

CHARAKTERYSTYKA ŚCIEKÓW DESZCZOWYCH

Biorąc pod uwagę jako punkt wyjściowy **definicję ścieków deszczowych**, należałoby się skupić na określeniu jakie wody opadowe przekraczają stężenie zawiesiny ogólnej i substancji ekstrahujących się eterem naftowym (50 mg/dm^3 stan prawny na maj 2002). Trzeba w poniższych rozważaniach brać pod uwagę fakt, że definicja ta zostanie zmodyfikowana w związku z opracowywaniem nowego rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie standardów emisji (art. 45.1 ust. 3 ustawy Prawo Wodne). W momencie przyjęcia tego rozporządzenia w aktualnie proponowanej treści za limit dla stężenie zawiesiny ogólnej i substancji ekstrahujących się eterem naftowym należy przyjąć odpowiednio 100 i 50 mg/dm^3).

O jakości ścieków deszczowych decydują trzy podstawowe parametry o dużej zmienności:

opad atmosferyczny
charakter zlewni
sieć kanalizacyjna

Faza opadów deszczowych powoduje umiarkowane zanieczyszczenie wód opadowych. Pewne znaczenie dla skażenia środowiska, w tej fazie szczególnie metalami ciężkimi, mają tzw. kwaśne deszcze, ze względu na to, że wodorotlenki i sole zasadowe tych metali o wiele łatwiej rozpuszczają się w wodzie opadowej o charakterze kwaśnym. Wydaje się, że takie czynniki jak: kurz i pył unoszący się nad powierzchnią terenu, dymy paleniskowe i przemysłowe, lotne nasiona, rozpylane substancje ochrony roślin mają minimalne zanieczyszczenie dla skażenia wód opadowych. Oczywiście wody opadowe w okolicach zakładów cementowych, górniczych czy innych zakładów tego rodzaju są bardziej narażone na skażenie zawiesiną w tej fazie. Ogólnie szacuje się, że tylko około **20-25%** całkowitej ilości zanieczyszczeń ściekach deszczowych pochodzi właśnie z tej fazy.

Pośrednim dowodem na tezę o znikomym skażeniu wód opadowych w **fazie opadu atmosferycznego** są badania jakości ścieków

Rodzaj próby	BZT ₅ [mgO ₂ /l]	Zawiesina [mg/l]
Wody deszczowe - opad atmosferyczny	2,4 - 31	0 - 58
Spływ z dachów	19 - 74	0 - 440
Odpływ do sieci kanalizacyjnej deszczowej	20 - 500	5 - 40 000

pochodzących z dachów bitumicznych, ceramicznych i blaszanych prowadzone na Politechnice Warszawskiej w latach 1987 - 1991, które wykazały, że spływy dachowe są jakościowo podobne do samego opadu i można je traktować jako czyste. Przeciętne stężenia zawiesin w opadzie nie przekroczyły 20 mg/dm^3 , a z dachów - 50 mg/dm^3 .

Inne źródła także wskazują na minimalny wpływ zanieczyszczenia wód opadowych w fazie opadów atmosferycznych i spływu dachami.

Tablica 1. Stężenie zanieczyszczeń wód deszczowych, spływów z dachów, odpływów do kanalizacji deszczowej [1]

Tezę tę potwierdzają także badania prowadzone przez Instytut Ochrony Środowiska w Warszawie w latach 1998 - 1999. Wynik tych badań przedstawia tabela 2:

Obiekt (zlewnia)	Zakres wartości stężeń zanieczyszczeń					
	Odczyn pH	Ch ZT [mg/l]	Zawiesiny ogólne [mg/l]	Subst. ekst. się et. naft. [mg/l]	Subst. ropopoch. [mg/l]	Chlorki [mg/l]
1	2	3	4	5	6	7
dachy -deszcz	6,0 - 6,9	6,0 - 230 (87,0)	2,1-79 (47)	05 - 2,4	0,3 - 1,9	-
dachy - roztop	śr. 7	do 100	do 75	~ 2,0	~ 1,5	-
parking - deszcz	7,1 - 8,6	41 - 337	42 - 240	1,8 -10,7	do 2,2	-
parking - roztop	-	378 - 1207	423 - 2185	3,2 - 56	do 4	170, - 1706
stacje paliw - deszcz	6,4 - 10	53 - 1700	20 - 690	5,6 -115	0,8 -92	-
stacje paliw - roztop	7,3	770 - 4250	630 - 5300	103 - 238	82 - 200	700
ulica osiedlowa - deszcz	6,9 - 7,9	161 - 274	61 - 292	1,1 - 3,1	0,6 - 2,4	-
ulica osiedlowa - roztop	7,7	746	794	3,9	3,7	27000
śnieg na poboczu jezdni w centrum miasta	-	1360 - 6160	2140 - 11118	57 - 245	-	2700 - 11850
roztop w centrum miasta	-	1566	2958	-	-	2009

Tabela 2. Scalone wyniki badań zanieczyszczeń w wodach i ściekach opadowych [2]

Zawiesiny z dachów nie przekroczyły najczęściej stężeń 50 mg/dm^3 . W wodach roztopowych spływających z dachów zanieczyszczenia były podobne do zanieczyszczeń wód deszczowych.

Podsumowanie

Biorąc pod uwagę zaproponowaną powyżej definicję ścieków, za ścieki deszczowe nie można uważać wód opadowych zanieczyszczonych polutantami w **fazie opadu atmosferycznego** oraz spływu dachowego, ponieważ z reguły stężenie zawiesiny ogólnej i substancji ekstrahujących się eterem naftowym w tych ściekach nie przekraczają 50 mg/dm³. Rozważania powyższe nie mają zastosowania w przypadku dróg, poza sytuacjami, gdy mamy do czynienia z zadaszonymi parkingami, dachami na stacjach paliw przy drogach, budynkach pomocniczych itp. Należy jednak podkreślić, że z punktu widzenia technologii nie ma uzasadnionej potrzeby oczyszczania wód deszczowych pochodzących z dachów.

Faza spływu powierzchniowego (charakter zlewni) - następuje wtedy zasadnicze zanieczyszczenie wód opadowych i ich przekształcenie w ścieki deszczowe podczas splukiwania zlewni. Zanieczyszczenia pochodzą z powierzchni ziemi, dostając się do wód opadowych podczas splukiwania nawierzchni ulic, chodników, trawników, pól, dachów. Są to węglowodory mineralne takie jak oleje, smary i paliwa, pyły, piasek, cement, sole i środki odładowe, ciężkie metale, stare opony, odchody zwierzęce, liście i inne - części roślin, zmiotki uliczne itp.

Skład ścieków deszczowych powstających w tej fazie zależy od szeregu zmiennych czynników takich jak na przykład.:

- rodzaj zlewni - np. miejska, przemysłowa, mieszkaniowo-handlowa
- pory roku - np. największe stężenie zanieczyszczeń występuje w ściekach roztopowych
- okresu między kolejnymi opadami i ich natężenia - np. najbardziej zanieczyszczona jest zawsze pierwsza fala ścieków
- rodzaju nawierzchni ulic np. większe zanieczyszczenia z nawierzchni z kostki betonowej

Szczegółowe badania o jakości ścieków deszczowych powstających podczas fazy spływu powierzchniowego z dróg i parkingów prowadzi aktualnie Instytut Ochrony Środowiska w Warszawie [4], jednak nawet ze starszych badań zlewni o podobnym charakterze można wysnuć co najmniej kilka wniosków co do jakości ścieków deszczowych pochodzących z dróg (patrz m.in. tabela 2 i 3).

- stężenia substancji ekstrahujących się eterem naftowym (SEEN) z reguły nie przekraczają 50 mg/l (poza stacjami paliw), poza okresami roztopów
- stężenia zawiesiny ogólnej z reguły przekraczają zarówno 50 jak i 100 mg/l podczas opadów i roztopów.

Lp.	Rodzaj zlewni	Wartości zanieczyszczeń								
		Zawiesiny (mg/l)			SEEN (mg/l)			Substancje		
		min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.
1	autostrady - opad	18	165	806	5,3	12,8	25,1	-	-	-
2	autostrady - roztop	119	1924	6224	7,5	48,6	156	-	-	-
3	ulice - opad	62	1305	4580	1,1	30,4	114,9	6	1,2	2,4
4	ulice - roztop	794	2249	2285	3,9	17	30	3,7	11,4	19
5	ulice - śnieg	2140	4842	11118	57,6	151,9	245,2	-	-	-

Tabela 3. Zestawienie parametrów statystycznych wskaźników zanieczyszczeń w spływach opadowych i roztopowych dla poszczególnych rodzajów zlewni na podstawie badań krajowych.

W związku z tym, biorąc pod uwagę aktualne i przyszłe uwarunkowania prawne, należałoby skupić wysiłek technologiczny nie na usuwaniu SEEN czy zawartych z nich substancjach ropopochodnych, ale

na usuwaniu ZAWIESINY. Wniosek ten ma kapitalne znaczenie dla doboru odpowiednich technologii oczyszczania ścieków deszczowych pochodzących z dróg.

Pomimo wysokiego stopnia skomplikowania zjawiska powstawania ścieków deszczowych w **fazie spływu powierzchniowego**, można pokusić się o kilka uogólnień dotyczących charakteru tych ścieków.

Po pierwsze ze względu na wielość czynników wpływających na skład ścieków deszczowych oraz ich probabilistyczny charakter, trudno jest mówić o **typowym składzie ścieków deszczowych** po przejściu przez fazę spływu powierzchniowego. Jest to odmienna sytuacja niż w przypadku ścieków bytowo-gospodarczych, gdzie ich skład jest zbliżony nawet w przekroju międzynarodowym. Potwierdzają to badania przeprowadzone przez Instytut Ochrony Środowiska w Warszawie. Widać to także w tabeli 3, przy analizie minimalnych, średnich i maksymalnych stężeń zawiesiny ogólnej, SEEN i substancji ropopochodnych.

Wartości stężeń wskaźników zanieczyszczeń						
Odczyn pH	ChZT [mgO ₂ /l]	Zawiesiny ogólne [mg/l]	Subst. ekstr. się et.naft. [mg/l]	Subst. ropopoch. [mg/l]	Chlorki [mg/l]	Ołów [mg/l]
5,1 - 9,8	5,0 - 2950,0	7,0 - 6430,0	0,0 - 117,6	0,36 - 19,0	1,0 - 9900,0	0,03 - 1,1

Tabela 4. Zakres zmian stężeń zanieczyszczeń w ściekach opadowych ze zlewni miejskich

Tak wysoka **zmiennosc** wskaźników zanieczyszczeń upoważnia do postawienia tezy o braku możliwości ustalenia typowego składu ścieków deszczu. Zależy to od tak wielu czynników występujących z różnym prawdopodobieństwem i w różnych interakcjach, że tylko weryfikacja założeń teoretycznych poprzez badanie ścieków pochodnych z konkretnej zlewni może służyć za podstawę pewnych uogólnień. Dlatego określając na etapie projektowania skład ścieków deszczowych należy kierować się badaniami przeprowadzonymi dla podobnych zlewni.

Drugą cechą ścieków deszczowych powstających w fazie spływu powierzchniowego jest **nierównomierność zrzutu ładunku zanieczyszczeń w jednostce czasu**, która w literaturze przedmiotu nazywana jest efektem kumulatywnym (effect cumulatif) i efektem szokowym (effect de choc). Jako punkt odniesienia przyjęto ładunek zanieczyszczeń w ściekach komunalnych, który to ładunek jest stosunkowo równomiernie rozłożony w czasie.

Na podstawie w/w tabeli, można stwierdzić, że roczne ładunki metali ciężkich i zawiesiny wprowadzane ze ściekami deszczowymi, są porównywalne do tych wprowadzanych z oczyszczonymi ściekami komunalnymi, ale w przypadku ołowiu ścieki deszczowe są

	w ciągu 1 roku	w ciągu 1 dnia	w ciągu 1 godziny
zawiesiny	ER = EU / 2	ER = 2 X EU	ER = 50 X EU
BZT5	ER = EU / 27	ER = EU / 6	ER = 4 X EU
ChZT	ER = EU / 9	ER = EU / 2	ER = 12 X EU
NTK	ER = EU / 27	ER = EU / 7	ER = 3,5 EU
Metale ciężkie			
Pb	ER = 27 X EU	ER = 80 X EU	ER = 2000 X EU
Zn	ER = EU	ER = 4 X EU	ER = 100 X EU
Cu	ER = EU / 4,5	ER = EU / 2	ER = 15 X EU
Cr	ER = EU / 4	ER = EU / 1,5	ER = 16 X EU
Hg	ER = EU	ER = 7 X EU	-
Cd	ER = EU	ER = 5 X EU	-

głównym źródłem tego zanieczyszczenia. Natomiast gdy analizujemy te dane dotyczące jednego dnia czy jednej godziny odprowadzania ładunku zanieczyszczeń do odbiornika, to dochodzimy do wniosku, że w krótkim okresie czasu wraz ze ściekami deszczowymi zostanie odprowadzony wielokrotnie większy ładunek zanieczyszczeń niż ze ściekami komunalnymi np. w przypadku zawiesiny może to być nawet 50 razy więcej w ciągu godziny niż dla ścieków komunalnych. Ta cecha ścieków deszczowych ma kapitalne znaczenie dla technologii oczyszczania ścieków deszczowych (systemy by-pass).

Tabela 5. Porównanie ładunków zanieczyszczeń wprowadzanych do odbiornika z oczyszczonymi ściekami komunalnymi i nie oczyszczonymi ściekami deszczowymi; **EU** - ładunek wprowadzony do odbiornika z oczyszczonymi ściekami komunalnymi; **ER** - ładunek wprowadzony z nie oczyszczonymi ściekami deszczowymi

Kolejną cechą ścieków deszczowych, które powstają w fazie spływu powierzchniowego jest fakt, że większość zanieczyszczeń (polutantów) w tych ściekach kumuluje się w zawieszynie, natomiast tylko niewielka ich część jest rozpuszczalna w wodzie. Jeśliby przyjąć za 100% ładunek zanieczyszczeń w jednostce objętości ścieków deszczowych, to w zawieszynie kumuluje się odpowiednio:

Tabela 6. Rozkład zawartości [w %] wybranych zanieczyszczeń ścieków deszczowych w zawieszynie ogólnej

ChZT	BZT5	NTK	Węglowodory	Ołów
83–92%	90–95%	65–80%	82–99%	97–99%

Interpretując dane przedstawione w w/w tabeli dla np. węglowodorów, można stwierdzić, że zaledwie od 1 do 18 % ogólnej masy ładunku węglowodorów odprowadzanych jest wraz ściekami deszczowymi jako substancje rozpuszczone lub niezwiązane z zawieszyną.

W przypadku węglowodorów byłyby to oleje, smary i paliwa, które wydzielili się z próbki ścieków deszczowych poprzez flotację, w formie homogenicznej nierozpuszczalnej warstwy. Natomiast pozostała część węglowodorów tj. od 82 do 99 % została zaabsorbowana w zawieszynie w formie węglowodorowej otoczki mineralnych drobin piasku czy ilu.

Spostrzeżenie o kumulacji zanieczyszczeń w zawieszynie, prowadzi do wniosku, że zasadniczym zadaniem dobrze zaprojektowanej oczyszczalni ścieków deszczowych jest usunięcie przede wszystkim zawiesiny.

Czwarta cecha ścieków deszczowych powstających w fazie spływu powierzchniowego związana jest z granulacją cząstek zawiesiny. Średnica drobin zawiesiny waha się w granicach od kilku milimetrów (zawiesina łatwoopadająca) do kilku mikrometrów (zawiesina trudnoopadająca). W obu przypadkach zawieszynę tę można traktować jako ziarnistą o stałej prędkości opadania. Jednak procentowy rozkład zawiesiny (objętościowo i ilościowo) wolnoopadającej i szybkoopadającej jest nierównomierny, ponieważ około 90% ogólnej masy zawiesiny to cząsteczki o granulacji poniżej 30 µm, a około 70% to cząsteczki zawiesiny o średnicy poniżej 40-50 µm.

Oznacza to, że wbrew popularnemu mniemaniu zawiesina w ściekach deszczowych, to nie "piach", ale raczej "kisiel". Spostrzeżenie to ma duże znaczenie przy oczyszczaniu ścieków deszczowych, ponieważ o wiele trudniej jest usunąć ze ścieków zawieszynę trudnoopadającą (30-50 µm.) niż łatwoopadającą.

Podsumowanie

Pomimo wysokiej zmienności stężeń zawiesiny i substancji ekstrahujących się eterem naftowym, można stwierdzić, iż wody opadowe po przejściu przez **fazę spływu powierzchniowego** stają się ściekami deszczowymi w rozumieniu zaproponowanej definicji. W ściekach deszczowych pochodzących z powierzchniowego spływu z dróg przekraczane są stężenia zawiesiny ogólnej, natomiast stężenia SEEN i substancji ropopochodnych nie są przekraczane. Ścieki deszczowe pochodzące ze zlewni o charakterze komunikacyjnym cechują się: wysoką zmiennością parametrów, nierównomiernością spływu w czasie, kumulacją zanieczyszczeń w zawieszynie oraz przewagą zawiesiny drobnoziarnistej w ogólnej masie zawiesiny zawartej w ściekach deszczowych.

Faza spływu poprzez sieć kanalizacyjną (sieć kanalizacyjna) - jest to ostatnia faza przepływu ścieków deszczowych. Przy wystąpieniu intensywnych opadów deszczowych zgromadzone w sieci kanalizacyjnej, osadnikach i separatorach, osady powodują gwałtowne (effect de choc) wtórne skażenie odbiornika, poprzez wymycie. Zjawisko to wskazuje na konieczność właściwej eksploatacji sieci kanalizacyjnej oraz oczyszczalni ścieków deszczowych (osadniki, separatory), ponieważ bez właściwej eksploatacji efekty oczyszczania ścieków deszczowych są niwelowane. Zjawisko wtórnego skażenia odbiornika podczas opadów jest stosunkowo często obserwowane w praktyce eksploatacji separatorów substancji ropopochodnych. W celu ograniczenia tego zjawiska należy stosować regulatory dopływu. Brak jest danych dotyczących wtórnego skażenia odbiorników, jednak przybliżone pojęcie o skali zjawiska mogą dać dane dotyczące stężeń zawiesiny na odpływie w okresie opadu i roztopu (większy przepływ dla pory roztopów tabela 2 i 3).

Podsumowanie

W fazie spływu poprzez sieć kanalizacyjną może nastę-pować groźne zjawisko wtórnego zanieczyszczenia odbiornika. Należy właściwie eksploatować sieć kanalizacyjną i elementy oczyszczalni ścieków deszczowych (separatory, osadniki, osadniki wielostrumieniowe).