

## Charakterystyka ścieków deszczowych

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 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/dcm<sup>3</sup>**, a z dachów - **50 mg/dcm<sup>3</sup>**.

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]

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

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

**Tabela 2.** Scalone wyniki badań zanieczyszczeń w wodach i ściekach opadowych [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	6,0-230,0 (87,0)	<b>2,1 - 79,0 (47,0)</b>	05 - 2,4	0,3-1,9	-
dachy - roztop	śr. 7,0	do 100,0	<b>do 75,0</b>	~ 2,0	~ 1,5	-
parking - deszcz	7,1-8,6	41,0 -337,0	42,0-240,0	1,8 -10,7	do 2,2	-
parking - roztop	-	378,0 - 1207,0	423,0 - 2185,0	3,2 - 56,0	do 4,0	170, - 1706,0
stacje paliw - deszcz	6,4 -10,0	53,0 - 1700,0	20,0-690,0	5,6 -115,0	0,8 -92,0	-
stacje paliw - roztop	7,3	770,0 - 4250,0	630 - 5300,0	103,0- 238,0	82,0 - 200,0	700,0
ulica osiedlowa - deszcz	6,9 -7,9	161,0 - 274,0	<b>61,0-292,0</b>	1,1-3,1	0,6-2,4	-
ulica osiedlowa - roztop	7,7	746,0	<b>794,0</b>	3,9	3,7	27000,0
śnieg na poboczu jezdni w centrum miasta	-	1360,0 - 6160,0	2140,0 - 11118,0	57,0-245,0	-	2700,0 - 11850,0
roztop w centrum miasta	-	1566,0	2958,0	-	-	2009,0

Zawiesiny z dachów nie przekroczyły najczęściej stężeń 50mg/dcm<sup>3</sup>. 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 ropopochodnych w tych ściekach nie przekraczają odpowiednio 100 mg/dcm<sup>3</sup> i 15 mg/dcm<sup>3</sup>. Dlatego należy podkreślić, że z punktu widzenia technologii **nie ma uzasadnionej potrzeby oczyszczania wód deszczowych pochodzących z dachów**. Co więcej oczyszczanie wód deszczowych pochodzących z dachów w oczyszczalniach powoduje ich przewymiarowanie, a w przypadku zaniedbań eksploatacyjnych może powodować wtórne skażenie odbiornika tymi wodami.

**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, starte 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 np.

- 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 ta temat 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 ropopochodnych z reguły nie przekraczają 15 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 .

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

Lp.	Rodzaj zlewni	Wartości zanieczyszczeń								
		Zawiesiny (mg/l)			SEEN (mg/l)			Substancje ropopochodne (mg/l)		
		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	156,0	-	-	-
3	ulice - opad	62	1305	4580	1,1	30,4	114,9	06,	1,2	2,4
4	ulice - roztop	794	2249	2285	3,9	17,0	30,0	3,7	11,4	19,0
5	ulice - śnieg	2140	4842	11118	57,6	151,9	245,2	-	-	-

W związku z tym należałoby skupić wysiłek technologiczny **nie na usuwaniu substancji ropopochodnych ( oprócz stacji paliw ) , ale na usuwaniu ZAWIESINY**. Wniosek ten ma kapitalne znaczenie dla doboru odpowiednich technologii oczyszczania ścieków deszczowych .

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 ( substancji ekstrahujących się eterem naftowym) i substancji ropopochodnych.

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

Wartości stężeń wskaźników zanieczyszczeń						
Odczyn pH	ChZT mgO <sub>2</sub> /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

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.

Tabela 5. Porównanie ładunków zanieczyszczeń wprowadzanych do odbiornika z oczyszczonymi ściekami komunalnymi i nie oczyszczonymi ściekami deszczowymi.

	w ciągu 1 roku	w ciągu 1 dnia	w ciągu 1 godziny
zawiesiny	ER = EU / 2	ER = 2 X EU	ER = 50 X EU
BZT <sub>5</sub>	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	

**EU** - ładunek wprowadzony do odbiornika z oczyszczonymi ściekami komunalnymi

## ER - ładunek wprowadzony z nie oczyszczonymi ściekami deszczowymi

Na podstawie w/w tabeli podstawie 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 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**).

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

**Tabela 6.**Rozkład zawartości [w %] wybranych zanieczyszczeń ścieków deszczowych w zawiesinie 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 zawiesiną.

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

Spostrzeżenie o kumulacji zanieczyszczeń w zawiesinie, 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 zawiesinę 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 „kiesel”. Spostrzeżenie to ma duże znaczenie przy

oczyszczaniu ścieków deszczowych, ponieważ o wiele trudniej jest usunąć ze ścieków zawieszinę trudnoopadającą (30-50  $\mu\text{m}$ .) 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 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 zawieszinie oraz przewaga 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 następować groźne zjawisko wtórnego zanieczyszczenia odbiornika. Należy właściwie eksploatować sieć kanalizacyjną i elementy oczyszczalni ścieków deszczowych ( separatory, osadniki, osadniki wielostrumieniowe ).