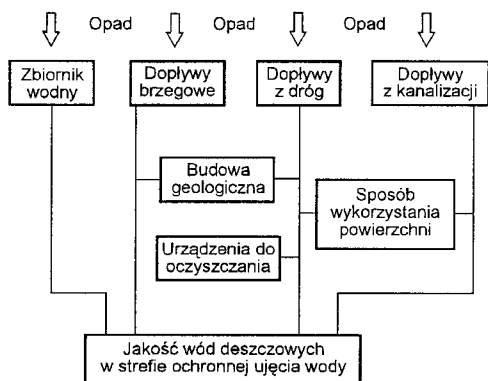


Stanisław A. Rybicki, Stanisław M. Rybicki

## Odprowadzanie i oczyszczanie wód deszczowych w strefach ochronnych ujęć wody

Odprowadzanie i oczyszczanie wód (ścieków) deszczowych stanowi niełatwy i bardzo szeroki problem, dlatego w niniejszej pracy podjęto ten temat w sposób nieco zawężony, tj. jedynie z punktu widzenia ochrony ujęć wody. Znanych jest kilka rodzajów ujęć wody o odmiennej specyfice [1] i każde z nich wymaga ustanowienia stref ochronnych, których zadaniem jest zapewnienie stabilnej wydajności i jakości wody. Zakres niezbędnych przedsięwzięć podejmowanych w tym celu jest zróżnicowany, zależny głównie od rodzaju ujęcia i warunków lokalnych.



Rys. 1. Pochodzenie wód deszczowych dopływających do strefy ochronnej ujęcia i czynniki zmieniające ich jakość

Wody deszczowe mogą oddziaływać na strefy ochronne w różnym stopniu i w odmienny sposób (rys. 1). Dwa przeciwstawne przykłady, ze względu na stopień zagrożenia przez wody deszczowe, to:

– ujęcia wody ze zbiorników zaporowych i jezior, do których wody opadowe dostają się bezpośrednio, a także wprowadzane są przez dopływy powierzchniowe ze zlewni; stopień zagrożenia jakości wód ujmowanych w ten sposób w znacznym stopniu zależy od ładunków zanieczyszczeń wprowadzanych przez wody deszczowe,

– ujęcia wód podziemnych z głębokich poziomów wodonośnych, dobrze izolowanych od powierzchni, których zasoby nie są bezpośrednio zagrożone przez wody deszczowe.

### Zagrożenia powodowane przez wody deszczowe

Już podczas trwania deszczu następują niekorzystne zmiany jakości wody, na skutek jej kontaktu z zanieczyszczeniami zawartymi w powietrzu atmosferycznym. Przy występującym w Polsce średnim zanieczyszczeniu powietrza, na lustro wody

zbiornika o powierzchni 1000 ha opada rocznie 13700 kg azotu ogólnego, 472 kg fosforu ogólnego, 24000 kg siarczanów, 33,8 kg ołowiu i 3,17 kg kadmu [2]. Oprócz tego do zbiornika dopływają zanieczyszczenia wzdłuż linii brzegowej, a ich ładunki zależą od sposobu wykorzystania powierzchni i nachylenia terenu. Jeżeli jest ono strome, wówczas mogą się dodatkowo pojawiać procesy abrazyjne. Przy wszystkich rodzajach wód powierzchniowych występują także produkty erozji gleb, a nawet podłoża gruntowego. Procesy te są stymulowane szczególnie przez intensywne opady. Z danych dotyczących okolic Krakowa wynika, że w niektórych warunkach ilość materiału unoszonego przez spływy deszczowe może sięgać od 10 tys. g/m<sup>3</sup> nawet do 70 tys. g/m<sup>3</sup> (przy lawinie błotnej). Dalsze czynniki, które powodują zanieczyszczenie wód deszczowych to:

- materiały znajdujące się na powierzchniach, po których spływa woda,
- materiały powstające na skutek wykorzystywania powierzchni zlewni do różnych celów (łącznie z obiektami komunikacyjnymi),
- awarie występujące na obszarach zlewni, a w szczególności w pasie drogowym.

Do czynników istotnych dla ilości tych zanieczyszczeń należą charakterystyka wykorzystania powierzchni, rodzaje gleb i struktura upraw, intensywność i technika nawożenia, predkość i kierunek wiatrów i ekspozycje na te zjawiska, czas zalegania pokrywy śniegowej itp. Rozwój ruchu samochodowego w Polsce powoduje, że wzrasta rola zanieczyszczeń spływających z ulic, dróg i placów [3]. Zależą one od gęstości sieci dróg, natężenia ruchu, rodzaju przewożonych ładunków, rodzaju nawierzchni, sposobu zwalczania śliskości pośniegowej, umocnienia powierzchni skarp pasa drogowego, a także od stanu technicznego pojazdów, rodzaju stosowanego paliwa, techniki jazdy, płynności ruchu itp. Do przedstawionych wyżej czynników technicznych dochodzą także inne, nietechniczne, do których należy ogólny poziom wiedzy ekologicznej społeczeństwa, kultura techniczna użytkowników dróg oraz personelu eksploatacyjnego itp.

Zanieczyszczenia powodowane przez ruch samochodowy pojawiają się na powierzchni jezdni i przyległym terenie. Charakterystyka emitowanych ładunków jest funkcją wielu czynników, przy czym szczególne znaczenie ma natężenie ruchu samochodowego. Już wiele lat temu podawano, jakie ilości emitowanych zanieczyszczeń mogą przypadać na os samochodu i kilometr drogi. Wagowo najczęściej jest zawieszin (wśród nich cząstki gumi), następnie wymienia się os, tłuszcze i oleje, fosforany, wszystkie formy azotu oraz chrom, miedź, nikiel, cynk, kadmi i rtęć. Znaczne są stężenia substancji

Tabela 1. Średnie stężenia zanieczyszczeń w spływach deszczowych z dróg [3]

Kraj	Natężenie ruchu tys. poj. na dobę	Zawiesiny ogólne, g/m <sup>3</sup>		ChZT, gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>		WWA, g/m <sup>3</sup>		Ołów, gPb/m <sup>3</sup>	
		rzeczywiste	sprowadzone	rzeczywiste	sprowadzone	rzeczywiste	sprowadzone	rzeczywiste	sprowadzone
Szwajcaria	32	150	56	120	45	0,0045	0,0017	0,45	0,17
Niemcy	41+90	140+310	73	107+230	62	0,003+0,048	0,0046	0,03+0,41	0,11
Polska	12	292	292	362	362	0,0042	0,0042	0,18	0,18

Liczby w kolumnach „rzeczywiste” odnoszą się do natężenia pojazdów podanego w drugiej kolumnie, natomiast liczby w kolumnach „sprowadzone” są przeliczone na natężenie ruchu równe 12 tys. pojazdów na dobę

oznaczanych jako ChZT. Wzajemne proporcje zanieczyszczeń i ich ładunki jednostkowe zmieniają się między innymi w wyniku postępu technicznego. Ładunki te kumulują się na jezdni i jednocześnie są ograniczane, np. na skutek naturalnego lub wymuszonego ruchu powietrza.

Według danych niemieckich [4], na powierzchni jednej z autostrad stwierdzono obecność takich zanieczyszczeń, jak siarczany (3,3 gSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/m<sup>2</sup>), azot amonowy (0,78 gN/m<sup>2</sup>), azot azotanowy (0,74 gN/m<sup>2</sup>), rozpuszczony węgiel organiczny (1,9 gC/m<sup>2</sup>), fosfor ogólny (0,03 gP/m<sup>2</sup>), ołów (0,048 gPb/m<sup>2</sup>) i kadm 0,0005 gCd/m<sup>2</sup>). Wody opadowe w zlewni tej autostrady już przed kontaktem z jezdnią zawierały pewne ilości zanieczyszczeń wyniesionych z powietrza atmosferycznego, do których należały siarczany (3 gSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/m<sup>3</sup>), rozpuszczony węgiel organiczny (1,9 gC/m<sup>3</sup>), ołów (0,08 gPb/m<sup>3</sup>) i kadm (0,003 gCd/m<sup>3</sup>). W spływach deszczowych z tego obiektu średnie stężenia wskaźników zanieczyszczeń były następujące: siarczany 16 gSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/m<sup>3</sup>, azotany 1,5 gN/m<sup>3</sup>, rozpuszczony węgiel organiczny 6,0 gC/m<sup>3</sup>, ołów 0,25 gPb/m<sup>3</sup> i kadm 0,03 gCd/m<sup>3</sup>. W tabeli 1 przedstawiono dane dotyczące średnich stężeń zanieczyszczeń w wodach deszczowych spływających z dróg [3] oraz dane przeliczone dla takiego samego natężenia ruchu pojazdów. Dane podstawowe pochodzące z początku lat dziewięćdziesiątych wykazały, że stężenia zawiesin były w Polsce wyraźnie wyższe niż w pozostałych krajach europejskich, natomiast niższe stężenia ołowiu wg danych niemieckich mogły być rezultatem powszechnego stosowania benzyny bezołowiowej już w tamtych latach.

Stężenia zanieczyszczeń w spływach deszczowych z autostrad zmieniają się w bardzo szerokich granicach, np. zawartość zawiesin może wynosić 5+800 g/m<sup>3</sup> (śr. 136 g/m<sup>3</sup>), ChZT – 5+700 gO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (śr. 98 gO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>), ekstrakt eterowy – 5+25 g/m<sup>3</sup> (śr. 6,8 g/m<sup>3</sup>). Dla wód roztopowych wartości te są dużo wyższe, np. stężenia zawiesin sięgają 2000 g/m<sup>3</sup> (maksymalnie nawet 6 tys. g/m<sup>3</sup>), ekstrakt eterowy średnio 50 g/m<sup>3</sup>, a maksymalnie – 150 g/m<sup>3</sup> [5].

Wody podziemne, które nie są dostatecznie odizolowane od kontaktu ze spływami powierzchniowymi, również mogą ulegać zanieczyszczeniu przez wody deszczowe. Przebieg

zmian jakości wód podziemnych zależy od budowy geologicznej, przepuszczalności gruntu oraz od intensywności procesu infiltracji wód deszczowych do podłoża. Istotne znaczenie ma także charakterystyka zanieczyszczeń tych wód i ich podatność na przemiany podczas przepływu przez warstwę gruntu. Przy spływach wód deszczowych z dróg mogą dostawać się do gruntu zawiesiny, substancje organiczne (oznaczane jako ChZT i ekstrakt eterowy), metale ciężkie, siarczany i chlorki. Szczególnie niebezpieczne dla wód podziemnych może być np. uszkodzenie podziemnego zbiornika oleju napędowego. W wypadku tego typu, znanym autorom artykułu, nastąpiło zanieczyszczenie wody podziemnej objawiające się w pobliżu zbiornika wartością ekstraktu eterowego 181 g/m<sup>3</sup>, przy czym w miarę oddalania się od zbiornika, zgodnie z kierunkiem spływu wód podziemnych, stężenie to obniżyło się do 36+56 g/m<sup>3</sup>, a w dalszej odległości do 3+8 g/m<sup>3</sup>. Zanieczyszczenia awaryjne mogą dotyczyć różnych materiałów i powstają w różnych okolicznościach i miejscach. Dane dotyczące występowania zanieczyszczeń awaryjnych w zlewni rzeki Ruhr podano w tabeli 2. Awarie typowe dla dróg, związane z ruchem pojazdów na drogach, stanowią niewielką część ogółu awarii. Ilości materiałów, które przedostają się na pas drogowy podczas awarii są zróżnicowane, przy czym jako wartość największą podaje się często 30 m<sup>3</sup>.

### Ograniczenie zanieczyszczenia wód deszczowych

Ponieważ na stopień zanieczyszczenia wód deszczowych zawsze oddziałuje stan czystości powietrza atmosferycznego i powierzchni terenu, dlatego też – w miarę możliwości – ujęcia wody, szczególnie powierzchniowej, a także ich strefy ochronne, powinny być zlokalizowane na obszarach o korzystnych cechach środowiska naturalnego. Obiekty te powinny być zabezpieczone przed doprowadzeniem wód deszczowych z obszarów intensywnie wykorzystywanych gospodarczo, tj. z osiedli i dróg, zwłaszcza o dużym obciążeniu ruchem pojazdów. W wypadku gdy pobór wody następuje z cieką, który powyżej ujęcia jest wykorzystywany jako odbiornik ścieków sanitarnych i deszczowych, należy bardzo wnikliwie przeanalizować

Tabela 2. Zestawienie awaryjnych zanieczyszczeń wody w zlewni rzeki Ruhr [7]

Przedział czasu	Awarie ogółem	Rodzaj zanieczyszczeń						Przyczyny, miejsce wystąpienia						Sprawcy	
		materiały pędne		metale ciężkie		ścieki		wypadki komunikacyjne		zakłady przemysłowe		nieznane		znani	nieznani
		liczba	%	liczba	%	liczba	%	liczba	%	liczba	%	liczba	%	liczba	%
1980–1989	180	59	32	15	8	4	2	11	6	55	30	85	47	50	50
1996	16	4	25	3	19	–	–	–	–	5	31	6	38	56	44
1997	16	4	25	1	6	3	19	–	–	6	38	5	31	69	61
1998	16	6	38	–	–	2	13	–	–	7	44	3	19	75	25
1999	8	4	50	1	13	–	–	–	–	3	38	1	13	100	–
1990–1999	163	72	43	12	7	8	5	8	5	51	31	61	37	61	39

system kanalizacji na danym terenie. Wiele zalet wykazuje system półrozdzielczy. Ścieki odpływające przelewami należy także oczyszczać w niezbędnym stopniu. Przy drogach projektowanych lub modernizowanych, szczególnie bardziej obciążonych, wykorzystywanych do przewozu materiałów niebezpiecznych, korzystnym rozwiązaniem jest odsunięcie trasy od linii brzegowej rzeki, a tym bardziej jeziora czy zbiornika zaporowego. Takie działania wymagają dobrej współpracy projektantów dróg i stref ochronnych już przy wstępnych opracowaniach planistycznych. Opanowanie zjawisk erozyjnych, a w każdym razie ich zminimalizowanie, jest ważnym zadaniem, które należy zrealizować na obszarach ochronnych. Zwykle trwa to wiele lat, lecz wiele krajów uporało się już z tym problemem.

Rzadko do tej pory stosowanym sposobem prewencji jest informowanie kierowców, że wjeżdżają na obszar strefy ochronnej ujęcia wody. Obowiązuje ich zatem szczególna ostrożność. W wypadku wystąpienia awaryjnego zanieczyszczenia pasa drogowego powinien być stosowany określony sposób postępowania, dotyczący wszystkich obecnych przy tym wydarzeniach. Podstawowe znaczenie ma zawiadomienie straży pożarnej o awarii. Celowe jest przygotowanie przez użytkowników ujęć zasilanych przez zlewnie, w których występują takie zagrożenia, konkretnych planów zwalczania zanieczyszczeń awaryjnych dróg [8]. Kolejną możliwością, dość często wykorzystywaną, to wyłączenie niektórych odcinków dróg, oddziałujących na jakość dopływów do ujęć wody, z ruchu pojazdów przewożących ładunki niebezpieczne. Realizuje się to przez ustawienie znaku drogowego zakazu wjazdu z materiałami, które mogą skażić wodę. Pasy zadrzewień przydrożnych ograniczają także wpływ zanieczyszczeń powstających na drogach na przyległe tereny [5].

Istotny udział w ładunku zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery, a następnie do wód deszczowych, przypada na ruch pojazdów samochodowych. Jednym z ważnych pozytywnych czynników jest płynność ruchu pojazdów, z prędkością w określonym przedziale. Wówczas występuje kilkakrotnie niższa emisja (np. węglowodorów) w stosunku do jazdy z ekstremalnymi prędkościami i zmianami prędkości ruchu (hamowanie i gwałtowne przyspieszanie). Dlatego odgałęzienia dróg i zjazdy autostradowe są szczególnie niepożądanym obiektem w strefach ochronnych ujęć wody. Ich umiejscowienie w obszarach strefy, o ile jest taka konieczność, powinno być możliwie odległe od obiektów ujęcia.

Oczyszczanie (zamiatanie) powierzchni jezdni, np. przy pomocy urządzeń obrotowo-ssawnych powoduje (przy prowadzeniu co najmniej dwa razy w roku) istotne zmniejszenie ilości zdeponowanych zanieczyszczeń, a zatem wpływa także na obniżenie stopnia zanieczyszczenia wód. Zwalczanie śliskości pośniegowej prowadzić należy w sposób korzystny dla środowiska, rezygnując ze środków, które pogarszają jakość wód.

## Odprowadzanie wód deszczowych

Sposób odprowadzania wód deszczowych powinien wykluczyć ich stagnację, a także niekontrolowane spływy do odbiorników i przyległy teren. Spływ wody z całego pasa drogowego powinien zostać skierowany do uszczelnionego rowu lub przewodu zamkniętego. Niweleta dna tych ciągów powinna być skierowana do urządzeń oczyszczających i następnie odprowadzeń do odbiornika, które należy przewidzieć

w racjonalnych odstępach. Wtedy można łatwo sprawdzać odpływy do odbiornika i w razie potrzeby modyfikować urządzenia oczyszczające wody deszczowe. Na wielu istniejących drogach, nawet przy korzystnym ukształtowaniu terenu, nie wykonano takich odprowadzeń, na skutek czego woda infiltruje do podłoża wzdłuż całej długości skarpy. W wypadku ustanawiania strefy ochronnej na takim terenie należy przebudować istniejący sposób odwodnienia drogi, co może być na niektórych obszarach bardzo trudne, między innymi ze względu na sprawy własnościowe.

Realizacja stref ochronnych, przy istniejącej sieci dróg, uwidacznia zagrożenia, które istniały od dawna, ale były tolerowane. Duże znaczenie ma rodzaj materiałów zastosowanych do budowy nasypów drogowych. W jednym wypadku, znanym autorom artykułu, wykorzystano do tego celu odpady formierskie o lepishczu fenolowym, na skutek czego przez wiele lat występowała podwyższona zawartość fenolu w wodzie rzecznej. Inny przykładem może być wykorzystanie do budowy lokalnych dróg odpadów z huty aluminium. Przez pewien czas występowały w wodach podziemnych zwiększone stężenia fluoru wprowadzanego do gruntu przy infiltracji wód deszczowych.

Prowadzenie robót przy remontach istniejących, a także budowie nowych dróg stwarza kolejne zagrożenia. Do wody mogą spływać materiały pędne, składniki niezwiązanych mas nawierzchniowych itp. Autorom artykułu znany jest wypadek tak silnego zanieczyszczenia wody spływającej z placu składowego, że uległ niekorzystnej zmianie nawet intensywny smak soku z czarnej porzeczki, którego wytwórnia korzystała z ujęcia na rzece odwadniającej obszar wytwórni mas nawierzchniowych.

Rowy stanowiące odwodnienie dróg położonych w obrębie stref ochronnych ujęć wody powinny być wyłożone folią przykrytą warstwą gruntu nieprzepuszczalnego o grubości minimum 30 cm [9]. Przewody zamknięte należy wykonać tak, by eksfiltracja wody była minimalna. Przy wymiarowaniu przekrojów poprzecznych przewodów odprowadzających wody deszczowe należy bardzo wnikliwie ustalić natężenie deszczu miarodajnego. Przyjmowane częstotliwości przepełnień jak dla kanałów drugorzędnych nie jest tu uzasadnione. Przepełnienie kanału ulicznego zwykle nie powoduje takich skutków, jak zbyt mała przepustowość urządzeń odprowadzających spływy deszczowe w strefach ochronnych ujęć wody. Szczegółowo należy opracować sposób odprowadzenia wód deszczowych z obszarów ochronnych, które znajdują się poniżej zwierciadła wody, np. w okresie przepływu wód powodziowych. Zasady ochrony terenów przed powodzią przewidują znacznie wyższy stopień pewności, niż zalecany przy wymiarowaniu kanałów deszczowych w pasach dróg.

Prawidłowy sposób odprowadzenia wód deszczowych jest koniecznym warunkiem zabezpieczenia stref ochronnych ujęć wody, jednak nie zawsze jest warunkiem wystarczającym do ochrony jakości wód. W szczególnych wypadkach, oprócz zmniejszenia zagrożenia, między innymi przez prawidłowe odprowadzenie wód deszczowych, konieczne jest wprowadzenie automatycznego monitoringu jakości wody dopływającej do ujęcia. Analizatory do oznaczania zawartości węglowodorów, pochodnych ropy naftowej, mętności itp. stanowią istotne elementy tego monitoringu. Oczywiście konieczne jest bieżące wykorzystywanie tych informacji przy eksploatacji stacji wodociągowych.

## Oczyszczanie wód deszczowych

Wody deszczowe mogą być oczyszczane w różnym stopniu i w odmienny sposób, przy czym poprawa jakości wody opadającej bezpośrednio na akwen może nastąpić wyłącznie przez zmniejszenie stopnia zanieczyszczenia powietrza.

Wody deszczowe z obszaru przyległego do brzegu rzeki, jeziora lub zbiornika zaporowego, dopływające wzdłuż linii brzegowej, mogą być kierowane na usytuowane wzdłuż brzegów pasy trwałych użytków zielonych o szerokości 100+300 m i więcej [17]. W ten sposób można zatrzymać część zanieczyszczeń zawartych w spływach deszczowych, jednakże istotne znaczenie ma zawsze ograniczenie przyczyn powodujących zanieczyszczenie tych spływów. W skuteczny sposób można oddziaływać na jakość wód deszczowych odprowadzanych z terenów skanalizowanych, a także z placów i dróg, jeżeli spływy te są kierowane do odpowiednich urządzeń.

Ładunek zanieczyszczeń zawartych w wodach deszczowych z obszarów zabudowanych odpowiada znacznej części ładunku ścieków sanitarnych. Na przykład w zlewni rzeki Ruhr, liczącej 4480 km<sup>2</sup>, ładunki ChZT zawarte w wodach deszczowych i rzutach z kanalizacji rozdzielczej stanowią przeszło 50% ładunków odprowadzanych w ściekach oczyszczonych [7].

Możliwe są różne układy oczyszczania wód deszczowych, np. korzystne efekty daje oczyszczanie odpływów z przelewów burzowych na kanalizacji ogólnospławnej, skojarzone z oczyszczaniem ścieków sanitarnych [10]. Istotną rolę odgrywają zbiorniki retencyjne i osadniki zlokalizowane przy oczyszczalni ścieków. Zatrzymany w nich osad jest kierowany do oczyszczalni ścieków. Od pewnego czasu analizuje się celowość segregacji wód deszczowych na obszarach osiedli. Znaczną ich część, po koniecznym oczyszczeniu, kieruje się do gruntu lub do innego wykorzystania. Tylko pozostała część dopływa do kanalizacji. Liczbowo więcej jest jednak obiektów przeznaczonych do oczyszczania spływów z dróg.

Urządzenia do oczyszczania ścieków deszczowych są bardzo różnicowane, aczkolwiek nie zauważa się w nich prężności odkryć [11]. Kilkadziesiąt firm stara się ustawicznie ulepszać swoje wyroby. Są one wykonywane dla różnych wydajności i odmiennych wymagań dotyczących efektywności ich działania. Większość urządzeń jest dostosowana do usuwania różnych postaci zawiesin, oleju i ropopochodnych, raczej dla niewielkich wydajności. Dużo uwagi przykładają się do tego, aby rozwiązania urządzeń były przyjazne dla środowiska, także pod względem formy. Pierwsze obiekty przeznaczone do odprowadzania wód deszczowych z autostrad były żelbetowymi zbiornikami [12]. Założenia przyjmowane przy ich projektowaniu przewidywały możliwość samoczynnego zatrzymania całej ilości olejów (lub innych podobnych substancji), które mogły wypłynąć z cysterny o pojemności 30 m<sup>3</sup>. Najczęściej były to obiekty łączące funkcję zbiornika retencyjnego i łapacza oleju. Występowało tu zjawisko sedymentacji i naturalnej flotacji. Nieco później (1975 r.) dla jednej ze stref ochronnych w Polsce istniejącej przy zbiorniku zaporowym, uzupełniono te możliwości technologiczne o proste urządzenia do koalescencji [13].

Obecne rozwiązania są dostosowane do różnych kryteriów dotyczących jakości wody oczyszczonej. Na ogół podwyższa się wymagania dotyczące efektywności usuwania zawiesin. Na przykład polskie przepisy [9] zalecają, by zatrzymać cząstki o średnicy powyżej 50 μm. W wypadku gdy konieczne

jest usunięcie substancji ropopochodnych do niskich stężeń, stosowane są wkłady koalescencyjne z różnych materiałów [14].

Przepisy obowiązujące w Polsce [15] nie stwarzają jednoznacznych podstaw do wymiarowania obiektów i urządzeń przeznaczonych do oczyszczania wód deszczowych. Między innymi brak w nich powiązań między charakterystyką odbiornika i ładunkami zanieczyszczeń wprowadzanych wraz ze spływami deszczowymi [11].

Przy wymiarowaniu urządzeń przeznaczonych dla odwodnienia dróg samochodowych obowiązuje norma PN-S-02204 [9]. Jej rozdział 3 „Wymagania ekologiczne” zawiera ogólne zalecenia dotyczące odprowadzenia spływów deszczowych z dróg. Rozdział 4 „Obliczenia projektowe” podaje sposoby określenia stężeń zawiesin i ekstraktu eterowego w wodach. Dla ilustracji można podać, że dla drogi czteropasmowej przy natężeniu ruchu 10 tys. pojazdów na dobę (w obu kierunkach) w obszarach niezabudowanych stężenie zawiesin ogólnych wynosi 185 g/m<sup>3</sup>, zaś dla natężenia ruchu 100 tys. pojazdów na dobę stężenie to wynosi 305 g/m<sup>3</sup>.

Stężenie zanieczyszczeń oznaczonych jako ekstrakt eterowy zaleca się przyjmować jako 8% stężenia zawiesin. Jak wynika z zaleceń tej normy, przy natężeniu ruchu 100 tys. pojazdów na dobę stężenie ekstraktu eterowego wynosi 24,4 g/m<sup>3</sup>. Dopuszczalna wartość ekstraktu eterowego przy wprowadzaniu ścieków do wód i ziemi wynosi 50 g/m<sup>3</sup> [15]. Nie są zatem wg normy [9] konieczne urządzenia do usuwania tych substancji, natomiast zawartość zawiesin należy obniżyć do 50 g/m<sup>3</sup>. W obszarach zabudowanych zaleca się przyjmować stężenie zawiesin 365 g/m<sup>3</sup> (dla natężenia ruchu 100 tys. pojazdów na dobę). Ilości te są znacznie niższe od występujących w naszych warunkach [5,11]. Norma [9] wymaga (pkt 3.1.8.) „wykonywania okresowych pomiarów stężeń zanieczyszczeń w spływach deszczowych z odcinków dróg, na których średnioroczne natężenie ruchu w obu kierunkach jest wyższe od 50 tys. pojazdów rzeczywistych na dobę. Pomiaru te powinny stanowić podstawę do ewentualnego uzupełnienia systemu odwodnienia drogi o urządzenia oczyszczające”. Zatem dla niższego natężenia ruchu nie zaleca się innego sposobu wymiarowania urządzeń oczyszczających jak podany w normie [9]. Dla całego obszaru Polski przewidziano w tej normie jako miarodajny do wymiarowania urządzeń odpływ z opadów o natężeniu 15 dm<sup>3</sup>/s-ha.

Zalecenia przyjmowane w Niemczech, dotyczące wymiarowania obiektów do odprowadzania i oczyszczania wód deszczowych [16], różnią się w sposób zasadniczy od polskiej normy [9]. Uwzględniają one następujące czynniki:

- stopień zanieczyszczenia powietrza,
- charakterystykę wykorzystania powierzchni, z której odprowadza się wody deszczowe; intensywność ruchu pojazdów różnicowana jest w następujących przedziałach: 300+5000 pojazdów na dobę, 5000+15000 pojazdów na dobę i powyżej 15000 pojazdów na dobę,
- powierzchnia zlewni uszczelnionej,
- charakterystyka odbiornika,
- krytyczna intensywność deszczu.

Zależnie od tych czynników dobiera się odpowiednie urządzenia do oczyszczania wód deszczowych. Przebieg obliczeń jest bardzo prosty, można dobrać wiele różnych rozwiązań urządzeń oczyszczających. Zwraca się uwagę, by urządzenia te nie powodowały zanieczyszczeń wód podziemnych.

## Uwagi końcowe

Strefy ochronne ujęć wody obejmują znaczne powierzchnie terenu. Przykładowo, w bardzo uprzemysłowionym niemieckim landzie Nadrenii-Westfalii łączna powierzchnia stref wynosi około 6300 km<sup>2</sup>, co stanowi 18% obszaru landu. Zlewnia rzeki Ruhr, z której pobiera wodę 27 zakładów wodociągowych dla przeszło 5 milionów mieszkańców, liczy 4480 km<sup>2</sup>. Gęstość zaludnienia sięga 460 osób/km<sup>2</sup>. Przebiegają tędy setki kilometrów autostrad, które są bardzo silnie obciążone ruchem pojazdów. W celu ochrony jakości wód zrealizowano tu 95 oczyszczalni ścieków, dla około 3,7 mln mieszkańców równoważnych. Aż 93% tych obiektów dysponuje urządzeniami do chemicznego strącania fosforu. Na 478 wylotach spływów opadowych do wód powierzchniowych wybudowano obiekty do oczyszczania wód deszczowych. Pojemność tych obiektów wynosiła w 1999 r. około 500 tys. m<sup>3</sup>, co stanowiło około 8% średniego dobowego przepływu w rzece. Przewiduje się budowę dalszych obiektów.

Ważną rolę w większości wypadków spełnia retencjonowanie odpływu, zawsze poprzedzone lub połączone z jego wstępnym oczyszczaniem. Jak wynika z liczb podanych wyżej, przeciętna pojemność samodzielnych obiektów do oczyszczania wód deszczowych przekracza 1000 m<sup>3</sup>. Rezultat kompleksowych działań prowadzonych od wielu lat i obejmujących ograniczenie zanieczyszczeń obszarowych, opanowanie erozji, daleko posunięte oczyszczanie ścieków oraz wód deszczowych jest bardzo pozytywny i wyraźny, przy intensywnym wykorzystaniu gospodarczym obszaru zlewni.

Stan jakości wody rzeki Ruhr w jej dolnym biegu wg [7] jest następujący (wartości średnie roczne, w nawiasach wartości maksymalne z osłonowej stacji ostrzegawczej): azot amonowy 0,39 (0,91) gN/m<sup>3</sup>, utlenialność 3,5 (10) gO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, fosfor ogólny 0,12 (0,52) gP/m<sup>3</sup>, OWO 2,92 (8,1) gC/m<sup>3</sup>, chlorofil-a 0,016 (0,092) g/m<sup>3</sup>, kadm 0,0016 (0,0015) gCd/m<sup>3</sup>, chlor 0,0013 (0,021) gCl<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Mętność wody była badana 50-krotnie w ciągu roku. Próbkę pobierano w przekroju odległym o około 9 km od stacji badawczej. Średnia mętność wynosiła 8,9 FNU (1,9+55,4 FNU), przy czym mętność o prawdopodobieństwie występowania 90% wynosiła 18,6 FNU, zaś dla 50% – 5,1 FNU (niemiecka jednostka mętności w skali formazynowej). Urządzenia do oczyszczania wód deszczowych miały wyraźny udział w osiągnięciu tego korzystnego stanu.

W naszym kraju oczyszczanie wód deszczowych specjalnie ze względu na wymagania stref ochronnych ujęć ma do tej pory charakter raczej sporadyczny. Bardziej intensywnie rozwija się oczyszczanie tych spływów w obszarach silnie zabudowanych, szczególnie tam, gdzie występują odbiorniki o małych przepływach. Interesujące doświadczenie eksploatacyjne zebrano na obszarze Łodzi [18].

Budowa autostrad wymaga przedsięwzięć ochronnych dla środowiska naturalnego w szerokim zakresie dotyczącym także problemów odprowadzania wód deszczowych. Dotychczasowe doświadczenia realizacyjne potwierdzają wysoki stopień złożoności tego problemu i konieczność podjęcia stosownych rozważań, już w początkowej fazie programowania budowy autostrad [19].

Nowe wymagania dotyczące jakości wody do picia [20] spowodują konieczność efektywnego działania wszystkich czynników, które oddziałują na jakość ujmowanych wód. Należą do nich strefy ochronne ujęć wody, z istotnym problemem wód deszczowych.

## LITERATURA

1. S. A. RYBICKI, S. M. RYBICKI: Odprowadzanie i oczyszczanie wód deszczowych w strefach ochronnych wodociągów. Mat. sem. ATV-DVWK „Odprowadzanie i oczyszczanie ścieków deszczowych”, PZITS, Wrocław 2000.
2. R. TWAROWSKI: Charakterystyka fizyczno-chemiczna wód opadowych i wielkości deponowanych zanieczyszczeń z opadem atmosferycznym w województwie łódzkim. Mat. konf. „Odprowadzanie i oczyszczanie spływów deszczowych”, PZITS, Łódź 2000, ss. 1–19.
3. B. OSMÓLSKA-MRÓZ: Problemy środowiska wodnego w rejonach dróg. Instytut Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych, mat. sem. nr 11, Warszawa 1997, ss. 65–83.
4. A. GRAU: Regenwasserversickerung auf kleinen Grundstücken. Mat. sem. ATV-DVWK „Odprowadzanie i oczyszczanie ścieków deszczowych”, PZITS, Wrocław 2000.
5. H. SAWICKA-SIARKIEWICZ: Jakość wód i ścieków opadowych z elementarnych zlewni o różnym zagospodarowaniu. Mat. konf. „Ochrona jakości i zasobów wód”, PZITS, Zakopane-Kościelisko 2000, ss. 237–244.
6. J. CURZYDŁO, M. RAK, M. CURZYDŁO: Wpływ pasowych zadrzewień przydrożnych i lasów na rozprzestrzenianie się toksycznych składników spalin samochodowych. Mat. konf. „Ochrona środowiska w budowie i eksploatacji autostrad”, PZITS, PKE, Toruń 1999, ss. 101–110.
7. Ruhrwassergüte 1999, Auswertung von Alarmfällen im Ruhreinzugsgebiet für die Zeit von 1990–1999. Ruhrverband 2000, S. 80–84.
8. S. A. RYBICKI: Wstępny plan interwencyjny ochrony ujęcia. Przedsiębiorstwo Komunalne, Bielsko-Biała 1997.
9. PN-S-02204. Drogi samochodowe; odwodnienie dróg, 1997.
10. K. R. IMHOFF: Weitergehende Niederschlagabflussbehandlung. Wasser-Berlin 1993, S. 27–31.
11. M. ZAWILSKI: Techniczne możliwości zagospodarowania ścieków opadowych. Mat. konf. „Odprowadzanie i oczyszczanie spływów deszczowych”, PZITS, Łódź 2000, ss. 31–45.
12. W. ANNEN: Zur Gestaltung von Rückhaltbecken bei der Entwässerung von Fernstrassen. GWF Wasser-Abwasser, 1967, No. 2, S. 46–48.
13. S. A. RYBICKI: Wybrane problemy projektowania strefy ochronnej ujęcia ze zbiornika zaporowego. Mat. sem. projektantów, Zakopane 1980, ss. 29–58.
14. M. LEBIEDOWSKI, J. PALCZEWSKA, P. WYPŁOSZ: Separatory koalescencyjne z wkładem włókninowym dla systemów usuwania wód deszczowych z dróg i autostrad. Mat. konf. „Odprowadzanie i oczyszczanie spływów deszczowych”, PZITS, Łódź 2000, ss. 59–70.
15. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r., w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzone do wód lub do ziemi. Dziennik Ustaw nr 116, poz. 503.
16. M. UHL: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, ATV-Merkblatt M 153. Mat. sem. ATV-DVWK „Odprowadzanie i oczyszczanie ścieków deszczowych”, PZITS, Wrocław 2000.
17. Ruhrwassergüte 1994. Aktueller Stand der Schutzgebieteausweisungen für die Ruhrwasserwerke und Anwendbarkeit des novellierten DVGW-Arbeitsblattes W 101 in künftigen Wasserschutzgebietenverfahren. Ruhrverband, 1995, S. 114–116.
18. M. SKARZEWSKI: Problemy eksploatacji kanalizacji deszczowej na terenie m. Łodzi. Mat. konf. „Odprowadzanie i oczyszczanie spływów deszczowych”, PZITS, Łódź 2000, ss. 87–95.
19. J. OŻANA, G. SKAPLAK: Odprowadzenie i oczyszczanie wód opadowych z nowobudowanych autostrad. Mat. sem. ATV-DVWK „Odprowadzanie i oczyszczanie ścieków deszczowych”, PZITS, Wrocław 2000.

20. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 4 września 2000 r., w sprawie warunków, jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrze-

by gospodarcze, woda w kąpieliskach oraz zasad sprawowania kontroli jakości wody przez organy Inspekcji Sanitarnej. Dz. Ustaw nr 82, poz. 937.

---

### **Collection and Treatment of Rain Water Runoff in the Vicinity of Municipal Water Intakes**

*Polluted rain water runoffs have always raised serious environmental problems especially in the vicinity of intakes for municipal water supply. Rain water is known to carry a considerable load of organic and mineral pollutants (TOC, nitrogen, phosphorus, heavy metals). In this paper, particular consideration has been given to the runoff coming from road and motorway nets, which is additionally polluted with oil derivatives, as well as some toxic substances released to the environment by spills.*

*Making use of his own results and of the experimental data reported in specialized literature, the author provides examples of how the rain water pollutants contribute to the degradation of surface watercourses and groundwater. He discusses various methods by which this unfavourable contribution can be reduced within the area of municipal water intakes. He also gives a brief account of methods for the retention and treatment of rain water runoffs, and a detailed description of relevant equipment.*