

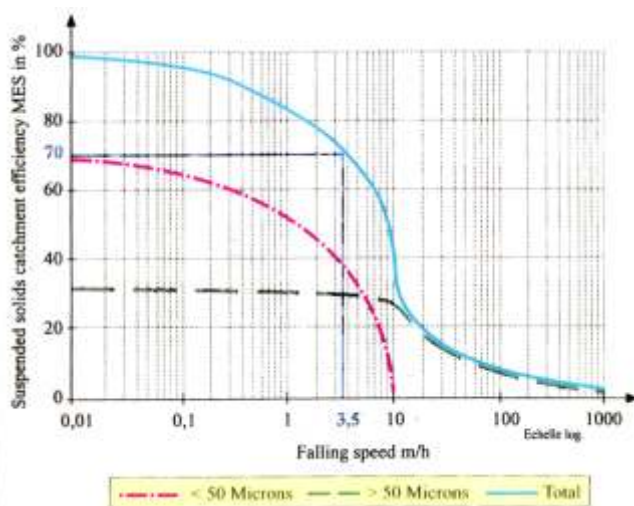
WARUNKI TECHNICZNO TECHNOLOGICZNE DO PROJEKTOWANIA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW DESZCZOWYCH WEDŁUG WYMAGAŃ POLSKIEJ NORMY PN-S-02204 "DROGI SAMOCHODOWE - ODWODNIENIE DRÓG" - PRZYKŁAD LICZBOWY.

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 sedymentacji 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 opadających 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 .



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 drobnoziałnistej 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 (szybkoopa-dającej) tj. 70-80 %.

Wymogi te mają bardzo poważny wpływ na dobór techno-logii oczyszczania ścieków deszczowych w separatorach lub osadnikach, ponieważ w punkcie 4.3.5 normy określono **minimalne powierzchniowe obciążenie hydrauliczne** (prędkość sedymentacji) [$m^3/m^2/h$ 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 m^3/h przepływu ścieków deszczowych potrzebne jest przynajmniej 0,24 m^2 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 $m^2/l/s$ (odpowiednio dla 4,1 m/h wynosi on 0,89 $m^2/l/s$). 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 techno-logicznych 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 $t_m = 15$ 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 przedstawimy uproszczony przykład obliczeń parametrów 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.

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

C. Obliczanie względnej sprawności oczyszczalni ścieków deszczowych

Zgodnie a punktem 3.2.1 normy stężenie zawiesiny ogólnej i substancji ekstrahującej się eterem naftowym na odpływie nie powinno przekroczyć 50 mg/dm³.

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

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

Prawdopodobieństwo p	Czas trwania t _m	qe punkty 4.3.1 normy	Q ₀	q _m	Q _m	Q ₀ /Q _m
%	min	dm ³ /s/ha	dm ³ /s	dm ³ /s/ha	dm ³ /s	%
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

Zgodnie z punktem 3.2.2 normy należy usunąć co najmniej 50% zawiesiny drobnoziarnistej o granulacji poniżej 50 µm. Korzystamy z tabeli 7 normy i ustalamy jako graniczne dla obciążenia hydraulicznego CHS < 4,1 m/h.

F. Obliczenie proporcji przepływu ścieków deszczowych przez oczyszczalnię Q₀ 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 dm³/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 wystąpienia opadu, relacja przepływu przez oczyszczalnię Q₀ do przepływu ścieków z całej zlewni Q_m waha się w granicach od 10% do 20%.

Dla naszego przykładu, gdzie F = 1 ha, przy różnych czasach trwania opadu relacja Q₀/Q_m kształtuje się tak jak pokazuje to tabela obok.

Zanieczyszczenie	Dopływ w mg/dm ³	Odływ 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

Tak jak zaznaczono na wstępie autorzy normy nie podali dla jakiego deszczu miarodajnego obliczone zostało natężenie q_e równe 15 dm³/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 Q₀/Q_m winna wynosić ok. 20%**. Należy zwrócić uwagę, że proporcja ta jest w dużej mierze zbliżona z propozycjami Ministerstwa Środowiska w zakresie ustalenia standardów emisji dla wód opadowych.