

Marek Zawilski, Agnieszka Brzezińska

Bilans ścieków i ładunków zanieczyszczeń dopływających do oczyszczalni ścieków z uwzględnieniem mokrej pogody

Oprócz obciążenia odbiornika ściekami odpływającymi z oczyszczalni podczas tzw. suchej pogody, należy rozpatrywać także spływy z kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej, w wyniku działania przelewów burzowych, podczas tzw. mokrej pogody. Ilość ścieków dopływających do oczyszczalni podczas mokrej pogody okresowo znacznie przewyższa jej projektowaną przepustowość dla suchej pogody. Ścieki dopływające do oczyszczalni z kanalizacji ogólnospławnej, zawierające wody deszczowe, charakteryzują się narastającą ilością, zwiększającym się stopniem rozcieńczenia ścieków bytowo-gospodarczych, a także zmianą ich składu. W odróżnieniu od warunków działania oczyszczalni ścieków podczas suchej pogody, istotny wpływ na parametry technologiczne procesu oczyszczania może mieć mokra pogoda, czego wynikiem może być zmiana jakości ścieków oczyszczonych.

Wiele oczyszczalni przyjmuje ścieki pochodzące z kanalizacji ogólnospławnej, przy czym biologiczna oczyszczalnia ścieków może przyjąć tylko określoną ilość ścieków opadowych, ze względu na możliwość zakłócenia przebiegu procesów biologicznych (zmiana ilości dopływających ścieków oraz ich składu i temperatury). Nadal brak jest pełnego rozpoznania zjawisk zachodzących podczas procesu oczyszczania mieszaniny ścieków miejskich (w tym również przemysłowych) i opadowych (także roztopowych). Badania prowadzone w tym kierunku w różnych krajach wskazują na kilka podstawowych problemów występujących w takich sytuacjach, do których należą między innymi rozcieńczenie ścieków dopływających do oczyszczalni wodami opadowymi, wzrost zawartości tlenu rozpuszczonego na dopływie do oczyszczalni, zakłócenia w procesie usuwania zawiesin w osadnikach oraz związków biogenych w procesach biologicznych, a także przeciążenie hydrauliczne urządzeń oczyszczalni.

Powyższe problemy skłaniają do prowadzenia dalszych szczegółowych badań w tej dziedzinie, mających na celu minimalizację niekorzystnych skutków doprowadzania wód opadowych do miejskich oczyszczalni ścieków. W niniejszej pracy omówiono wyniki badań wpływu wód opadowych na pracę Grupowej Oczyszczalni Ścieków (GOŚ) w Łodzi. Rozwinięcie tego tematu i interpretacja uzyskanych wyników badań będą przedmiotem kolejnych publikacji.

Prawne i projektowe aspekty dopływu wód opadowych do oczyszczalni ścieków

Zarówno w prawodawstwie polskim jak i zagranicznym zagadnienie przyjmowania przez miejskie oczyszczalnie ścieków spływów opadowych nie jest jednoznacznie rozwiązane. W Polsce od 1 stycznia 2003 r. obowiązuje rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie warunków odprowadzania ścieków do wód i do ziemi [1], zastępujące wcześniejszy akt prawny z 5 listopada 1991 r. W stosunku do miejskich oczyszczalni ścieków istotny jest zapis mówiący o tym, że przy ocenie, czy ścieki odpowiadają wymaganym warunkom, nie uwzględnia się przekroczeń najwyższych dopuszczalnych wartości, jeżeli są one następstwem intensywnych opadów wywołujących co najmniej dwukrotny wzrost maksymalnego odpływu z oczyszczalni, określonego dla okresu bezdeszczowego (par. 5, ust. 2), co oznacza złagodzenie wymagań dla okresów mokrej pogody. Nie jest jednak jasne, jak interpretować do końca ten przepis, a mianowicie, czy do poziomu dwukrotnego przekroczenia przepływu dla okresu bezdeszczowego oczyszczalnia ma obowiązek przyjmować wszelkie dopływy, gdyż z założenia musiałyby w tym okresie spełnić wszelkie normatywne ustalenia dla ścieków oczyszczonych.

Dodatkowym problemem może też być określenie natężeń przepływu ścieków podczas suchej i mokrej pogody, zakładające domyślnie konieczność ciągłego pomiaru natężenia ścieków przy pomocy wysokiej klasy aparatury (niektóre urządzenia tego typu są zawodne lub obciążone systematycznym błędem pomiaru). W przeprowadzonych badaniach zachowano wymaganą w rozporządzeniu [1] (par. 24, ust. 2) dokładność tego pomiaru (5±15%, w zależności od równoważnej liczby mieszkańców – RLM). Zwraca także uwagę fakt, że obciążenie oczyszczalni ścieków, wyrażone równoważną liczbą mieszkańców, oblicza się wg maksymalnego średniego tygodniowego ładunku zanieczyszczenia (BZT₅) dopływającego do oczyszczalni w ciągu roku, z wyłączeniem sytuacji nietypowych, w szczególności wynikających z intensywnych opadów (par. 3, ust. 3). Nie podano jednak definicji intensywnych opadów, ani jednostkowego ładunku zanieczyszczeń na jednego mieszkańca.

Wreszcie, istotnym punktem odniesienia są dopuszczalne odstępstwa od warunków, jakie musi spełnić oczyszczalnia w stosunku do ścieków oczyszczonych (par. 5, ust. 1). Odstępstwa te mogą dotyczyć określonej w załączniku nr 2 liczb pobranych w ciągu roku średnio dobowych zlewanych proporcjonalnie do przepływu próbek ścieków oczyszczonych, które

mogą nie spełniać wymaganych warunków. Jest ona zależna od liczby próbek pobranych, ale średnio wynosi około 8%. Oznacza to, iż np. w przypadku dopływu ścieków opadowych odstępstwa te są dopuszczalne, oraz że nie dotyczą one próbek chwilowych. Jednocześnie ten sam przepis mówi o tym, że w próbkach z przekroczeniami wskaźników nie mogą występować odchylenia większe niż 100% wartości dopuszczalnych dla BZT₅ i ChZT oraz 150% dla zawiesin ogólnych. W stosunku do związków azotu i fosforu operuje się natomiast pojęciem wartości średnich rocznych. Pośrednio do omawianego problemu odnosi się także zapis rozporządzenia [1] (par. 21, ust. 1), ograniczający roczną częstotliwość działania przelewów burzowych do 10 (dla poszczególnych przelewów), przy czym częstotliwość ta winna być ustalona jako średnia roczna z obserwacji opadów z okresu 10 lat (prawdopodobnie chodzi tu o modelowanie działania systemu na tej podstawie) lub w wyniku obserwacji działania istniejących przelewów (nie podano jednak, czy dotyczy to takiego samego okresu 10 lat).

Niezależnie od powyższych wymagań prawnych, praktyka projektowa koncentruje się na ustaleniu miarodajnego do wymiarowania natężenia przepływu ścieków i ładunków zanieczyszczeń. W przypadku kanalizacji rozdzielczej praktyka projektowa zakłada wymiarowanie oczyszczalni na pewne wskaźniki składu ścieków surowych (przepływy i ładunki z próbek 2-godzinnych zlewanych), osiągane wraz z mniejszymi wartościami przez określony czas w roku. Na przykład wg wytycznych niemieckich (ATV A 131) wartość ta wynosi 85% i nosi nazwę granicy tolerancji, a określana jest statystycznie wg prawdopodobieństwa przekroczenia określonych poziomów wskaźników. W praktyce oznacza to 85% wartości wskaźników dla dni bez deszczu [2].

W przypadku kanalizacji ogólnospławnej brak jest takiego ścisłego odniesienia, jednakże tezę o granicy tolerancji można i tu postawić. Zasadniczą sprawą jest jednak przyjęcie założenia co do przepustowości oczyszczalni ścieków na okres suchej pogody. Dodatkowy zapas przepustowości oczyszczalni – o ile istnieje – może służyć do przyjęcia określonej ilości wód opadowych w mieszaninie ze ściekami bytowo-gospodarczymi i przemysłowymi. Sytuacja taka często występuje także w niedociążonych oczyszczalniach ścieków, które mają naturalną rezerwę przepustowości. O ile oczyszczalnia ścieków nie ma zapasu przepustowości, konieczne jest zastosowanie przed nią zbiornika retencyjnego lub przelewu burzowego. W każdym jednak wypadku konieczne jest ustalenie stopnia możliwego dociążenia obiektów oczyszczalni ścieków w okresach mokrej pogody, co jest m.in. konieczne do określenia niezbędnej pojemności zbiornika retencyjnego lub parametrów przelewu burzowego.

Dodatkowym aspektem interpretacyjnym pozostaje ocena, jak zakwalifikować ewentualne odprowadzanie ścieków nieoczyszczonych przed oczyszczalnią (lub na jej terenie) bezpośrednio do odbiornika w okresach mokrej pogody. Wydaje się, że taki punkt powinien być traktowany jak dodatkowy przelew burzowy, a więc podlegać przepisom z tym związanym. W szczególności dotyczy to częstotliwości takiego odprowadzania ścieków w skali roku, co musiałoby być ograniczone, z konsekwencją dla projektowania oraz działania oczyszczalni ścieków i ewentualnego zbiornika retencyjnego. W tym wypadku należy dążyć do praktykowanej w wielu krajach zasady przynajmniej

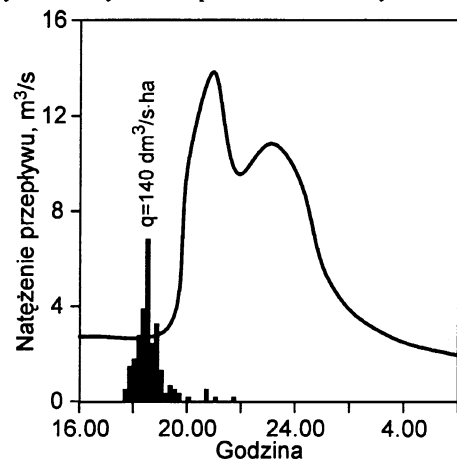
częściowego oczyszczania ścieków w okresach mokrej pogody w mechanicznej części oczyszczalni.

Charakterystyka oczyszczalni ścieków

Ścieki powstające w Łódzkiej Aglomeracji Miejskiej doprowadzane są do Grupowej Oczyszczalni Ścieków, zlokalizowanej na prawym brzegu Neru. Trafiają do niej ścieki z systemu kanalizacji ogólnospławnej z terenu Łodzi, a od 2003 r. – również ścieki z Pabianic. W niedalekiej przyszłości oczyszczalnia będzie przyjmować również ścieki z Konstancy Nowa Łódzkiego. Część mechaniczna oczyszczalni składa się z krat, piaskowników i osadników wstępnych, skąd ścieki kierowane są do części biologicznej, w skład której wchodzi komora osadu czynnego (pracujące w systemie zbliżonym do UCT) oraz osadniki wtórne. Osad nadmierny (łącznie z osadem wstępnym) jest sukcesywnie odprowadzany do dalszej obróbki. Obecnie oczyszczalnia nie jest przystosowana do przyjmowania wód opadowych. Średni przepływ dla suchej pogody w 2002 r. wynosił około 197,4 tys. m³/d (ok. 2,28 m³/s) i był bliski założeniom projektowym oraz większy od obecnej przepustowości części biologicznej (172 tys. m³/d). Opady burzowe powodują dopływy ścieków wynoszące nawet do 600 tys. m³/d. Maksymalne odnotowane natężenie dopływu ścieków do oczyszczalni wystąpiło w 1997 r. (lipiec) i wynosiło około 800 tys. m³/d. Spływy podczas intensywnych opadów deszczowych z konieczności kierowane są do kanału omijającego oczyszczalnię (z uwagi na brak odpowiedniej przepustowości części biologicznej oczyszczalni), z reguły jednak poddawane są oczyszczaniu mechanicznemu.

Ładunki zanieczyszczeń podczas suchej i mokrej pogody

W 2001 r. stwierdzono 86 dni mokrej pogody (liczba ta obejmuje również roztopy), co stanowiło 23,6% ogólnej liczby dni w roku. Jest to wynik świadczący o znaczeniu problemu, jakim jest dopływ znacznych ilości wód deszczowych do miejskiej oczyszczalni ścieków. Należy nadmienić, że w 2001 r. największy dobowy dopływ ścieków do oczyszczalni wystąpił we wrześniu i wynosił 564 851 m³/d. Była to wartość około 3-krotnie większa niż obecna projektowana i około 2-krotnie większa niż projektowana docelowa przepustowość oczyszczalni. Przykład dopływu wód opadowych do oczyszczalni przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Przebieg zmian natężenia opadu (q) i natężenia dopływu ścieków do Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi (14/15 maja 2002 r.)

Tabela 1. Średnie dobowe wskaźniki zanieczyszczeń ścieków dopływających do Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi w czasie suchej i mokrej pogody

Miesiąc	pH		Zawiesiny ogólne g/m ³		BZT ₅ gO ₂ /m ³		ChZT gO ₂ /m ³		Azot amonowy gN/m ³		Fosfor ogólny gP/m ³		Średni przepływ m ³ /d	
	pogoda													
	sucha	mokra	sucha	mokra	sucha	mokra	sucha	mokra	sucha	mokra	sucha	mokra	sucha	mokra
Styczeń	8,04	8,15	220	216	215	167	495	432	31,1	27,4	6,9	7,6	204 660	239 960
Luty	8,04	8,05	211	237	210	201	476	443	31,2	25,5	7,1	6,4	202 618	272 583
Marzec	8,06	8,12	215	285	206	228	452	496	29,0	26,0	7,7	7,4	221 400	242 125
Kwiecień	7,83	8,02	218	190	229	175	448	375	28,3	–	7,0	–	216 453	303 250
Maj	7,85	8,07	194	192	211	–	416	382	28,4	24,3	–	–	230 977	312 801
Czerwiec	7,79	7,75	197	170	180	169	408	330	28,4	22,2	–	–	204 436	280 175
Lipiec	7,67	7,87	189	153	197	142	385	236	24,5	17,9	–	–	192 686	299 722
Sierpień	7,86	7,93	167	152	216	197	400	359	25,8	21,3	–	–	181 374	254 674
Wrzesień	7,95	7,88	191	175	201	158	468	363	26,1	19,5	5,8	6,2	199 295	283 381
Październik	7,98	8,00	190	192	149	162	526	514	28,6	29,0	7,9	7,3	207 996	228 824
Listopad	7,93	8,02	217	199	210	175	527	442	32,5	26,7	8,0	6,7	205 226	240 210
Grudzień	7,88	8,02	215	223	211	204	518	533	32,3	29,7	8,7	8,0	200 679	220 254

W tabeli 1 zestawiono wartości podstawowych wskaźników ścieków oznaczonych podczas suchej i mokrej pogody. Jak widać, nie stwierdzono znacznych zmian pH ścieków dopływających do oczyszczalni. Rozcieńczenie ścieków wodami deszczowymi nie wpływało więc na ten parametr. Ogólnie ścieki dopływające do oczyszczalni podczas mokrej pogody w 2001 r. charakteryzowały się mniejszym BZT₅ i ChZT oraz zawartością zawiesin ogólnych. Wyjątek stanowił marzec, w którym wystąpił wzrost wartości tych parametrów w dopływie. Związane było to z dłuższymi odstępami pomiędzy opadami oraz z występującymi w tym czasie roztopami. Przedsiębiorstwa komunalne porządkując jezdnie i ulice w czasie zimy używają znacznych ilości piasku i soli przemysłowej przyczyniając się tym samym do znacznego wzrostu tych składników w ściekach. Nieznaczny wzrost zawiesin ogólnych nastąpił również w lutym i grudniu. Rozcieńczenie ścieków wodami opadowymi miało odzwierciedlenie w mniejszych stężeniach azotu amonowego oraz nieznacznie mniejszych stężeniach fosforu ogólnego w ściekach dopływających do oczyszczalni.

Wpływ kanalizacji ogólnospławnej na obciążenie oczyszczalni ścieków

W okresie przed 1939 r. i krótko po 1945 r. na terenie Łodzi rozwijano system kanalizacji ogólnospławnej, obejmujący swym zasięgiem dzielnice centralne w granicach tzw. kolei obwodowej. W systemie tym zastosowano 21 przelewów burzowych. W wyniku utworzenia tzw. kanałów ulgi występują też okresowe przerzuty ścieków pomiędzy zlewniami rzek Karolewki i Łódki. Przelewy burzowe zostały wybudowane razem z siecią kanalizacji ogólnospławnej począwszy od lat 30. ubiegłego stulecia. Później cały system kanalizacji ogólnospławnej był kilkakrotnie poddawany szczegółowym analizom, jednak nie doszło nigdy do jego gruntownej modernizacji. Tylko jeden z przelewów burzowych był modernizowany w okresie powojennym. Istniejące rzędne krawędzi przelewowych nie były korygowane. Zapewniają one obecnie odpowiednie (najczęściej ponad 3-krotne) początkowe rozcieńczenie ścieków suchej pogody wodami opadowymi. Z powodu znacznego spadku zużycia wody, w tym w przemyśle włókienniczym, jednostkowy przeciętny odpływ ścieków podczas

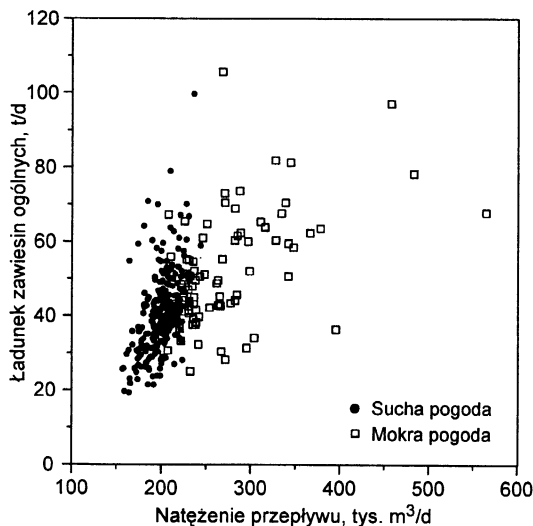
suchej pogody wynosi obecnie (dla całego miasta) tylko nieco ponad 0,3 dm³/sha. Pomimo to przelewy burzowe zaczynają działać już podczas opadów o niewielkiej intensywności, kilkakrotnie większej od przepływu jednostkowego. Ścieki spływają obecnie z 43 km² zlewni skanalizowanej w systemie ogólnospławnym, z tym że część ścieków bytowo-gospodarczych podczas suchej pogody jest dodatkowo kierowana z zewnętrznych zlewni systemu rozdzielczego do systemu ogólnospławnego miasta. Obecnie system kanalizacji ogólnospławnej jest już wyeksploatowany i przeciążony hydraulicznie, w związku z czym opracowywana jest koncepcja jego gruntownej modernizacji [3].

Zakład Wodociągów i Kanalizacji w Łodzi od kilku lat prowadzi ciągły monitoring wybranych przelewów burzowych. Przy wykorzystaniu ultradźwiękowego pomiaru poziomu napełnienia w kanale Hydro-Ranger I (firmy Milltronics), rejestrowane jest na bieżąco (przeliczone z napełnienia) natężenie przepływu w kanałach. Dane te są przesyłane automatycznie do centralnej dyspozytorni i archiwizowane w wersji elektronicznej oraz w postaci wydruków i raportów miesięcznych. Od sierpnia 2002 r. działa także w ograniczonym zakresie (w ramach prowadzonych badań własnych autorów) system pomiaru opadów, składający się z 3 pluwiometrów elektronicznych RG-50 (firmy Seba), rozmieszczonych na jednej ze zlewni badawczych.

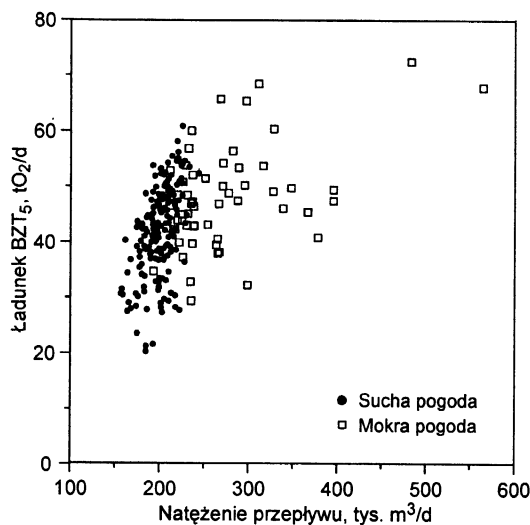
Obecnie można oszacować, że przeciętny roczny odpływ ścieków, trafiający do odbiorników przez przelewy burzowe, wynosi 900 m³/ha powierzchni zredukowanej (obliczenia własne). Dzieje się tak jednak za sprawą tylko kilku ulewnych zjawisk w ciągu roku. Wówczas chwilowe natężenia odpływu ścieków przez przelewy przekraczają 10 m³/s, a do odbiornika przedostaje się znaczna część ścieków spływających ze zlewni. Można oszacować, że przy założeniu sumarycznego rocznego opadu w wysokości 300 mm (50% strat opadu), przelewami burzowymi trafia do odbiorników 30% wód opadowych w skali roku. Jak więc wynika z tych danych, oczyszczalnia ścieków przyjmuje tylko część spływów opadowych, których natężenia, mimo działania przelewów burzowych, znacznie przekraczają jej obecną przepustowość.

Do oceny możliwości przejęcia wód opadowych przez oczyszczalnię ścieków celowe jest określenie stopnia jej przeciążenia, zarówno hydraulicznego, jak i ładunkiem zanieczyszczeń, w okresach mokrej pogody. W tym celu zebrano

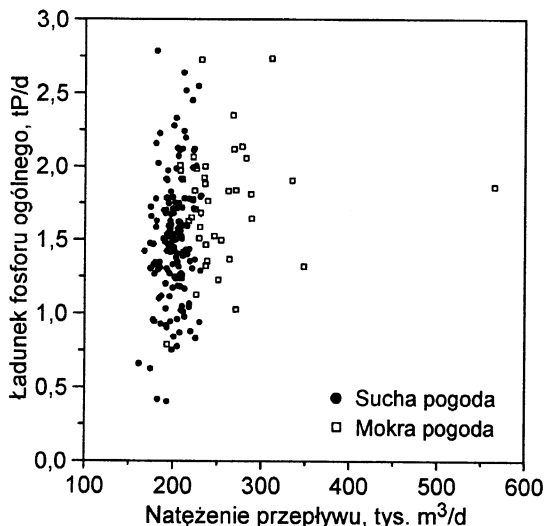
i opracowano dane archiwalne otrzymując w wyniku zależność dobowych wartości ładunków zanieczyszczeń od dobowej ilości ścieków, oddzielnie dla okresów mokrej i suchej pogody (rys. 2–4).



Rys. 2. Dopyły ładunku zawiesin do Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi w okresach suchej i mokrej pogody



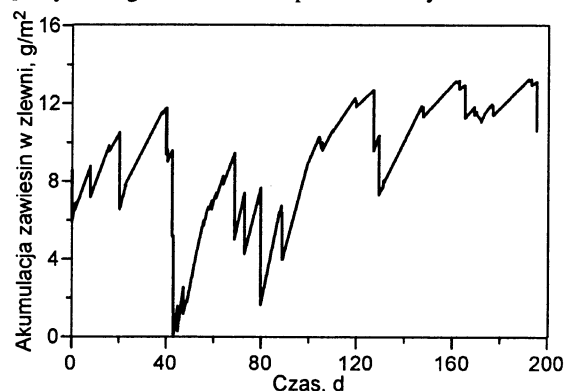
Rys. 3. Dopyły ładunku BZT₅ do Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi w okresach suchej i mokrej pogody



Rys. 4. Dopyły ładunku fosforu do Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi w okresach suchej i mokrej pogody

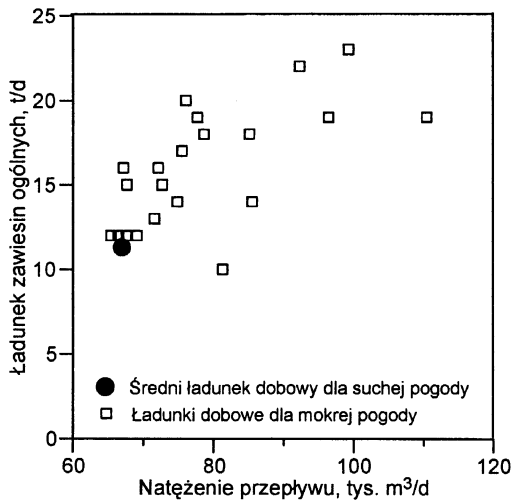
Jak wynika z tych analiz, w okresach mokrej pogody do oczyszczalni ścieków trafia zazwyczaj większy ładunek zanieczyszczeń, niż w okresach suchej pogody, pomimo odprowadzenia części ścieków przez przelewy. Zbiór punktów odpowiadających mokrej pogodzie różnił się wyraźnie od tego dla suchej pogody, co można wyjaśnić rozcieńczeniem ścieków. Oba zbiory różniły się od siebie na poziomie istotności 0,05, co wynika z przeprowadzonego w tym celu nieparametrycznego testu istotności λ (Kolmogorowa-Smirnowa). Podobny efekt dotyczący składu ścieków z przelewów burzowych opisano w pracy [4].

Aby potwierdzić opisywane zjawisko wykonano symulację komputerową, polegającą na cyfrowym modelowaniu spływu ścieków podczas mokrej pogody dla jednej z większych zlewni Łodzi (zlewnia rzeki Jasień o powierzchni 1800 ha), skanalizowanej w systemie ogólnospławnym i wyposażonej w 7 przelewów burzowych. Zlewnia ta obejmuje dzielnice położone na południe od centrum miasta i może być uznana za reprezentatywną, ponieważ zawiera wszelkie typy zagospodarowania przestrzennego, tj. budownictwo mieszkaniowe, przemysł, usługi i tereny zielone. Ze zlewni tej spływa około 30% ścieków z całego miasta. Dla okresu jednego roku (1989) symulowano spływ ścieków pogody suchej (z uwzględnieniem wahań godzinowych) z nałożonym nań okresowym spływem mokrej pogody. Na tym etapie badań nie uwzględniono ewentualnego wpływu osadów kanałowych, wypłukiwanych w wyniku opadów intensywnych, jak też nanoszenia i kumulowania się osadów kanałowych w tych samych okresach. Przy wykorzystaniu własnego programu „Spływ” [5] symulowano dynamicznie z krokiem 1 min spływ powierzchniowy ścieków i ładunków zanieczyszczeń oraz przepływ ścieków siecią kanałów, ze szczególnym uwzględnieniem działania przelewów burzowych, dla których opracowano osobną procedurę numeryczną. Dane o opadach w analizowanym 1989 r. pochodziły z pomiarów własnych, w których określono moment początku opadu oraz jego nateżenia fazowe w przedziałach kilku minut. Istotne dla opisywanej symulacji jest modelowanie kumulacji zanieczyszczeń w zlewni w okresach między opadami. Zjawisko to odpowiada w decydujący sposób za poziom wskaźników spływów opadowych (zawiesiny, ChZT i BZT₅) [5,6]. Wyniki tego modelowania przedstawia rysunek 5.

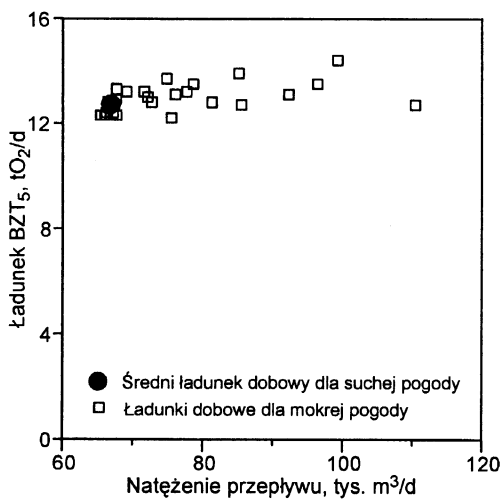


Rys. 5. Kumulacja zawiesin ogólnych w zlewni modelowana dla 1989 r. (zmniejszenie akumulacji wynika z występowania kolejnych opadów)

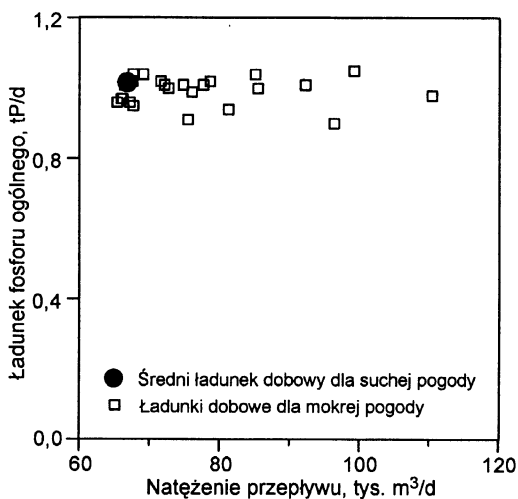
Rezultatem obliczeń symulacyjnych było określenie ilości ścieków oraz ładunków podstawowych zanieczyszczeń odpływających z przelewów burzowych oraz odpływających ze zlewni. Wyniki dotyczące ilości ścieków nie będą tu szczegółowo omawiane, natomiast w przypadku ładunków zanieczyszczeń uzyskano wartości dobowe przy założeniu, że doba obejmowała czas 24 godz. od chwili wystąpienia wzrostu nateżenia przepływu na wylocie ze zlewni (po wystąpieniu opadu). Przykładowe wyniki przedstawiono na rysunkach 6–8.



Rys. 6. Wyniki modelowania splotu ładunku zawieszin ze zlewni Jasieni dla 1989 r. poniżej przelewów burzowych



Rys. 7. Wyniki modelowania splotu ładunku BZT₅ ze zlewni Jasieni dla 1989 r. poniżej przelewów burzowych



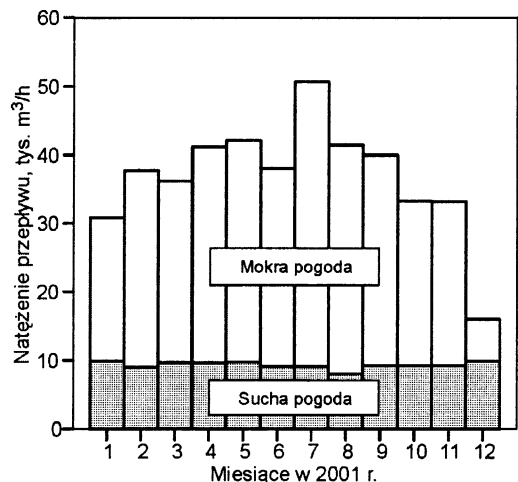
Rys. 8. Wyniki modelowania splotu ładunku fosforu ze zlewni Jasieni dla 1989 r. poniżej przelewów burzowych

Stwierdzono charakterystyczny przyrost ładunków zawieszin i ChZT w okresach mokrej pogody oraz praktyczny brak zmian lub nawet spadek ładunków pozostałych zanieczyszczeń. Można to tłumaczyć niską wartością tych wskaźników zanieczyszczeń wód opadowych (BZT₅, NH₄⁺, P_{og}). W okresach opadów o niższej intensywności, gdy nie działały przelewy

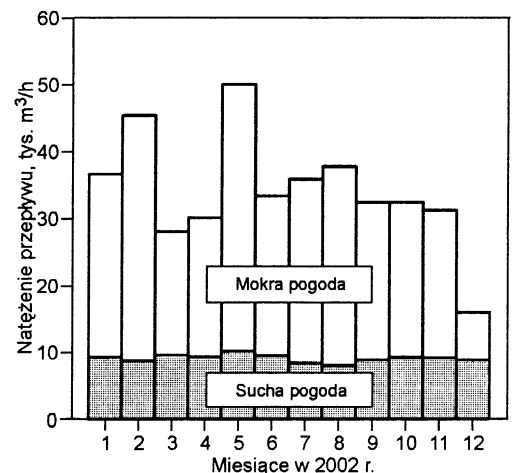
burzowe, ładunki zanieczyszczeń wzrastały, jednak w przypadku opadów intensywnych były wynoszone do odbiornika znaczne ładunki biogenów, przez co ich odpływ ze zlewni może być mniejszy niż w okresach pogody suchej. Wyniki analiz przeprowadzonych dla samej oczyszczalni ścieków wykazały jednak ciągle, choć malejący, wzrost ładunków wszystkich zanieczyszczeń wraz ze wzrostem ilości dopływających ścieków. Może to oznaczać, iż wpływ osadów wypłukiwanych z kanałów jest wyraźny i powinien być badany oraz uwzględniany w obliczeniach projektowych oczyszczalni ścieków.

Obciążenie obiektów oczyszczalni ścieków

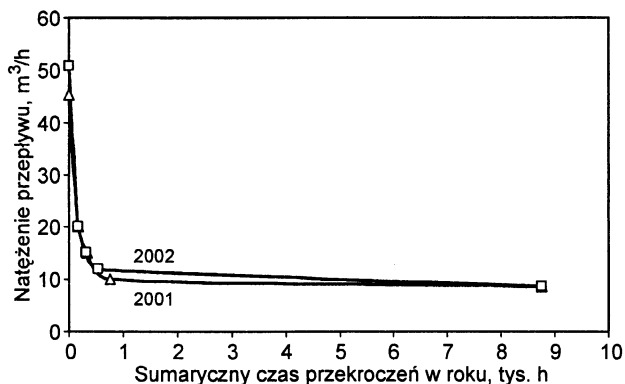
Każde pojawienie się dopływu o natężeniu większym od projektowanej przepustowości oczyszczalni może powodować zmiany w pracy tego obiektu. Odzwierciedla się to wzrostem obciążenia hydraulicznego poszczególnych urządzeń biorących udział w procesach oczyszczania ścieków. Każdy rok różni się od innych w zakresie proporcji pomiędzy liczbą dni suchej i mokrej pogody. W 2001 r. było 86 dni deszczowych, natomiast w następnym – już 100 (wliczając w to roztopy, jako szczególny rodzaj tej pogody). Na rysunkach 9 i 10 zilustrowano dopływy ścieków do oczyszczalni w okresach suchej i mokrej pogody w latach 2001 i 2002, natomiast na rysunkach 11 i 12 podano czasy przekroczeń określonych przepływów w ciągu roku.



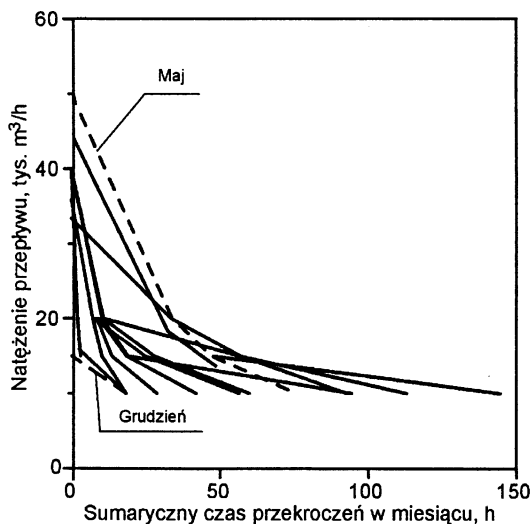
Rys. 9. Diagram maksymalnych miesięcznych dopływów średniogodzinowych podczas suchej pogody i dopływów maksymalnych godzinowych podczas mokrej pogody do Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi w 2001 r.



Rys. 10. Diagram maksymalnych miesięcznych dopływów średniogodzinowych podczas suchej pogody i dopływów maksymalnych godzinowych podczas mokrej pogody do Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi w 2002 r.



Rys. 11. Krzywe sumarycznego czasu przekroczeń określonych natężeń dopływu do Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi w latach 2001 i 2002



Rys. 12. Krzywe sumarycznego czasu przekroczenia określonego natężenia dopływu do Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi w poszczególnych miesiącach 2002 r.

Stwierdzono, że duże natężenia przepływu były przekraczane wprawdzie przez niewielką część roku, powodując jednak w czasie mokrej pogody znaczne chwilowe przeciążenia hydrauliczne obiektów oczyszczalni.

Podsumowanie

Literatura światowa oraz badania prowadzone w kraju pokazują, jak ważnym problemem jest spływ wód opadowych z kanalizacji ogólnospławnej kierowany do miejskich oczyszczalni ścieków. Z reguły nie jest możliwa całkowita przebudowa istniejących systemów kanalizacji ogólnospławnej w celu rozdzielania wód deszczowych od ścieków bytowo-gospodarczych. Jednak prowadzone modernizacje sieci kanalizacyjnych pozwalają na częściowe przejęcie wód z okresów mokrej pogody i ich odpowiednie zagospodarowanie na terenie zlewni. Mimo czynionych wysiłków w tym zakresie, ilość dopływających ścieków z kanalizacji ogólnospławnej do oczyszczalni w czasie opadów i intensywnych roztopów znacznie przekracza projektowane przepustowości obiektów części biologicznych. Wiąże się to z nagłymi (często bardzo zanieczyszczonymi) dopływami, które powodują zakłócenia w procesie oczyszczania ścieków.

Autorzy składają podziękowania kierownictwu Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi za udostępnienie danych.

LITERATURA

1. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 29 listopada 2002 r. 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. nr 212, poz. 1799.
2. J. BEVER, A. STEIN, H. TEICHMANN: Zaawansowane metody oczyszczania ścieków. Projprzem-EKO, Bydgoszcz 1997.
3. M. ZAWILSKI: Modernizacja istniejących systemów ogólnospławnych na przykładzie Łodzi. Mat. konf. „V Zjazd Kanalizatorów Polskich – POLKAN 2003”, PZITS, Łódź 2003 (w druku).
4. M. GRUM *et al.*: The underlying structure of systematic variations in the event mean concentrations of pollutants in urban runoff. Proc. of the 7th Int. Conf. on Urban Drainage, Hannover 1996, Vol. I, pp. 37–42.
5. M. ZAWILSKI: Prognozowanie wielkości odpływu i ładunków zanieczyszczeń ścieków opadowych odprowadzanych z terenów zurbanizowanych. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, nr 792, Łódź 1997.
6. E. OSUCH-PAJDZINSKA, M. ZAWILSKI: Model of storm sewer discharge. I. Description, II. Calibration and verification. Journal of Env. Eng. ASCE, 1998, pp. 593–611.

Zawilski, M., Brzezińska, A. Balance of Wastewater and Pollutant Load Inflow to the Sewage Treatment Plant. *Ochrona Środowiska* 2003, Vol. 25, No. 1, pp. 25–30.

Abstract: Storm runoff entering the municipal sewage treatment plant from a combined sewage system creates serious technological problems. The separation of the storm sewers from the combined sewage systems which are in service now is neither feasible nor cost-effective. However, there is potential for modernizing the drainage system partly, i.e. by capturing a portion of the storm runoff before it enters the sewage treatment plant, thus enabling a reasonable management of the storm water within the urban catchment area. In spite of the many efforts made so

far, the wastewater volume received by the sewage treatment plants during episodes of heavy rain and intense snowmelt exceeds considerably the design capacities of the biological treatment units. The study reported in this paper was carried out in the Group Wastewater Treatment Plant of Łódź. Balances of sewage and pollutant loads were established for periods of both dry and wet weather on the basis of archive data sets and computer simulations. Relevant legal and design problems were also considered.

Keywords: Storm runoff, combined storm overflow, wastewater treatment plant, pollutant loads balance, wastewater balance.