekładają się na duże straty ekonomiczne. Szczególnym zagrożeniem dla tego typu obiektów są zjawiska pogodowe. W zależności od intensywności występowania danego zjawiska atmosferycznego, różne mogą być skutki jego oddziaływania. Burze, bardzo niskie temperatury, długotrwałe opady, zjawiska opadowe występujące krótko po sobie oraz roztopy powodują występowanie awarii i niesprawności w funkcjonowaniu elementów infrastruktury technicznej związanej z odwodnieniem terenów zurbanizowanych i oczyszczaniem ścieków. Przykładami mogą tu być między innymi: nadmierne zrzuty ścieków z przelewu burzowego – dewastacja ekosystemu wodnego, nieefektywny system odprowadzania wód deszczowych, niedrożność kanałów – podtopienia, pęknięcia kolektorów kanalizacji deszczowej – zapadanie infrastruktury drogowej i wiele innych (Kuśnierz i Łomotowski, 2011).

Ze względu na różnego rodzaju zakłócenia w funkcjonowaniu oczyszczalni ścieków i systemów odwadniania terenów, a przede wszystkim kanalizacji, w artykule przedstawiono problemy z jakimi mogą borykać się operatorzy tych obiektów w praktyce inżynierskiej, szczególnie podczas pogody mokrej oraz niekorzystnych temperatur. W niniejszym artykule wskazano również na istniejące rozwiązania w zakresie ochrony oczyszczalni ścieków przed zwiększeniem obciążenia hydraulicznego i zmianami w jakości dopływu do oczyszczalni.

ODPROWADZANIE WÓD DESZCZOWYCH

Zadanie odprowadzenia nadmiaru wód opadowych z terenów aglomeracji realizowane jest głównie poprzez dwa systemy kanalizacji: ogólnospławny i deszczowy. Obecnie w projektowaniu układów kanalizacyjnych na nowo urbanizowanych terenach dąży się do lokalnego gospodarowania spływami opadowymi. Zagospodarowanie wód opadowych możliwe jest między innymi za pomocą wykorzystania systemów bioretencji (Burszta-Adamiak, 2011b) oraz infiltracji (Burszta-Adamiak, 2011a). Odprowadzanie podczyszczonych wód opadowych do gruntu lub lokalnych cieków, retencjonowanie powierzchniowe

i wykorzystywanie wód opadowych do podlewania zieleni i spłukiwania powierzchni utwardzonych wykorzystywane jest bardziej efektywnie na terenach o zabudowie rozproszonej (Fidala-Szope i in., 1997).

Występujące w większości aglomeracji systemy kanalizacji ogólnospławnej wymagają indywidualnej kontroli. Głównym problemem funkcjonowania kanalizacji ogólnospławnej jest zmienność relacji między przepływami ścieków sanitarnych i wód opadowych. W warunkach dużego obciążenia wodami opadowymi istnieje pewne niebezpieczeństwo wydostania się ścieków sanitarnych z przepełnionych kanałów przez niżej położone przybory sanitarne i wpusty uliczne (Suligowski, 2000) powodując lokalne podtopienia. W węzłach sieci kanalizacji ogólnospławnej znajdujących się najbliżej odbiornika i o dużych przepustowościach zlokalizowane są przelewy burzowe. W czasie nawalnych opadów, kiedy natężenie przepływu przekracza niejednokrotnie zdolności przepustowe kanałów i oczyszczalni ścieków, nadmiar wód zmieszanych ze ściekami bytowymi odprowadzany jest przelewami burzowymi bezpośrednio do odbiornika (Kalenik, 2009). Liczba zrzutów z kanałów burzowych w ciągu roku nie możne przekraczać 10-ciu razy, przy zapewnieniu stabilnego hydraulicznie odpływu (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 roku, Dz.U. 2006 nr137 poz. 984). Fidala-Szope i in. (1997) zwracają uwagę, iż w celu ochrony jakości wód odbiornika, przelew burzowy powinien działać wyłącznie incydentalnie, w czasie występowania opadów nawalnych, ekstremalnych. Dodatkowo każdy przelew burzowy powinien zostać wyposażony w miernik napełnienia kanału umożliwiający rejestracje wystąpienia przelewu (Nowogoński, 2011). Pomiar napełnienia możliwy jest na przykład z wykorzystaniem sąd ultradźwiękowych (Zawilski i in., 2011).

Kanalizacja deszczowa ma za zadanie odwodnienie terenu poprzez przyjęcie maksymalnych strumieni wód opadowych o częstotliwości wskazanej przez normę PN-EN 752 (Kotowski, 2011). Przy projektowaniu tego typu systemów należy wykorzystywać dostępne metody oparte na modelowaniu hydrologicznym i hydrodynamicznym (Schmidt, 2000). W tych układach na terenach zurbanizowanych wykorzystywana jest retencja kanałowa oraz retencja w zbiornikach. Niestety w przypadku gwałtownych opadów rozwiązania te często w dalszym ciągu nie zapewniają właściwego odwodnienia terenu. W tabeli 1 przedstawiono przykłady niepożądanych awarii systemów kanalizacji i odwodnień zanotowanych w ostatnich latach. W skali kraju widoczne są liczne problemy w zakresie zagospodarowania wód opadowych i realne zagrożenia awariami infrastruktury technicznej.

Tabela 1. Problemy w zakresie przyjęcia i zagospodarowania wód opadowych
Table 1. Problems with regard to rainwater interception and management

Miejscowość	Data	Rodzaj zdarzenia	Źródło informacji
Czechowice-Dziedzice	24.06.2013	Podtopienia ulic i piwnic – kanalizacja nie jest w stanie odprowadzić nadmiernej ilości wód	http://bielskobiala.gazeta.pl/
Rybnik	04.07.2012	Zniszczenie kanalizacji na skutek ulewnych deszczy	http://katowice.gazeta.pl/
Katowice	12.07.2012	Podtopienie piwnic domów na skutek niesprawnej kanalizacji	http://katowice.gazeta.pl/
Osowa	10.02.2011	Nieprawidłowe odprowadzanie wód deszczowych – zalewanie domów, podtopienia aut	http://trojmiasto.gazeta.pl/
Czosnów	09.08.2011	Pozarastane kanały odprowadzające wody –podtopienia budynków mieszkalnych, wylewy z szamb	http://warszawa.gazeta.pl/
Bogatynia	20.08.2010	Nieefektywny system odprowadzania wód deszczowych (pod wpływem zwiększonych dopływów wód wybija kanalizacja burzowa), niedrożność kanałów irygacyjnych – powódź	http://wroclaw.gazeta.pl/

PROBLEMY OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW WYWOŁANE PRZEZ NIEKORZYSTNE ZJAWISKA ATMOSFERYCZNE

Podczas pogody mokrej, w zależności od charakteru zlewni oraz od rodzaju i stanu technicznego kanalizacji, na oczyszczalnię dopływać mogą ścieki o zróżnicowanych parametrach fizykochemicznych oraz w różnej ilości. Na obszarach miejskich spływające po terenie wody deszczowe wykazują wartość stężenia BZT_5 na poziomie 15-30 mg/dm^3 oraz zawartość zawiesin około 200-300 mg/dm^3. Rozcieńczenie ścieków wodami roztopowymi powoduje znaczne obniżenie temperatury ścieków, obniżenie pH, BZT_5, spadek stosunku BZT_5/Pog. Pogarsza się lub całkowicie zostaje zahamowany proces nitryfikacji (Łomotowski i Szpindor, 1999). Z kolei po dłużej trwającym okresie bez opadów wody deszczowe, szczególnie w początkowym okresie deszczu, mogą być znacznie bardziej zanieczyszczone i osiągać stężenie zanieczyszczeń podobne jak w ściekach komunalnych, a nawet je przekroczyć (Bever i in., 1997).

Tabela 2. Problemy pojawiające się na analizowanej oczyszczalni **ścieków** w wyniku oddziaływania ekstremalnych warunków pogodowych oraz możliwe ich rozwiązania
Table 2. Problems arising at wastewater treatment plant as a result of extreme weather conditions and their possible solutions

Rodzaj zagadnienia, problemu	Możliwe rozwiązanie	**Źródło informacji**
Wzrost obciążenia hydraulicznego oczyszczalni	1. Budowa zbiornika retencyjnego 2.Ręczna regulacja dopływu ścieków 3. Kierowanie nadmiaru ścieków rowem odprowadzającym do odbiornika	Oczyszczalnia ścieków – obserwacje na rzeczywistym obiekcie
Mały ładunek zanieczyszczeń ścieków dopływających do oczyszczalni – rozcieńczenie ścieków wodami opadowymi, gruntowymi	Dodatkowy zrzut ścieków z taboru asenizacyjnego; ręczna regulacja dopływu ścieków	Oczyszczalnia ścieków – obserwacje na rzeczywistym obiekcie
Wynoszenie kłaczków osadu czynnego na powierzchnię osadników wtórnych	1. Skrócenie czasu sedymentacji osadu w strefie zagęszczania i usuwania (do 2,5 h) 2. Zabudowa bloków biologicznych oczyszczalni wraz z osadnikami	Oczyszczalnia ścieków – obserwacje na rzeczywistym obiekcie
Puchnięcie osadu w komorach osadu czynnego	Zaszczepienie osadu czynnego innym osadem pochodzącym z oczyszczalni ścieków	Oczyszczalnia ścieków – obserwacje na rzeczywistym obiekcie
Zaburzenie stabilizacji osadu poprzez zmiany temperatury w komorze osadu czynnego	1. Zwiększenie wydajności pomp recyrkulacyjnych, zmniejszenie czasu przetrzymania osadu 2. Zabudowa bloków biologicznych oczyszczalni wraz z osadnikami	Oczyszczalnia ścieków – obserwacje na rzeczywistym obiekcie
Oblodzenie aparatury pomiarowej	1. Wykorzystanie otuliny ze styropianu, montaż ogrzewania elektrycznego 2. Ręczne skuwanie lodu	Oczyszczalnia ścieków – obserwacje na rzeczywistym obiekcie
Zamarzanie krat i skratek	1. Zabudowanie krat, zamontowanie promiennika podczerwieni 2. Ręczne skuwanie lodu	Oczyszczalnia ścieków – obserwacje na rzeczywistym obiekcie
Oblodzenie ścian bloków biologicznych	Ręczne kruszenie lodu	Oczyszczalnia ścieków – obserwacje na rzeczywistym obiekcie
Oblodzenie rur recyrkulacyjnych oraz zgarniaczy osadu	Ręczne kruszenie lodu	Oczyszczalnia ścieków – obserwacje na rzeczywistym obiekcie

Oczyszczalnie ścieków według rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 roku (Dz.U. 2006 nr 137 poz. 984) powinny być zabezpieczone przed dopływem wód opadowych i roztopowych o natężeniu wyższym niż ich przepustowość nominalna. Dodatkowo istnieją metody optymalizacji pracy oczyszczalni ścieków poprzez przeprowadzenie dynamicznych symulacji komputerowych z uwzględnieniem obciążenia oczyszczalni w czasie pogody deszczowej (Mąkinia, 2002). Odprowadzenie wód opadowych do oczyszczalni, za pośrednictwem systemu kanalizacji, w okresie intensywnych opadów może szczególnie negatywnie wpływać na jej pracę. Ilość skratek i piasku usuwanego ze ścieków w czasie opadów wzrasta 5-10 krotnie w stosunku do okresu bezdeszczowego (Górski i in., 2010). Nieskuteczne usunięcie zwiększonych ilości piasku i skratek może stać się przyczyną zapychania rurociągów, gromadzenia osadów w komorach napowietrzania oraz uszkodzenia pomp (Zawilski i Brzezińska, 2003).

OBIEKT BADAWCZY

W pracy podjęto próbę przedstawienia zebranych doświadczeń z zakresu eksploatacji przykładowej, mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków o przepustowości nominalnej 2500 m^3/d w trudnych warunkach atmosferycznych. Analizowana oczyszczalnia położona jest w województwie dolnośląskim, a jej zadaniem jest przyjęcie ścieków komunalnych, doprowadzanych siecią kanalizacji zbiorczej, w większości ogólnospławnej, oraz ścieków dowożonych wozami asenizacyjnymi z całego terenu gminy miejsko-wiejskiej. Część mechaniczna oczyszczalni składa się z hermetycznej stacji zlewczej, komory krat, przepompowni oraz sito-piaskownika. Część biologiczną oczyszczalni stanowią: zbiornik biosorpcji z defosfatacją, dwa reaktory osadu czynnego z wydzielonymi strefami denitryfikacji i nitryfikacji oraz osadniki. Informacje dotyczące funkcjonowania obiektu w różnych warunkach pogodowych uzyskano podczas przeprowadzonych obserwacji w latach 2007-2012, a także od eksploatatora oczyszczalni ścieków. Oczyszczalnia pracuje nieprzerwalnie od 1993 roku uzyskując dobre efekty oczyszczania ścieków, jednak obiekt ten po latach pracy wymagał modernizacji, która to została zakończona w 2009 roku.

WYNIKI PRZEPROWADZONYCH OBSERWACJI I DYSKUSJA

Przykłady najczęściej pojawiających się problemów z zakresu występowania intensywnych opadów i niekorzystnych temperatur na analizowanej oczyszczalni ścieków przedstawiono w tabeli 2. Warto zwrócić uwagę na fakt,

iż przedstawione problemy eksploatacyjne dotyczą zarówno okresu przed jak i po wykonaniu modernizacji obiektu. Po przeprowadzonej w 2009 roku modernizacji zdecydowano się na wykonanie zabudowy bloków biologicznych wraz z osadnikami, stąd problemy związane z zaburzeniem stabilizacji osadu poprzez zmiany temperatury w komorze osadu czynnego obecnie na obiekcie nie są obserwowane.

Intensywne opady czy też roztopy, występujące szczególnie w okresie wiosennym, mogą wywołać zaburzenia pracy osadu czynnego. Pogorszeniu ulegają właściwości sedymentacyjne osadu, który jest wynoszony z osadników wtórnych na skutek przeciążenia hydraulicznego osadnika wtórnego masą osadu. W wyniku przeciążenia obserwuje się skłonność kłaczków osadu do samorzutnego wypływania na powierzchnię oraz zmniejszenie stopnia redukcji BZT_5, fosforu i azotu ogólnego ze ścieków. Osadnik wtórny jest jednym z najistotniejszych elementów biologicznej oczyszczalni ścieków, od którego pracy zależy końcowy wynik procesu oczyszczania. Ważne jest zatem, aby kłaść szczególny nacisk na jego prawidłowe działanie oraz ochronę przed przeciążeniem.

Skutkiem wzmożonych opadów jest również zwiększenie obciążenia hydraulicznego w osadnikach wstępnych, co powoduje spadek sprawności usuwania zawiesin. W czasie trwania spływów powierzchniowych, szczególnie latem, obserwuje się wzrost stężenia azotu amonowego w ściekach po osadnikach wstępnych, co jest wynikiem rozcieńczenia wodami opadowymi i wzrostu szybkości procesu amonifikacji.

Eksploatacja oczyszczalni ścieków może być również zakłócona z powodu długotrwałego występowania niskich temperatur. Trudności w funkcjonowaniu oczyszczalni wynikające z tych niesprzyjających warunków pogodowych szczególnie odzwierciedlają się przy małej ilości ścieków dopływających. Ponadto ujemne temperatury powietrza przyczyniają się do spadku temperatury ścieków, co może utrudniać prawidłowe przeprowadzenie biologicznego oczyszczania ścieków. Zagrożone zamarznięciem mogą być rurociągi, urządzenia do mechanicznego usuwania zawiesin łatwoopadających (piaskowniki) oraz inne silnikowe maszyny występujące na terenie oczyszczalni. W celu zapobiegania negatywnym skutkom oddziaływania niskich temperatur zalecane jest stosowanie materiałów izolacyjnych w postaci styropianu bądź w przypadku maszyn – specjalnego typu olejów oraz osłon przed wiatrem.

Zakres prac związanych z usuwaniem, czy też odpowiednim reagowaniem na skutki zaburzeń pracy oczyszczalni ścieków jak widać jest bardzo rozległy. Szczególnym przypadkiem są uszkodzenia lub zniszczenia elementów oczyszczalni powodujące wycieki nieoczyszczonych lub źle oczyszczonych ścieków do środowiska. W przypadkach zdarzeń tego typu istnieje potrzeba zastosowania nadzwyczajnych środków naprawczych oraz często zaangażowania gminnych służb ratowniczych. Od operatorów oczyszczalni ścieków nie wymagana jest koncepcja opracowania planów ochrony oraz scenariuszy ratunkowych tak jak

w przypadku infrastruktury krytycznej, jednak oczyszczalnie ścieków według ustawy o ochronie osób i mienia (Dz.U. 1997 nr 114 poz. 740) powinny podlegać obowiązkowej ochronie przez odpowiednie zabezpieczenie techniczne. Dodatkowo w drodze decyzji administracyjnej wojewodowie w stosunku do podległych jednostek organizacyjnych mają za zadanie stworzenia ewidencji obiektów i urządzeń podlegających obowiązkowej ochronie. Nakazy działań zmierzających do ochrony i odpowiedniego zabezpieczenia technicznego obiektów są uzasadnione i powinny być szczególnie egzekwowane.

PODSUMOWANIE

Niezawodność funkcjonowania infrastruktury technicznej związanej z oczyszczaniem ścieków i odprowadzaniem wód opadowych utrzymywana jest przede wszystkim poprzez wysiłki operatów tych obiektów, którzy monitorują, planują oraz reagują na skutki powstających zagrożeń. Eksploatacja oczyszczalni ścieków z osadem czynnym często utrudniona jest przez niekorzystne, czasami ekstremalne warunki pogodowe. Długotrwałe opady, spływy powierzchniowe, niskie temperatury mogą stanowić przyczynę pogorszenia właściwości sedymentacyjnych osadu, puchnięcie osadu, awarii urządzeń pomiarowych. Ponadto ze względu na ograniczoną przepustowość oczyszczalni, zjawiska te wpływają na wielkość odpływu kierowanego przez kanały przelewowe do odbiornika, stwarzając tym samym istotne zagrożenie dla jakości jego wód. Ważne jest zatem, aby objąć szczególną uwagą pracę oczyszczalni w okresach intensywnych opadów i roztopów, wykorzystując w tym czasie wszystkie dostępne możliwości kontroli dopływu ścieków i ich regulacji.

W przypadku występowania poważnych uszkodzeń oczyszczalni lub kolektorów kanalizacyjnych i niekontrolowanego odpływu ścieków nieoczyszczonych istotnym stają się plany działań ratowniczych i naprawczych, jak w przypadku infrastruktury krytycznej. W aspekcie możliwości wystąpienia sytuacji kryzysowych sprawa wydaje tym trudniejsza, gdyż wymaga stworzenia odpowiednich scenariuszy działań i ram współpracy z wieloma służbami. Aktualnie w zakresie interesu gospodarczego państwa ochrona oczyszczalni ścieków powinna stać się ważnym przedsięwzięciem dla zapewnienia bezpieczeństwa publicznego oraz zmniejszenia szkód o charakterze ekonomicznym oraz ekologicznym.

LITERATURA

Bever, J., Stein, A., Teichmann, H. (1997). *Zaawansowane metody oczyszczania ścieków*. Wydawnictwo Projprzem-Eko. Bydgoszcz.

Burszta-Adamiak, E. (2011a). Odprowadzanie wód opadowych systemami do podziemnej retencji i infiltracji. *Rynek Instalacyjny, 5*, 48-51.

Burszta-Adamiak, E. (2011b). Zagospodarowanie spływów opadowych za pomocą systemów bioretencji. *Rynek Instalacyjny, 3*, 91-93.

Fidala-Szope, M., Sawicka – Siarkiewicz, H., Koczyk, A. (1997). *Ochrona wód powierzchniowych przed zrzutami burzowymi z kanalizacji ogólnospławnej*. Poradnik. Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa.

Górski, M., Gromiec, M., Jaroszyński, T. (2010). *Poradnik dotyczący gospodarki ściekowej w kontekście wykonania krajowego programu oczyszczania ścieków*. Warszawa.

Kalenik, M. (2009). *Zaopatrzenie w wodę i odprowadzanie ścieków*. SGGW. Warszawa.

Kotowski, A. (2011). O konieczności ujednolicenia zasad tworzenia modeli opadów miarodajnych do wymiarowania kanalizacji w Polsce. *Gaz Woda i Technika Sanitarna, 7/8*, 260-266.

Kuśnierz, M., Łomotowski, J. (2011). *Zjawiska ekstremalne a infrastruktura krytyczna*. Monografia pod red. J. Łomotowskiego Wody opadowe a zjawiska ekstremalne. Wydawnictwo Seidel Przywecki.

Łomotowski, J., Szpindor, A. (1999). *Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków*. Wydawnictwo Arkady. Warszawa.

Mąkinia, J. (2002). Symulacja komputerowa w praktyce projektowania i eksploatacji oczyszczalni ścieków z osadem czynnym. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 9*, 329-335.

Nowogoński, I. (2011). Przelewy burzowe w sieci kanalizacyjnej Głogowa. *Wodociągi i Kanalizacja, 11*, 40-44.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 roku w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. (Dz.U.2006 nr 137 poz. 984).

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2010 r. w sprawie planów ochrony infrastruktury krytycznej (Dz.U. 2010 nr 83 poz. 542)

Schmidt, T.G. (2000). *Komentarz do ATV-A118. Hydrauliczne wymiarowanie systemów odwadniających*. Wydawnictwo Seidel-Przywecki. Warszawa.

Suligowski, Z. (2000). *Kanalizacja*. WUWM. Olsztyn.

Ustawa o ochronie osób i mienia z dnia 22 sierpnia 1997 r. (Dz.U. 1997 nr 114 poz. 740)

Ustawa o zarządzaniu kryzysowym z dnia 26 kwietnia 2007 roku (Dz.U. 2007 nr 89 poz. 590)

Zawilski, M., Brzezińska, A., Bandzierz, D., Badowska, E. (2011). Dynamika zmian ilości i składu ścieków w kanalizacji na podstawie pomiarów on-line. *Gaz Woda i Technika Sanitarna, 11*, 433-437.

Zawilski, M., Brzezińska, A. (2003). Bilans ścieków i ładunków zanieczyszczeń dopływających do oczyszczalni ścieków z uwzględnieniem mokrej pogody. *Ochrona Środowiska, 1*, 37-42.

Dr inż. Magdalena Kuśnierz,
Mgr inż. Elżbieta Świerczek
E-mail: magdalena.kusnierz@up.wroc.pl, elzbieta.swierczek@tlen.pl
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,Instytut Inżynierii Środowiska
Pl. Grunwaldzki 24; 50-363 Wrocław