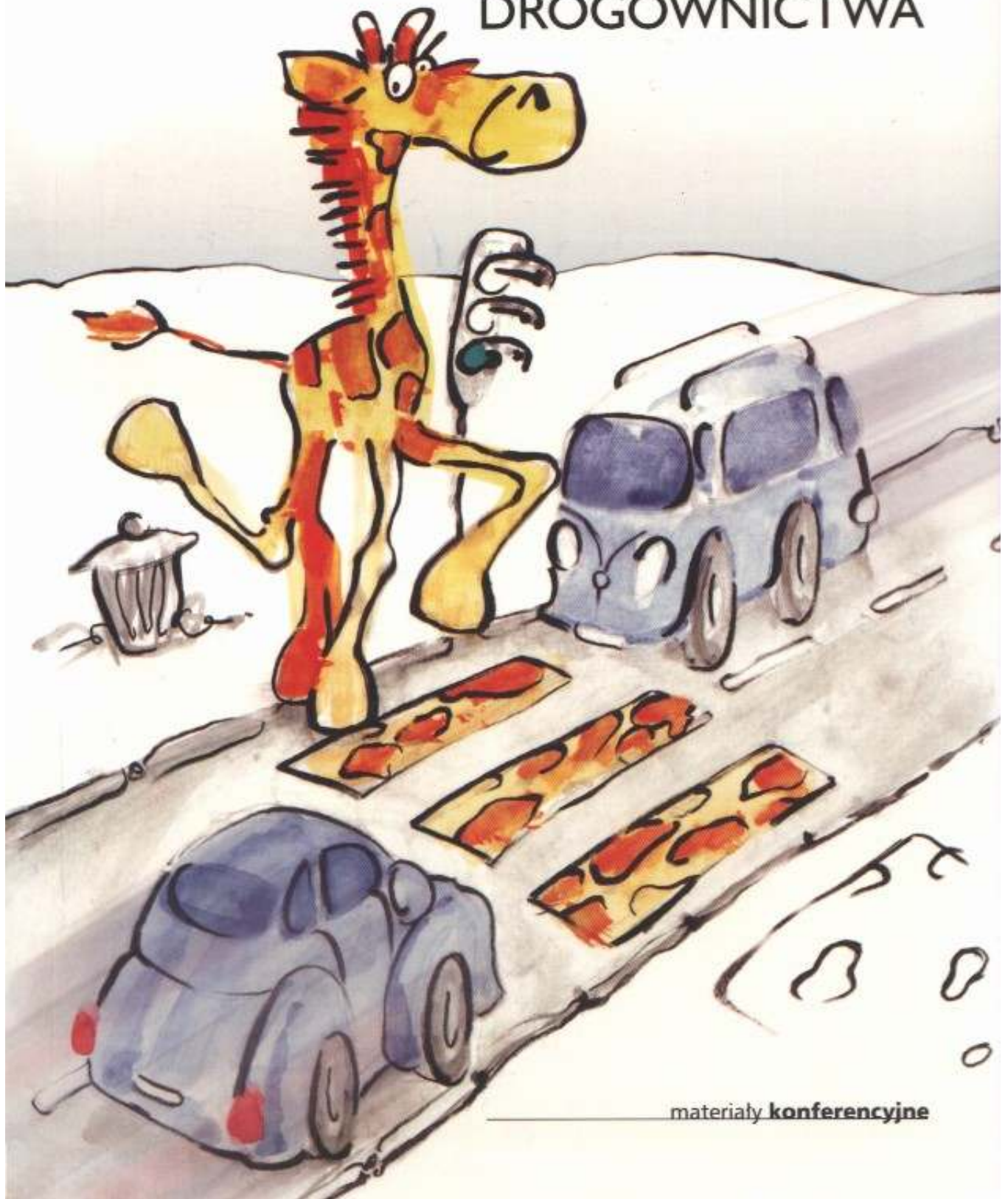


IV OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA DROGOWNICTWA



materiały konferencyjne

Technologie oczyszczania ścieków deszczowych pochodzących z dróg i parkingów w świetle polskiej normy PN-S-02204 "Odwodnienie dróg"

WSTĘP

Każdy kto korzysta czy w kraju czy zagranicą z dróg (szczególnie z autostrad) wie dobrze jak ważnym elementem komfortu podróżowania po drogach i autostradach jest dobre odwodnienie powierzchni dróg.

W swoim referacie nie będę zajmował się zagadnieniami związanymi ze sposobami ewakuacji wód, ścieków deszczowych (przewody kanalizacyjne, wpusty uliczne, rowy otwarte i ich lokalizacja itd.).

Nie będę zajmował się także ze sposobami zagospodarowania odprowadzanych z powierzchni dróg ścieków czyli takimi instalacjami jak zbiorniki retencyjne, zbiorniki odprowadzające, studnie chłonne, drenaże i kanalizacja miejska.

Skupię się tylko i wyłącznie na sposobach (technologiach) oczyszczania ścieków deszczowych pochodzących ze spływów powierzchniowych dróg.

Referat podzielony jest na następujące części.

- proponowana **definicja ścieków deszczowych** w świetle obowiązujących przepisów ustawy Prawo Wodne
- **charakterystyka ścieków deszczowych** oraz odpowiedzi na pytanie - kiedy wody opadowe stają się ściekami
- przedstawienie **wytycznych do projektowania** ścieków deszczowych biorąc pod uwagę wymagania normy PN-S-02204
- dostępne **techniki i technologie** oczyszczania ścieków deszczowych

1. CHARAKTERYSTYKA ŚCIEKÓW DESZCZOWYCH POCHODZĄCYCH ZE SPŁYWÓW POWIERZCHNIOWYCH DRÓG

Wychodząc z definicji instalacji (art. 3 pkt.6 ustawy Prawo Ochrony Środowiska Dz. U. Nr 62 z 20.06.2001r. poz. 627) należy stwierdzić, że droga, autostrada jest INSTALACJĄ czyli :

- a) stacjonarnym urządzeniem technicznym,
- b) zespołem stacjonarnych urządzeń technicznych powiązanych technologicznie, do których tytułem prawnym dysponuje ten sam podmiot i położonym na terenie jednego zakładu.
- c) obiektem budowlanym nie będącym urządzeniami technicznymi ani ich zespołami, których eksploatacja może spowodować EMISJĘ".

Jedną z emisji spowodowanych przez drogę, autostradę jest emisja ścieków w tym (art. 3 pkt. 38 ust. c ustawy Prawo Ochrony Środowiska Dz. U. Nr 62 z 20.06.2001 r. poz. 627)": "c) Wód opadowych lub roztopowych, ujętych w systemy kanalizacyjne, pochodzące z powierzchni zanieczyszczonych, w tym centrów miast, terenów przepływowych i składowych, baz transportowych oraz dróg i parkingów o trwałej nawierzchni", czyli ścieków deszczowych.

PROPOZYCJA DEFINICJI ŚCIEKÓW DESZCZOWYCH

Z punktu widzenia obowiązującej do 31.12.2001 ustawy Prawo Wodne, definicję ścieków opadowych (deszczowych) można było wyprowadzić bezpośrednio z art. 18 ust. 1 pkt. 1 oraz ust. 2 pkt. 3 tej ustawy, które to artykuły stanowiły, że:

"1. Ilekroć w ustawie jest mowa o:

- 1) **ściekach** - rozumie się przez to wprowadzane do

wód lub do ziemi substancje i energię, które ze względu na swój skład lub stan mogą **zanieczyszczać** wody, z wyjątkiem gnojówki i gnojowicy przeznaczonych do rolniczego wykorzystania w sposób i na zasadach określonych w przepisach o nawozach i nawożeniu; przez ścieki rozumie się także wody zanieczyszczone wprowadzone do urządzeń kanalizacyjnych"

oraz, że:

"2. Przepisy ustawy dotyczące:

- 3) ścieków - stosuje się odpowiednio do wód podgrzanych, skażonych promieniotwórczo, zasolonych, wód kopalnych oraz **zanieczyszczonych wód opadowych"**

W związku z tak zarysowaną definicją ścieków, która uzależnia zakwalifikowanie określonych wód jako ścieków z zależności od :

- stopnia ich zanieczyszczenia oraz
- rodzaju występujących w nich polutantów

powstaje pytanie - w którym momencie należałoby zacząć kwalifikować wody opadowe jako ścieki deszczowe czy jak to nazwano w ustawie "Prawo Wodne" **zanieczyszczone wody opadowe**? Innymi słowy jakie zanieczyszczenia w ściekach oraz jakie stężenia tych zanieczyszczeń upoważniają do stwierdzenia, że dane wody opadowe należy traktować jako ścieki deszczowe.

Odpowiedź na to pytanie z punktu widzenia prawa daje Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów

Naturalnych i Leśnictwa z 5 listopada 1991 (Dz. U. Nr 116 z 16 grudnia 1991 r.), które w § 9 pkt. 1 stanowi że:

"Do śródlądowych wód powierzchniowych, wód morskich mogą być wprowadzane ścieki opadowe:

- 1) z zanieczyszczonych: centrów miast, terenów przemysłowych, składowych, baz transportowych itp. - po oczyszczeniu **w stopniu** zapewniającym usunięcie **zawiesin ogólnych** oraz **substancji ekstrahujących się eterem naftowym** do wartości określonych w załączniku nr 2 rozporządzenia i przy zachowaniu warunków określonych w § 3;
- 2) z pozostałych terenów, jeżeli nie zawierają odpadów stałych."

Załącznik nr 2 do w/w rozporządzenia ustala te stężenia na:

- zawiesiny ogólnej do 50 mg/l
- substancji ekstrahujących się eterem naftowym do 50 mg/l (w tym ropopochodnych poniżej 15 mg/l),

Natomiast § 3 rozporządzenia określa dodatkowo **właściwości** ścieków m.in. deszczowych, które :

"Ścieki wprowadzane do śródlądowych wód powierzchniowych i wód morskich nie mogą:

- 1) powodować w tych wodach:
 - a) formowania się osadów i piany,
 - b) zmian naturalnej mętności, barwy i zapachu,
 - c) zmian w naturalnej biocenozie charakterystycznej dla wód;
- 2) zawierać:
 - a) odpadów stałych i ciał pływających,
 - b) węglowodorów chlorowanych (DDT, PCB i PCT)
 - c) substancji promieniotwórczych w ilościach większych od ustalonych odrębnymi przepisami,
 - d) patogennych drobnoustrojów pochodzących z obiektów , w których leczeni są chorzy na choroby zakaźne i przebywają rekonwalescenci po tych chorobach."

Należy podkreślić, że inne obowiązujące aktualnie akty prawne takie jak: **Ustawa o odpadach z 27 czerwca 1997r.** (art. 3 pkt. 3 podpunkt e) definiuje m. in. ścieki jako:

"wody opadowe pochodzące z terenów zanieczyszczonych , w tym z centrów miast, terenów przemysłowych, składowych, baz transportowych i dróg o dużym natężeniu ruchu wraz z parkingami."

czy **Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 19 maja 1999r.** w sprawie wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych stanowiących mienie komunalne, gdzie § 1 pkt. 2 wspomina o ściekach odpadowych , obok ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych, jako elemencie ścieków komunalnych, nie są tak **precyzyjne** jak Prawo Wodne czy Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z 5 listopada 1991 i nie pozwalają na próbę definicji ścieków deszczowych z punktu widzenia prawa.

W **nowej** definicji ścieków podanej w ustawie Prawo Wodne z 18 lipca 2001 r. (Dz. U. Nr 115 poz.1229) , wody deszczowe pozostały potraktowane w **całości jako ścieki**, przy czym zaliczenie ich do ścieków uzależnia się od miejsca ich

powstawania. W definicji tej enumeratywnie określa się wody, które gdy są wprowadzone do wód lub do ziemi do należy traktować jako ścieki i tak są to: (skrót)

- wody zużyte na cele bytowe lub gospodarcze,...
- ciekłe odchody zwierzęce...
- **wody opadowe lub roztopowe, ujęte w systemy kanalizacyjne, pochodzące z powierzchni zanieczyszczonych miast, terenów przemysłowych składowych, baz transportowych oraz dróg i parkingów o trwałej nawierzchni.**
- wody oddzielone ze składowisk...
- wody pochodzące z odwodnienia zakładów górniczych...
- wody wykorzystywane, odprowadzane z obiektów gospodarki rybnej...

Zgodnie z art. 45.1 nowej ustawy Prawo Wodne Minister Ochrony Środowiska określi:

- substancje szkodliwe dla środowiska wodnego, które winny być eliminowane (wykaz I)
- substancje szczególnie szkodliwe dla środowiska wodnego, które winny być ograniczane (wykaz II)
- metodyki referencyjne badania stopnia biodegradacji substancji powierzchniowo czynnych
- miejsce i częstotliwość pobierania próbek ścieków, metodyki referencyjne, analizy, itd.

Ponieważ Minister takiego rozporządzenia nie ogłosił ,na okres nie dłuższy niż 12 miesięcy tj do 31.12.2002 (art.. 218 Prawa Wodnego) obowiązują stare przepisy, czyli w kwestii ścieków deszczowych omawiane powyżej **Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z 5.11.1991r.**

Warto zwrócić uwagę, że z dniem 1.01.2002 zostały także wprowadzone stawki opłat za korzystanie ze środowiska, a katalog tych opłat rozszerzono właśnie m.in. o **zanieczyszczone wody opadowe**. Rozporządzenie to (Dz. U. Nr 130 z 15 listopada 2001 poz.1453) określa jednostkowe stawki opłat za:

- 1) gazy lub pyły wprowadzane do powietrza,
- 2) substancje wprowadzane ze ściekami do wód lub do ziemi,
- 3) wody chłodnicze,
- 4) umieszczenie odpadów na składowisku,
- 5) pobór wody podziemnej,
- 6) pobór wody powierzchniowej śródlądowej,
- 7) **pochodzące z powierzchni zanieczyszczonych wody opadowe lub roztopowe ujęte w systemy kanalizacyjne.**

Stawki te zostały ustalone następująco:

"§ 5. Jednostkowa stawka opłaty za wody opadowe lub roztopowe pochodzące z powierzchni zanieczyszczonych, o trwałej nawierzchni, ujęte w systemy kanalizacyjne, za wyjątkiem kanalizacji ogólnospławnej, wynosi:

- 1) 0,20 zł na rok za 1 m2 powierzchni terenów przemysłowych i składowych oraz baz transportowych, z zastrzeżeniem pkt 2,

- 2) 0,05 zł na rok za 1 m² powierzchni infrastruktury portów morskich,
- 3) 0,04 zł na rok za 1 m² powierzchni dróg i parkingów o nawierzchni szczelnej,
- 4) 0,06 zł na rok za 1 m² powierzchni parkingów o nawierzchni nieszczelnej, o ilości miejsc parkingowych powyżej 500 samochodów,
- 5) 0,03 zł na rok za 1 m² powierzchni o nawierzchniach szczelnych, innych niż wymienione w pkt 1 i 2, znajdujących się w miastach lub - jeżeli miasto podzielone jest na dzielnice - w dzielnicach miast o gęstości zaludnienia powyżej 1300 osób/km²."

Planowane zmiany w związku z art.45.1 ustawy Prawo Wodne idą w następującym kierunku:

- Ścieki opadowe ujęte w systemy kanalizacyjne o natężeniu odpływu do 100 l/s powodowanym opadem o częstotliwości występowania jeden raz w roku pochodzące z terenów przemysłowych, składowych, baz transportowych, centrów miast tj. z terenów o powierzchni biologicznie czynnej < 30 %, dróg ekspresowych, krajowych i wojewódzkich, z parkingów, z powierzchni szczelnych obiektów magazynowania i dystrybucji paliw powinny być oczyszczone przed wprowadzeniem do wód lub do ziemi w taki sposób, aby w odpływie zawartość zawiesiny ogólnej nie była większa niż **100 mg/l**, a zawartość substancji ekstrahujących się eterem naftowym - nie większa niż **50 mg/l**.
- Wody opadowe ujęte w systemy kanalizacyjne o natężeniach odpływu większych niż 100 l/s wywołane opadem o częstotliwości występowania jeden raz do roku pochodzące z terenów wymienionych w ust. 1, powinny być oczyszczane do wymagań jak w ust. 1 (powyżej), w ilości **20 %** odpływu lecz **nie mniejszej niż 100 l/s** przed wprowadzeniem do wód lub do ziemi w taki sposób jak w ust.1 (powyżej).

Podsumowując

Wszystkie wody deszczowe (opadowe) nie spełniające wymagań rozporządzenia - w szczególności wymagań co do zawiesiny i substancji ekstrahujących się z eterem naftowym, należy traktować jako **ŚCIEKI DESZCZOWE i w dalszej konsekwencji je oczyszczać (stan prawny do momentu opublikowania rozporządzenia o tzw. standardach emisji art. 45.1 ustawy Prawo Wodne).**

Innymi słowy za ścieki deszczowe należy przyjąć wszystkie wody opadowe, w których przed zrzutem do wód powierzchniowych stężenia zawiesiny ogólnej i substancji ekstrahujących się eterem naftowym przekraczają **50 mg/dm³** (przed zmianami)

Zmiany ustawy Prawo Wodne zaostrzają kryteria włączania wód deszczowych do kategorii ścieków poprzez enumeratywne zaliczenie tych wód do kategorii ścieków, poprzez obciążenie odprowadzania tych ścieków opłatami, przy jednoczesnym zachowaniu tzw. warunku **BAT** best available technology (by-passy i podwyższenie normy na zawiesiny). W dalszej części referatu przedstawimy jaki wpływ mają te zmiany na zaliczenie wód opadowych do kategorii ścieków oraz na technologie oczyszczania ścieków deszczowych.

CHARAKTERYSTYKA ŚCIEKÓW DESZCZOWYCH

Biorąc pod uwagę jako punkt wyjściowy w/w definicję ścieków deszczowych, należałoby się skupić na określeniu jakie wody opadowe przekraczają stężenie zawiesiny ogólnej i substancji ekstrahujących się eterem naftowym (50 mg/dm³ 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 stężenia zawiesiny ogólnej i substancji ekstrahujących się eterem naftowym należy przyjąć odpowiednio 100 i 50 mg/dm³).

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/dm³, a z dachów - 50 mg/dm³.

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

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

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:

- rodzaj zlewni - np. miejska, przemysłowa, mieszkaniowo-handlowa
- pory roku - np. największe stężenie zanieczyszczeń

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 50mg/dm³. 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 odladzające, 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 na przykład.:

- 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 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.

(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 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

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 **zmienność** 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 zrzuć ładunku zanieczyszczeń w jednostce czasu**, która w literaturze przedmiotu nazywana jest efektem kumulatywnym

zanieczyszczeń (polutantów) w tych ściekach kuluje 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 kuluje się odpowiednio:

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

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

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 zawiesziną.

W przypadku węglowodorów byłyby to oleje, smary i paliwa, które wydzieliły 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 łu.

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 zawiesinę tę można traktować jako ziarnistą o stałej prędkości opadania. Jednak procentowy rozkład zawiesiny (objętościowo

	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	-

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

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 zawiesinę trudnoopadającą (30-50 µm.) niż łatwoopadającą.

Podsumowanie

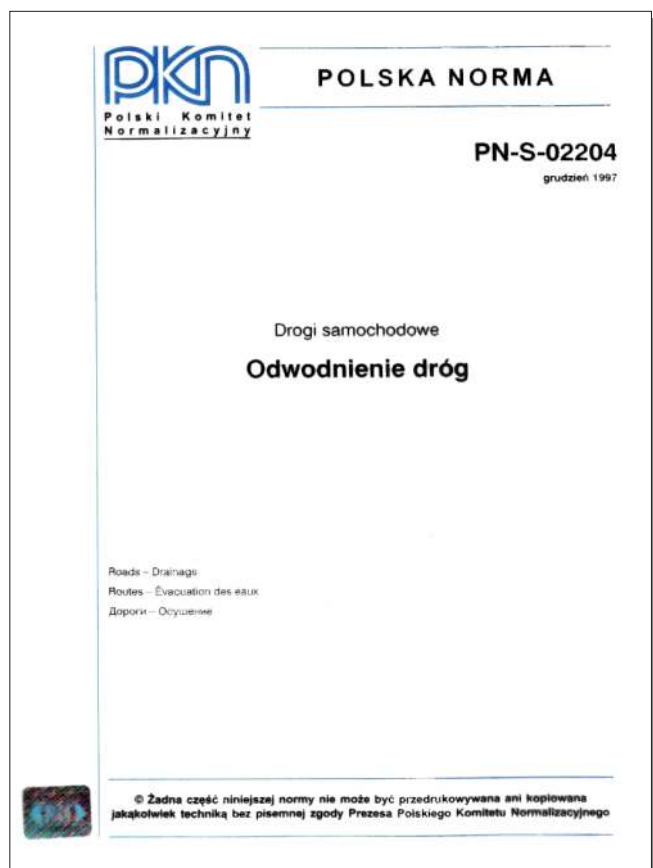
Pomimo wysokiej zmienności stężeń zawiesiny i substancji ekstrahujących się eterem naftowym, można stwierdzić, iż wody opadowe po przejściu przez **fazę spływu powierzchniowego** stają się ściekami deszczowymi w rozumieniu zaproponowanej definicji. W ściekach deszczowych pochodzących z powierzchniowego 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 zawiesziny 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 nastąpić groźne zjawisko wtórnego zanieczyszczenia odbiornika. Należy właściwie eksploatować sieć kanalizacyjną i elementy oczyszczalni ścieków deszczowych (separatory, osadniki, osadniki wielostrumieniowe).

2. WARUNKI TECHNICZNO TECHNOLOGICZNE DO PROJEKTOWANIA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW DESZCZOWYCH WEDŁUG WYMAGAŃ POLSKIEJ NORMY PN-S-02204 "DRÓGI SAMOCHODOWE - ODWODNIENIE DRÓG" - PRZYKŁAD LICZBOWY.



Warunki doboru **technologii** oczyszczania ścieków deszczowych opisane są szczegółowo w polskiej normie PN-S-02204 "Drogi samochodowe - odwodnienie dróg" opublikowanej 19 grudnia 1997r. (uchwała PKN nr 45/97-o). W niniejszym referacie skupimy się tylko i wyłącznie na omówieniu parametrów technologicznych oczyszczalni, pomijając określone w tej normie warunki projektowania sieci kanalizacyjnej do odprowadzenia ścieków deszczowych z powierzchni dróg. Następujące punkty normy określają:

- **Punkt 3.2.1 Normy** - dopuszczalne stężenia na odpływie
- **Punkt 3.2.2 Normy** - konieczność sedimentacji oraz minimalną sprawność oczyszczalni
- **Punkt 4.3.5 Normy** - dopuszczalne obciążenie hydrauliczne separatora
- **Punkt 4.3.1 Normy** - możliwość stosowania przelewów by-pass
-

W punkcie **3.2.1** tej normy określona jest **skuteczność** jaką winny posiadać instalacje oczyszczające ścieki deszczowe odprowadzane do naturalnych cieków wodnych. Zezwala się na oprowadzanie do śródlądowych wód powierzchniowych, morskich i do wód gruntowych ścieków opadowych z dróg po uprzednim ich oczyszczeniu w stopniu zapewniającym usunięcie:

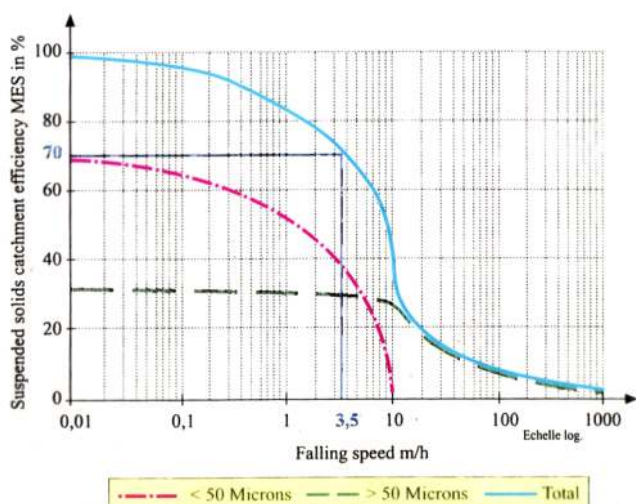
- zawiesiny ogólnej do 50 mg/l
- substancji ekstrahujących się eterem naftowym do 50 mg/l .
-

W tym punkcie norma PN-S-02204 nie wnosi nic ponad wymagania dotyczące ścieków deszczowych określonych w 9.1 Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z 5 listopada 1991r. (Dz.U. Nr 116 z 16 grudnia 1991 r.). Norma ta będzie musiała być zmieniona po wprowadzeniu zmian wynikających z art.45.1.3 ustawy Prawo Wodne (dopuszczalne stężenie zawiesiny 100 mg/l patrz punkt definicja ścieków deszczowych).

W punkcie 3.2.2 w/w normy za technologiczny wymóg oczyszczania ścieków deszczowych (minimalną sprawność oczyszczalni) ustala się usunięcie minimum 50% wagowo frakcji drobnej zawiesiny zanieczyszczającej ścieki deszczowe , przy czym jako zawiesinę drobną rozumie się zawiesinę o średnicy ziaren poniżej 50 µm. Dodatkowym wymogiem technologicznym określonym w tej normie jest stosowanie przy oczyszczaniu ścieków zjawiska sedymentacji, co implikuje zastosowanie różnego rodzaju osadników.

Wykres 1 przedstawia zależność pomiędzy obciążeniem hydraulicznym oczyszczalni ścieków deszczowych, a relatywną skutecznością usuwania zawiesiny o średnicy ziaren poniżej 50µm (krzywa koloru czerwonego) oraz powyżej 50 µm (krzywa koloru zielonego). Krzywa koloru niebieskiego ich sumą . Jak widać z poniższego wykresu, aby uzyskać 50 % sprawność w usuwaniu zawiesiny drobnoziarnistej o granulacji 50 µm trzeba zaprojektować oczyszczalnię o dopuszczalnym obciążeniu hydraulicznym o. 4 m/h (połowa odcinka odciętej 0-70 %).

Warunek określający minimalną sprawność oczyszczalni na minimum 50% wagowo frakcji drobnej zawiesiny zanieczyszczającej ścieki deszczowe, przy czym jako zawiesinę drobną rozumie się zawiesinę o średnicy ziaren poniżej 50µm, został ustanowiony dlatego, że większość polutantów ścieków deszczowych kumuluje się w zawieszynie, a dodatkowo zawiesiny drobnoziarnistej jest w ogólnej masie zawiesiny proporcjonalnie dużo więcej niż gruboziarnistej (szybkoopadającej) tj. 70-80 %.



Wymogi te mają bardzo poważny wpływ na dobór technologii oczyszczania ścieków deszczowych w separatorach lub osadnikach, ponieważ w punkcie 4.3.5 normy określono **minimalne powierzchniowe obciążenie hydrauliczne** (prędkość sedymentacji) [m³/m²/h lub m/h] jakie winna posiadać oczyszczalnia ścieków deszczowych, aby mogła spełnić warunek określony w punkcie 3.2.2 normy. Tabela 7 normy

określa ten parametr na **4,1 m/h**. (Indeks 50 przy prędkości sedymentacji v_{50} to sprawność osadnika).

Od strony pracy oczyszczalni ścieków deszczowych oznacza to, że zatrzymane w niej muszą być wszystkie zawiesiny o prędkości sedymentacji większej niż 4,1 m/h. Od strony technologicznej oznacza, że na każdy 1 m³/h przepływu ścieków deszczowych potrzebne jest przynajmniej 0,24 m² powierzchni aktywnej, po to aby utrzymać zakładaną 50% sprawność.

W praktyce ze względu na obliczanie przepływu deszczu miarodajnego w l/s, parametr ten określany jako odwrotność dopuszczalnego obciążenia hydraulicznego podaje się w m²/l/s (odpowiednio dla 4,1 m/h wynosi on 0,89 m²/l/s). Tak więc dobrze zaprojektowana oczyszczalnia ścieków deszczowych musi posiadać odpowiednią powierzchnię czynną zapewniającą uzyskanie zakładanej **stałej** sprawności instalacji. Wymusza to na producencie urządzeń, wykonania dokładnych obliczeń obciążenia hydraulicznego i zastosowania odpowiednich materiałów i konstrukcji.

Ostatnim ważnym elementem technologicznym określonym w tej normie jest możliwość stosowania w oczyszczalni ścieków deszczowych systemów przelewów typu **by-pass**. Zostało to opisane w punkcie 4.3.1 normy w ten sposób, że za jako miarodajny przepływ dla określania parametrów technologicznych oczyszczalni ścieków deszczowych przyjęto natężenie opadu 15 l/s/ha. Oznacza to w praktyce, że tylko pierwsza fala zanieczyszczeń (15-20% natężenia miarodajnego z danej zlewni) winna być oczyszczona w oczyszczalni ścieków deszczowych np. osadniku wielostrumieniowym czy separatorze. Natomiast pozostała część ścieków może zostać odprowadzona do odbiornika. To z kolei wymusza na producencie urządzeń stosowanie precyzyjnych i niezawodnych regulatorów przepływu, które pozwolą wydzielić część ścieków i doprowadzić do oczyszczalni. Niestety autorzy normy nie podali dla jakiego deszczu miarodajnego obliczone zostało to natężenie. Według stanowiska Instytutu Ochrony Środowiska w Warszawie jako częstość występowania należy do obliczeń przyjmować deszcz jednoroczny o minimalnym czasie trwania $t_n = 15$ min. **Polska norma dopuszcza stosowanie przelewów typu by-pass na oczyszczalniach ścieków deszczowych ze względu na występowanie charakterystycznego dla tych ścieków efektu szokowego (effect de choc) i kumulatywnego (effect cumulatif). Stosowanie systemów by-pass dla inwestora jest bardzo korzystne ze względu na koszt inwestycji oraz przyszłe koszty eksploatacji.**

W celu przybliżenia wymagań technologicznych związanych z normą PN-S-02204 przedstawiamy uproszczony przykład obliczeń parametrów oczyszczalni ścieków deszczowych.

Celem obliczeń jest ustalenie:

- **dopuszczalnego** obciążenia hydraulicznego przy planowanej względnej i bezwzględnej sprawności oczyszczalni ścieków deszczowych
- stosunku **przepływu** ścieków deszczowych ze zlewni do **przepływu** miarodajnego ścieków do oczyszczalni proporcja odbiornik/by-pass

W celu uproszczenia obliczeń dopływu ścieków deszczowych do oczyszczalni przyjmujemy jako parametr wyjściowy powierzchnię zlewni zredukowaną równą $F = 10,000 \text{ m}^2 = 1 \text{ ha}$

A. Obliczanie bezwzględnego stężenia zawiesiny ogólnej na dopływie do oczyszczalni ścieków deszczowych

Natężenie ruchu w obu kierunkach tyś. poj. rz./dobę	Zawiesiny ogólne w spływach z terenów zabudowanych mg/dm ³	Zawiesiny ogólne w spływach z terenów zabudowanych mg/dm ³
1	30	30
5	100	125
10	185	220
15	200	240
20	220	265
25	235	280
30	245	295
35	257	310
40	265	320
60	290	350
80	300	360
100	305	365

Tablica 6 normy PNS-02204:1997 - Wartość stężeń zawiesin ogólnych w ściekach deszczowych z drogi o czterech pasach ruchu (w obu kierunkach)

O ile nie znamy rzeczywistych stężeń zawiesiny ogólnej na dopływie do oczyszczalni ścieków deszczowych, przyjmujemy je z tabeli 6 normy np. 280 mg/l.

B. Obliczanie bezwzględnego stężenia substancji ekstrahujących się eterem naftowym (SEEN) na odpływie do oczyszczalni ścieków deszczowych

Podobnie postępujemy w przypadku stężeń substancji ekstrahujących się eterem naftowym, przy czym zgodnie z punktem 4.3.3 normy stężenie to wyniesie dla naszego przykładu około $280 \text{ mg/dm}^3 \times 0,08 = 22,4 \text{ g/dm}^3$. Poprzez zastosowanie tak niskiego współczynnika (8%) norma potwierdza obserwowane w praktyce zjawisko, że na zlewniach drogowych stężenie substancji ekstrahujących się eterem naftowym (w tym ropopochodnych) na wlocie jest niskie, natomiast podstawowym polutantem w ściekach deszczowych jest zawiesina.

C. Obliczanie względnej sprawności oczyszczalni ścieków deszczowych

Zanieczyszczenie	Dopływ w mg/dm ³	Odpływ wg. punktu 3.2.1 normy	Względna sprawność oczyszczania
Zawiesina ogólna	280	50	$(280-50)/280 = 80\%$
Substancje ekstrahujące się eterem naftowym	22,4	50	nie ma potrzeby oczyszczania ścieków

Zgodnie a punktem 3.2.1 normy stężenie zawiesiny ogólnej i substancji ekstrahującej się eterem naftowym na odpływie nie powinno przekroczyć 50 mg/dm^3 .

D. Obliczanie dopuszczalnego obciążenia hydraulicznego oczyszczalni ścieków deszczowych na podstawie krzywej empirycznej Chebbo

Sprawdzamy parametr obciążenia hydraulicznego w porównaniu z względną sprawnością oczyszczalni posługując się wykresem 1. Aby osiągnąć sprawność ok. 80% dla zawiesiny ogólnej, obciążenie musi wynosić ok. 2 m/h (krzywa niebieska).

E. Obliczanie dopuszczalnego obciążenia hydraulicznego oczyszczalni niezbędego do usunięcia 50% zawiesiny drobnoziarnistej

Zgodnie z punktem 3.2.2 normy należy usunąć co najmniej 50% zawiesiny drobnoziarnistej o granulacji poniżej $50 \mu\text{m}$. Korzystamy z tabeli 7 normy i ustalamy jako graniczne dla obciążenia hydrauliczne $\text{CHS} < 4,1 \text{ m/h}$.

Frakcja osadu μm	Prędkość V_{10} m/h	Prędkość V_{50} m/h	Prędkość V_{90} m/h	Proporcje wagowe %
< 50	0,13	4,1	11,43	68
> 50	13	50	326	32
Razem	0,37	7,2	89	100

F. Obliczenie proporcji przepływu ścieków deszczowych przez oczyszczalnię Q_0 do przepływu ścieków deszczowych ze zlewni Q_m

Punkt 4.3.2 normy dopuszcza stosowanie przelewów czyli systemów by-pass w oczyszczalniach ścieków deszczowych określając jako miarodajne dla pracy takiej oczyszczalni natężenie $q_e = 15 \text{ dm}^3/\text{s/ha}$. Dla większości zastosowań przy projektowaniu systemu kanalizacji deszczowej dla zlewni o powierzchni mniejszej niż 50 ha, w polskiej praktyce projektowej oraz zgodnie z wytycznymi Instytutu Ochrony Środowiska w Warszawie jako miarodajny czas trwania deszczu przyjmuje się opad trwający 15 minut z prawdopodobieństwem wystąpienia $p = 20\%$ lub 100% .

W zależności od przyjętego prawdopodobieństwa wystą-

Prawdopodobieństwo p %	Czas trwania t_m min	q_e punkty 4.3.1 normy $\text{dm}^3/\text{s/ha}$	Q_0 dm^3/s	q_m $\text{dm}^3/\text{s/ha}$	Q_m dm^3/s	Q_0/Q_m %
100	15	15	15	77,2	77,2	20
20	15	15	15	132,1	132,1	10
5	15	15	15	209,6	209,6	7

pienia opadu, relacja przepływu przez oczyszczalnię Q_0 do przepływu ścieków z całej zlewni Q_m waha się w granicach od **10% do 20%**.

Dla naszego przykładu, gdzie $F = 1 \text{ ha}$, przy różnych czasach trwania opadu relacja Q_0/Q_m kształtuje się tak jak pokazuje to tabela powyżej.

Tak jak zaznaczono na wstępie autorzy normy nie podali dla jakiego deszczu miarodajnego obliczone zostało natężenie q_e równe $15 \text{ dm}^3/\text{s/ha}$. Według stanowiska Instytutu Ochrony Środowiska w Warszawie jako częstość występowania

należy do obliczeń przyjmować deszcz jednoroczny $p = 100\%$ o minimalnym czasie trwania $t_m = 15$ min., stąd też **proporcja Q_p/Q_m winna wynosić ok. 20%**. Należy zwrócić uwagę, że

proporcja ta jest w dużej mierze zbieżna z propozycjami Ministerstwa Środowiska w zakresie ustalenia standardów emisji dla wód opadowych.

3. PRZEGLĄD TECHNOLOGII OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW DESZCZOWYCH ZNAJDUJĄCYCH ZASTOSOWANIE PRZY OCZYSZCZANIU ŚCIEKÓW DESZCZOWYCH POCHODZĄCYCH ZE ZLEWNI DROGOWYCH

Zarówno na Zachodzie Europy jak i u nas w kraju do oczyszczania ścieków deszczowych stosuje się mechaniczne oczyszczalnie ścieków. W oczyszczalniach tych zachodzą procesy sedymentacji i flotacji zanieczyszczeń. Ze względu na niskie obciążenie SEEN i substancjami ropopochodnymi ścieków deszczowych pochodzących ze zlewni o charakterze komunikacyjnych, szczególnego znaczenia nabierają zjawiska sedymentacji, a wysiłek projektowy musi być skupiony na usuwaniu zawiesiny ogólnej ze szczególnym uwzględnieniem drobnoziarnistej. Jednocześnie trzeba pamiętać o tym, że gro zanieczyszczeń (metale ciężkie, ChZT, ropopochodne) kumuluje się właśnie w zawieszynie, a więc jej usunięcie ma decydujące znaczenie dla jakości odprowadzanych ścieków.

Większość konstrukcji oczyszczalni opiera się na teorii usuwania zawiesiny ziarnistej sformułowanej przez von Hazena (1904). Dla sprawności oczyszczalni miarodajna jest jej powierzchnia, która dobrana jest do przepływu. Stosunek ten określa parametr nazywany **dopuszczalnym obciążeniem hydraulicznym (CHS)** [$m^3/m^2/h$] lub tożsama z nim pod względem matematycznym najmniejsza prędkość opadania cząstki zawiesiny [m/h]. Interpretacja fizyczna jest następująca: określa on graniczny dopływ ścieków do osadnika, separatora lub innego urządzenia dla którego przy zakładanej powierzchni osadnika sprawność oczyszczalni jest stała. W praktyce projektowej stosuje się także odwrotność dopuszczalnego obciążenia hydraulicznego tj. współczynnik separacji (CS) $m^2/(l/s)$, który określa ilość powierzchni aktywnej netto w osadniku czy separatorze przypadający na każdy l/s dopływu ścieków przy założeniu stałej sprawności instalacji.

Warto zaznaczyć, że głębokość osadnika dla sprawności usuwania zawiesiny nie jest decydująca.

A. ROWY I POWIERZCHNIE TRAWIASTE, STAWY I ZBIORNIKI RETENCYJNE, BASENY I ROWY INFILTRACYJNE, OSADNIKI (W TYM WIELOSTRUMIENIOWE)

Są to zbiorniki wykorzystujące naturalne procesy samooczyszczania się środowiska. Praktyka wskazuje, że dobrze zaprojektowany rów trawiasty jest bardzo skuteczną instalacją do oczyszczania ścieków deszczowych (redukcja zawiesin w granicach od 41 do 94 %). Wszędzie gdzie to możliwe należy unikać stosowania kanałów podziemnych i rowów uszczelnionych. Szczegółowe zasady projektowania rowów trawiastych i warstw chłonnych opisane są w:

- pkt. 1.5.12, 3.1.3 i 3.1.7 normy PN-S-02204,
- rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 2 marca 1999 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie Dz. U. Nr 43 poz. 430 (par.108.4, pkt.3 i 4)
- rozporządzeniu Rady Ministrów z 12 czerwca 1997 r

(par. 60.4 ust. 4)

- rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 30 maja 2000 r w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 63, poz.735, par.142)

W skrócie można powiedzieć, że istnieją pewne ograniczenia stosowania naturalnych sposobów oczyszczania ścieków deszczowych, które to ograniczenia sprowadzają się do następujących sytuacji:

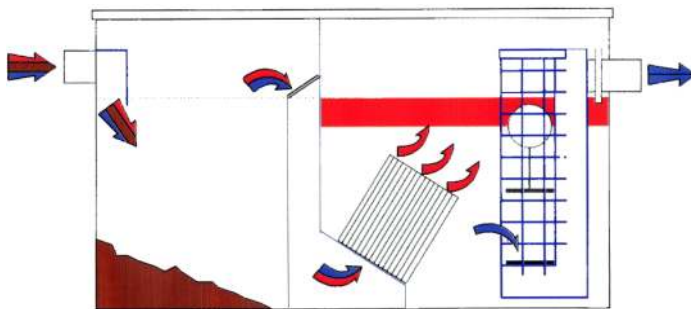
- ochrona wód podziemnych punkt 3.3.1, 3.3.2 i 3.3.3 normy PN-S-02204
- wielkości zlewni do 2 ha (par. 60.4. ust.4 w/w rozporządzenia)
- przepływu nie większego niż 40 l/s dla obiektów mostowych (par. 142 w/w rozporządzenia)

W tych uzasadnionych przypadkach konieczne jest stosowanie takich urządzeń jak:

B. SEPARATORY KOALECENCYJNE

Są instalacjami typu przepływowego tzn. w urządzeniach tych w sposób mechaniczny następuje oddzielenie (separacja) olei wolnych od reszty ścieków podczas ich przepływu. Dodatkowo separatory koalescencyjne wyposażone są we wkłady koalescencyjne, których zadaniem jest zwiększenie powierzchni aktywnej w separatorze, a poprzez to wzbudzenie lub przyspieszenie zjawiska koalescencji flotujących kropli produktów ropopochodnych. W zależności od producenta jako materiał koalescencyjny wykorzystywane są: gąbki poliuretanowe, żaluzje stalowe, pakiety mające strukturę plastra miodu. Ważne jest uzyskanie informacji od producenta na temat powierzchni właściwej stosowanego materiału oraz uzyskiwanego współczynnika separacji oraz powierzchniowego obciążenia hydraulicznego CHS.

Zasadę działania separatora koalescencyjnego przedstawia poniższy schemat.



Separatorzy są urządzeniami przepływowymi, w których następuje wydzielenie zarówno lżejszych od wody substancji ropopochodnych jak i cięższej od wody zawiesiny. Na wylocie

Przyczyny zastosowania separatorów	Opis
a)	oczyszczanie ścieków procesowych pochodzących z myjni pojazdów, mycia części zanieczyszczonych olejem, warsztatów samochodowych i mechanicznych
b)	oczyszczanie ścieków deszczowych z terenów narażonych na zanieczyszczenie węglowodorami (parkingi, stacje paliw, tereny przemysłowe)
c)	prewencyjne zatrzymanie potencjalnie dużych wycieków substancji ropopochodnych (stacje transportowe, stacje przeładunkowe, bazy magazynowe paliw)

Współczynnik gęstości f_d (pkt. 4.3.2.2 normy). Wraz z wzrastającym ciężarem właściwym oddzielanych w separatorze substancji ropopochodnych, wzrasta czas flotacji cząstek. Jednocześnie im bardziej zaawansowany technicznie system separacji, tym mniejszy współczynnik gęstości f_d , a co za tym idzie wielkość nominalna separatora.

Gęstość substancji ropopochodnych g/cm^3	współczynnik f_d		
	do 0,85	od 0,85 do 0,90	ponad 0,90
System separacji			
S-II-P	1	2	3
S-I-P	1	1,5	2
S-II-I-P	$f_d = 1$ niezależnie od gęstości		

Tabela 9. Współczynnik gęstości f_d .

Przy czym według warunków normy pr EN - 858:2000 (E) systemy separacji mogą składać się z następujących elementów przedstawionych w tabeli 10.

Element	Oznaczenie
Osadnik	S
Separator klasy II	II (IIb dla separatora z by-passem)
Separator klasy I	I (Ib dla separatora z by-passem)
Studnia probiercza	P

Tabela 10.

gdzie:

- separator klasy I - to separator koalescencyjne - stężenie substancji ropopochodnych na odpływie ≤ 5 mg/l,

- separator klasy II - to separator grawitacyjne - stężenie substancji ropopochodnych w odpływie ≤ 100 mg/l.

Gęstości wybranych węglowodorów w temp. 15-20°C w g/m^3 według załącznika A do normy EN 858:2000 (E) dla doboru współczynnika f_d przedstawia tabela 11.

Gęstości		Separowalność
Benzen	-0,880	tak
Olej opałowy lekki	-0,870	tak
Olej opałowy średni	-0,920	tak
Olej opałowy ciężki	-0,940-0,990	ograniczona do gęstości $\leq 0,950$
Benzyna	-0,680-0,750	tak
Olej smarowy	-0,900	tak
Olej napędowy	-0,850	tak
Olej transformatorowy	-0,820 (nie zawierający PCB)	tak
Oleje smarownicze	-0,890	tak
Kerozyna (paliwo lotnicze)	-0,800	tak
Olej transformatorowy	-0,820 (zawierający PCB)	nie
Aceton	-0,791	nie

Tabela 11.

Ścieki procesowe Q_s (pkt. 4.3.4 normy). Dla ścieków rodzaju a) (patrz tabela 2) maksymalny przepływ powinien być określany biorąc pod uwagę sumę przepływów ze wszystkich procesów.

W przypadku mycia samochodów przepływ Q_s może być przyjmowany jako suma:

$$Q_s = Q_{s1} + Q_{s2} + Q_{s3} + \dots$$

gdzie na przykład:

- Q_{s1} - ścieki z zaworów czerpalnych w l/s,
- Q_{s2} - ścieki z myjni samochodowej w l/s,
- Q_{s3} - ścieki z agregatów wysokociśnieniowych w l/s.

Zawory czerpalne Q_{s1} . Gdy nie jest możliwe zmierzenie rzeczywistej ilości ścieków z zaworów czerpalnych to wartość Q_{s1} powinna być obliczana jako suma przepływów z poszczególnych zaworów $Q_{r,i}$, zgodnie z tabelą 12, uwzględniając prawdopodobieństwo ich równoczesnego otwarcia.

W przypadku różnej wielkości zaworów obliczenia należy przeprowadzać od największego do najmniejszego zaworu.

Średnica nominalna	Zawór	Zawory czerpalne Wydatek Q_r w l/s **)				
		1 zawór	2 zawór	3 zawór	4 zawór	5 zawór i dla każdego następnego
DN 15 R		0,5	0,5	0,35	0,25	0,1
DN 20 R		1	1	0,7	0,5	0,2
DN 25 R		1,7	1,7	1,2	0,85	0,3

**) Wartości podano dla ciśnienia 4-5 bar, dla innych ciśnień wydatki będą inne.

Tabela 12. Wydatki zaworów czerpalnych.

Przykład obliczenia Q_s dla jednego zaworu DN 15, jednego zaworu DN 20 i dwóch zaworów DN 25:

1 zawór DN 25	- 1,7 l/s
2 zawór DN 25	- 1,7 l/s
3 zawór DN 20	- 0,7 l/s
4 zawór DN 15	- 0,25 l/s
Q_{s1}	= 4,35 l/s

Myjnia samochodowa Q_{s2} .

Mycie ręczne - ścieki z mycia ręcznego powinny być obliczane zgodnie z tabelą 6 dla mycia wodą z węża i zgodnie z Q_{s3} dla mycia za pomocą agregatów wysokociśnieniowych.

Myjnie automatyczne - gdy używane są myjnie o ciśnieniu ponad 20 bar z dodatkowymi procedurami powodującymi zanieczyszczenie odpływu cieczami lekkimi, to dla każdej myjni należy przyjmować 2 l/s plus dodatkowo Q_{s3} dla każdego agregatu wysokociśnieniowego.

W przypadku myjni nietypowych bez urządzeń mechanicznych należy przyjmować rzeczywistą ilość ścieków. Redukowanie przepływu Q_{s2} dla instalacji z recykulacją i przelewem do kanalizacji jest niedopuszczalne.

Agregaty wysokociśnieniowe Q_{s3} . Na każdy pierwszy agregat wysokociśnieniowy należy przyjmować 2 l/s, zaś na każdy następny - 1 l/s ścieków. Jeżeli agregat wysokociśnieniowy jest używany łącznie z myjnią automatyczną to należy przyjmować dla niego 1 l/s ścieków.

Ścieki deszczowe Q_r (pkt. 4.3.5 normy). Dla ścieków rodzaju **b)** (patrz tabela 2) wielkość separatora zależy od powierzchni i natężenia obliczeniowego deszczu.

Obliczeniowy przepływ ścieków deszczowych powinien być obliczany ze wzoru:

$$Q_r = \Psi \cdot i \cdot A$$

gdzie:

- i - natężenie obliczeniowe deszczu w l/s·ha,
- A - powierzchnia rzutu poziomego terenu, z którego są odprowadzane ścieki deszczowe w ha,
- Ψ - współczynnik spływu, normalnie przyjmowany jako równy 1 dla małych szczelnych powierzchni.

Natężenie deszczu powinno być przyjmowane stosownie do miejscowych warunków i przyjętego prawdopodobieństwa jego pojawiania się.

Dla większości obszaru Polski, z wyjątkiem terenów górzystych, zaleca się przyjmować $i = 150$ l/s·ha, co odpowiada deszczowi o prawdopodobieństwie pojawienia się 20% (raz na 5 lat) i czasie trwania ok. 12 min.

Dla zlewni o powierzchni ponad 1 ha należy wprowadzać współczynnik opóźnienia ϕ lub obliczać czas trwania deszczu miarodajnego i stosownie do niego, natężenie obliczeniowe deszczu.

Wymiarowanie osadników (pkt. 4.4 normy). Separatory powinny posiadać odpowiedniej wielkości osadniki. Minimalna wielkość osadnika powinna być określana w zależności od wielkości nominalnej separatora i generalnie powinna być przyjmowana w zgodzie z tabelą 13.

Spodziewane ilości osadów		Minimalna objętość osadnika*) w litrach bez osadnika
żadna	np. dla kondensatów	
mała **)	- ścieki procesowe z małą ilością osadów - ścieki deszczowe z terenów stosunkowo czystych jak obwałowania zbiorników magazynowych, zakryte stacje paliw, parkingi podziemne itp.	$\frac{100 \cdot NS}{fd}$
średnia***)	- stacje benzynowe, ręczne myjnie samochodów, mycie części - myjnie autobusów - parkingi otwarte - zakłady przemysłowe	$\frac{200 \cdot NS}{fd}$
wysoka	- myjnie samochodów ciężarowych - myjnie maszyn rolniczych - myjnie maszyn budowlanych - myjnie automatyczne samochodów (minimalna objętość osadnika 5000 l)	$\frac{300 \cdot NS}{fd}$

*) określona dla statycznego poziomu cieczy w separatorze**) nie dotyczy separatorów ? NS 10, z wyjątkiem zakrytych parkingów***) minimalna objętość osadnika 600 l

Tabela 13. Objętości osadników

Dla automatycznych myjni samochodowych jest wymagana minimalna objętość osadnika 5000 l, która może być podzielona na kilka równoległych osadników.

Obliczona według formuły $(Q_r + f_x Q_s) \times f_o$ wielkość nominalna NS separatora, zapewnia, że:

- instalacja nie zostanie przewymiarowana,
- system oczyszczania ścieków będzie odpowiadał warunkom w jakich ma pracować,
- stężenia substancji ropopochodnych na odpływie z separatora nie przekroczą wielkości określonych w tej normie (test laboratoryjny)

C. SYSTEMY BY-PASS

Częściowe oczyszczanie ścieków deszczowych przy zastosowaniu przelewu burzowego typu by-pass można stosować wszędzie tam, gdzie nie występuje niebezpieczeństwo nagłego skażenia wód opadowych dużą ilością substancji ropopochodnych. Podczas deszczu nawalnego pierwsza fala wód opadowych, która splukiwała powierzchnie zaolejone oczyszczana jest w separatorze, natomiast reszta wód opadowych po podpiętrzeniu kierowana jest bezpośrednio do odbiornika. Przy tym sposobie konieczne jest stosowanie precyzyjnego regulowania dopływu ścieków do separatora, aby wykluczyć niebezpieczeństwo wypłukania zgromadzonych w nim cieczy lekkich przez deszcz nawalny.

Oprócz regulatora dopływu, sam przelew burzowy jest zasyfonowany, co zapobiega wydostaniu się zawiesiny wolno opadającej oraz ropopochodnych poprzez by-pass do odbiornika, a po ustaniu deszczu powoduje skierowanie tych zanieczyszczeń do separatora. Istnieje kilka sposobów projektowania instalacji typu by-pass, z których przedstawiamy przykładowe dwa:

- **oczyszczanie poprzez studzienkę kierującą z kolektora głównego do separatora**

Taka instalacja składa się ze studni regulacyjno-kierującej, wyposażonej w regulator dopływu i przegrodę syfonu, oraz zintegrowanego separatora koalescencyjnego, do którego kierowane są najbardziej obciążone ropopochodnymi i zawiesiną ścieki (pierwsza fala zanieczyszczeń). Sam separator dobrany jest w taki sposób, aby ścieki odpowiadały

wymaganiom określonym w pozwoleniu wodnoprawnym.

- **oczyszczanie z zastosowaniem przelewu zaszyfonowanego wewnętrznego**

Oczyszczalnia ścieków przyłączona jest bezpośrednio do kolektora ścieków deszczowych. Sam przelew by-pass pracuje w komorze piaskownika separatora, dławiąc dopływ do komory koalescencyjnej. Taka konstrukcja pozwala wyeliminować dodatkowe prace ziemne konieczne przy prowadzeniu oddzielnego przewodu z by-passu.

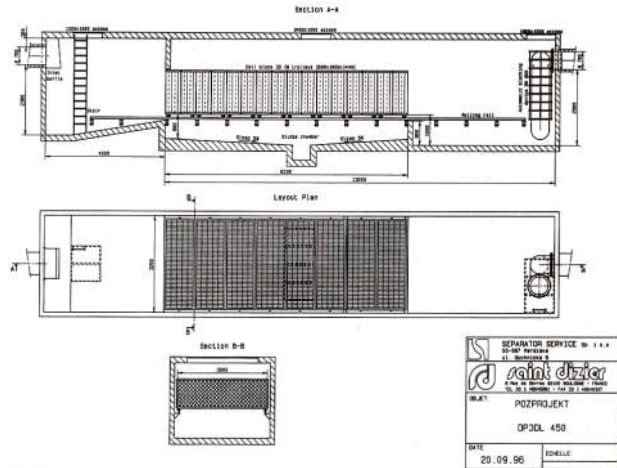
SEPARATORY ADSORBCYJNE

Separatory adsorbcyjne przeznaczone są do oczyszczania ścieków deszczowych z obiektów **szczególnie narażonych** na skażenie np. bocznic kolejowych do przeladunku paliw płynnych, składowisk odpadów ropopochodnych, stanowisk tankowania na lotniskach, punktów odladzania itp. Urządzenia te są także stosowane wtedy, gdy **zaostrzeniu** uległy warunki zrzutu ścieków deszczowych tj. przy odprowadzaniu ścieków do szczególnie wrażliwych i chronionych cieków wodnych oraz gdy ze względów terenowych nie można uniknąć pompowania ścieków deszczowych **przed** separatorem koalescencyjnym. Separator adsorbcyjny składa się z **trzech komór**: piaskownika, komory koalescencyjnej i komory z filtrem sorbcyjnym, tworzących jeden zbiornik tzn. separator zintegrowany. W komorze piaskownika następuje spowolnienie przepływu ścieków, usunięcie zawiesiny mineralnej oraz przetrzymanie części olei i smarów, które wyflotowały ku powierzchni piaskownika przed wplynięciem do separatora. Dodatkowo komora ta pełni funkcje zbiornika retencyjnego w przypadku awarii i nagłego wycieku dużej ilości ropopochodnych. Na dopływie do separatora znajduje się deflektor, zadaniem którego jest uspokojenie przepływu ścieków. Następnie przepływ ścieków następuje przez kratę i dalej wielostrumieniowy wkład koalescencyjny. Pakiet koalescencyjny, wykonany z polipropylenu o kącie pochylenia 55°, zapewnia odpowiednie zwiększenie powierzchni aktywnej separatora i dzieląc strumień przepływu ścieków zaolejonych na wiele mniejszych, powoduje przyspieszenie łączenia się kropli substancji ropopochodnych i skrócenie czasu flotacji. Odpływ separatora wyposażony jest w samoczynne zamknięcie - zawór pływakowy ze stali nierdzewnej tak wytarowany, że unosi się na granicy frakcji olejowej i ścieków. W momencie osiągnięcia maksymalnej pojemności przetrzymania, zawór zamyka odpływ z separatora. Komora z filtrem sorbcyjnym, w którą dodatkowo wyposażony jest separator zawiera materiał (np. włóknina SORBIA), którego zadaniem jest zatrzymanie frakcji wolnoopadającej zawiesiny oraz emulsji semistabilnych.

OSADNIKI WIELOSTRUMIENIOWE

Znajdują zastosowanie wszędzie tam, gdzie podstawowym źródłem skażenia ścieków opadowych jest zawiesina mineralna np. ulice, place, centra miast, natomiast skażenie ropopochodnymi następuje tylko w sytuacjach ekstremalnych, np. awaria auto-cysterny przewożącej paliwo. Urządzenia te mogą też zastępować klasyczne osadniki wzdłużne i piaskowniki w przypadkach ograniczeń co do terenu zabudowy. Ze względu na zastosowanie pakietów wielostrumieniowych o wysokiej powierzchni właściwej (m^2/m^3) uzyskuje się niższe powierz-

chniowe obciążenie hydrauliczne, a co za tym idzie wyższą sprawność osadnika przy nieporównywalnie mniejszych gabarytach instalacji. Konstrukcja pakietów wielostrumieniowych zdecydowanie różni się od pakietów koalescencyjnych. Urządzenia te wyposażane są dodatkowo w komory zagęszczania osadu w celu ograniczenia kosztów eksploatacji oraz regulatory dopływu, ponieważ zawsze stosowane są w systemie by-pass. Przykładową instalację przedstawia rysunek.



LITERATURA

- [1] Fidala-Szope M. Zanieczyszczenie odpływów z kanalizacji deszczowej, PWN. Warszawa 1980
- [2] Sawicka-Siarkiewicz H. Jakość wód i ścieków opadowych z terenów zurbanizowanych - materiały konferencji Jachranka 30 maja - 1 czerwca 1999, Instytut Ochrony Środowiska
- [3] Fidala-Szope M., Sawicka-Siarkiewicz H. Jakość ścieków opadowych, wymagane warunki odprowadzania oraz sposoby zagospodarowania - materiały szkoleniowe, Warszawa 27 listopad 2001, Instytut Ochrony Środowiska
- [4] Ustawa Prawo Wodne z 18 lipca 2001
- [5] Norma PN-S-02204 Drogi samochodowe. Odwadnianie dróg
- [6] Imhoff K. i K.R. Kanalizacja miast i oczyszczalnie ścieków. Poradnik. Arkady 1982
- [7] Geiger W. Dreiseitl H. Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych