

Toruń, 11-12.12.2023

**Nowe wyzwania w odwodnieniu  
dróg zamiejskich i ulic  
– Wytyczne rekomendowane  
WR-D-71**

***Zanieczyszczenia wód  
opadowych i roztopowych***

*Janusz Bohatkiewicz*

*Katedra Dróg, Kolei i Inżynierii Ruchu  
Politechnika Krakowska  
Polski Kongres Drogowy*



Politechnika Krakowska  
Wydział Inżynierii Lądowej

# ZAKRES WR-D-72-2

## WR-D-71-1 (55 str.)

- Ogólne zasady projektowania odwodnienia
- Podstawy wymiarowania urządzeń do odwodnienia
- Zalecany zakres zawartości projektu odwodnienia
- Załączniki - przykładowe obliczenia objętości zbiorników wód opadowych i roztopowych

## WR-D-71-2 – Odwodnienie powierzchniowe i wglębne (163 str.)

- Odwodnienie powierzchniowe
- Odwodnienie wglębne
- Przepusty
- Przepompownie
- **Oczyszczanie i retencja wód powierzchniowych**
- **Odwodnienie dróg na obszarach ochrony wód**
- Odwodnienie dróg w czasie budowy
- Roślinność w systemach odwodnienia
- Kontrola oraz utrzymanie systemów i urządzeń odwodnienia
- *Załączniki*

# PRZYCZYNY I ŹRÓDŁA ZANIECZYSZCZEŃ WÓD

- **Pojazd i jego eksploatacja** (karoseria, silnik, hamulce, opony) – natężenie i struktura ruchu
- **Nawierzchnia drogowa** (ścieranie, wmywanie, parowanie)
- **Spaliny** (substancje gazowe i pyły)
- **Utrzymanie dróg** (bieżące i zimowe)
- **Prace drogowe** (budowa, przebudowa, remont drogi)
- **Infrastruktura drogowa** (obiekty towarzyszące drogom)
- **Wypadki drogowe** – poważne awarie
- **Zanieczyszczone opady i spływy z otaczającego terenu** (gleby)



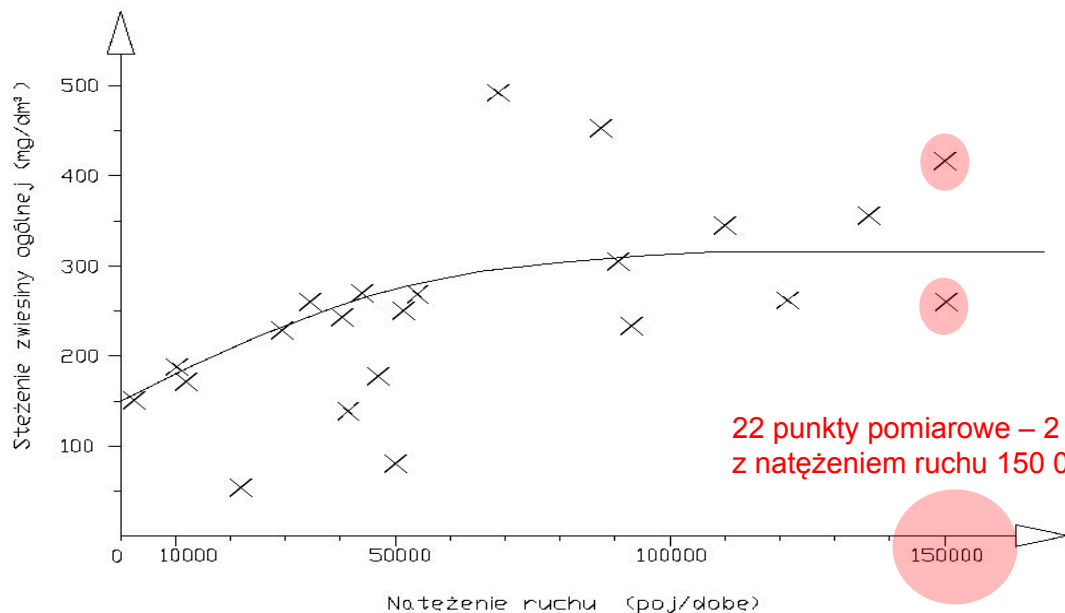
# PROGNOZOWANIE WIELKOŚCI ZANIECZYSZCZEŃ – historia

- Zasady ochrony środowiska w projektowaniu, budowie i utrzymaniu dróg. Dział 07 „Ochrona wód w otoczeniu dróg”. GDDP, 1993.
- Oceny oddziaływania dróg na środowisko. Politechnika Krakowska, Edroga na zlecenie GDDP i ABiEA ,GDDKiA, 1995-2001.
- **PN-S-02204. Drogi samochodowe: Odwodnienie dróg (1997).**
- Zasady ochrony środowiska w drogownictwie. Załącznik do zarządzenia Nr 42 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych z dnia 24.05.1999 r.
- **Zarządzenie Nr 29 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 30 października 2006 r. w sprawie prowadzenia metodyki prognozowania zanieczyszczeń w ściekach drogowych do stosowania przy opracowaniu dokumentacji na zlecenie GDDKiA**
- **Podręcznik dobrych praktyk wykonywania opracowań środowiskowych dla dróg krajowych.** Załącznik Nr 5 „Zagadnienia wykonywania opracowań środowiskowych dla dróg krajowych w odniesieniu do wód powierzchniowych i podziemnych. EKKOM na zlecenie GDDKiA, 2009 r.
- **Ekologiczne zagadnienia odwodnienia pasa drogowego.** IBDiM na zlecenie GDDKiA, 2009 r.

# PROGNOZOWANIE WIELKOŚCI ZANIECZYSZCZEŃ – historia

Zasady ochrony środowiska w drogownictwie.  
Załącznik do zarządzenia Nr 42 Generalnego  
Dyr. Dróg Publicznych z dn. 24.05.1999 r.

Metoda IOŚ powstała na bazie badań z roku  
(1987-1991)



22 punkty pomiarowe – 2 punkty  
z natężeniem ruchu 150 000 P/dobę!!!

Obliczenia dotyczą głównie:  
zawiesiny ogólnej i substancji ropopochodnych

~~Nie istnieje potrzeba stosowania urządzeń oczyszczania ścieków przy drogach, na których prognozowane stężenie zawiesin ogólnych w spływach opadowych nie przekroczy wartości dopuszczalnej (50 mg/l), tj. przy drogach, na których średniodobowe natężenie ruchu drogowego w obu kierunkach 15 roku od chwili obecnej nie przekroczy wartości:~~

~~a) w terenach niezabudowanych:~~

~~dla drogi 1x2 pasy ruchu: 1000 poj. rz./ 24 h~~

~~dla drogi 2x2 pasy ruchu: 2000 poj. rz./ 24 h~~

~~dla drogi 2x3 pasy ruchu: 2570 poj. rz./ 24 h~~

~~b) w terenach zabudowanych:~~

~~dla drogi 1x2 pasy ruchu: 780 poj. rz./ 24 h~~

~~dla drogi 2x2 pasy ruchu: 1530 poj. rz./ 24 h~~

~~dla drogi 2x3 pasy ruchu: 1820 poj. rz./ 24 h~~



# PROGNOZOWANIE WIELKOŚCI ZANIECZYSZCZEŃ – PN-S-02204 (IOŚ)

Natężenie ruchu dla 2x2 [P/d]	Stężenie zawiesin ogólnych S [mg/m <sup>3</sup> ]	
	Drogi na terenach niezurbanizowanych	Drogi na terenach zurbanizowanych
1000	30	40
5000	100	125
10000	185	220
10001 - 15000	200	240
15001 - 20000	220	265
...	...	...
40001 - 60000	290	350
60001 - 80000	300	360
80001 - 100000	305	365

- dla  $n = 4$        $S_{zo} = S$
- dla  $n > 4$        $S_{zo} = 1,3 \times S \times 4 / n$
- dla  $n < 4$        $S_{zo} = 0,8 \times S \times 4 / n$

**WR-D-71-2 (4.7.2)** Metody obliczania ilości zawiesin w spływach nieoczyszczonych z dróg określa norma [5].

**W wielu przypadkach normowa metoda obliczeniowa prowadzi do zawyżenia prognoz stężeń zawiesin w spływach nieoczyszczonych.** Efekt ten wiąże się głównie z postępowaniem technicznym, jaki nastąpił od okresu wykonania badań stanowiących podstawę do wypracowania stosowanej w normie metodyki, w tym z poprawą jakości dróg, pojazdów, paliwa itp. **Dlatego zaleca się stosowanie bardziej precyzyjnych metod obliczeniowych, opartych np. na modelowaniu matematycznym.**

# PROGNOZOWANIE WIELKOŚCI ZANIECZYSZCZEŃ

GENERALNA DYREKCJA DRÓG KRAJOWYCH I AUTOSTRAD



## WYTYCZNE PROGNOZOWANIA STĘŻENIA ZAWIESIN OGÓLNYCH I WĘGLOWODORÓW ROPOPOCHODNYCH W ŚCIĘKACH Z DRÓG KRAJOWYCH



Warszawa, październik 2006

Wytyczne prognozowania stężeń zawieszin ogólnych i węglowodorów ropopochodnych w ściekach z dróg krajowych



Wytyczne wykonano na zlecenie:

Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad

Autor:

dr inż. Janusz Bohatkiewicz

Konsultacje naukowe:

Prof. zw. dr hab. inż. Marian Tracz –  
Katedra Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu  
Politechnika Krakowska

Współpraca:

mgr inż. Sebastian Biernacki  
mgr inż. Magdalena Drach  
mgr inż. Katarzyna Sułkowska



Biurowo Ekspertyz i Projektów  
Budownictwa Komunikacyjnego „EKKOM” Sp. z o.o.  
ul. Wadowicka 8i, 30-415 Kraków  
tel./fax: (12-)267-23-33, 269-65-40  
[biuro@ek-kom.pl](mailto:biuro@ek-kom.pl), [www.ek-kom.pl](http://www.ek-kom.pl)

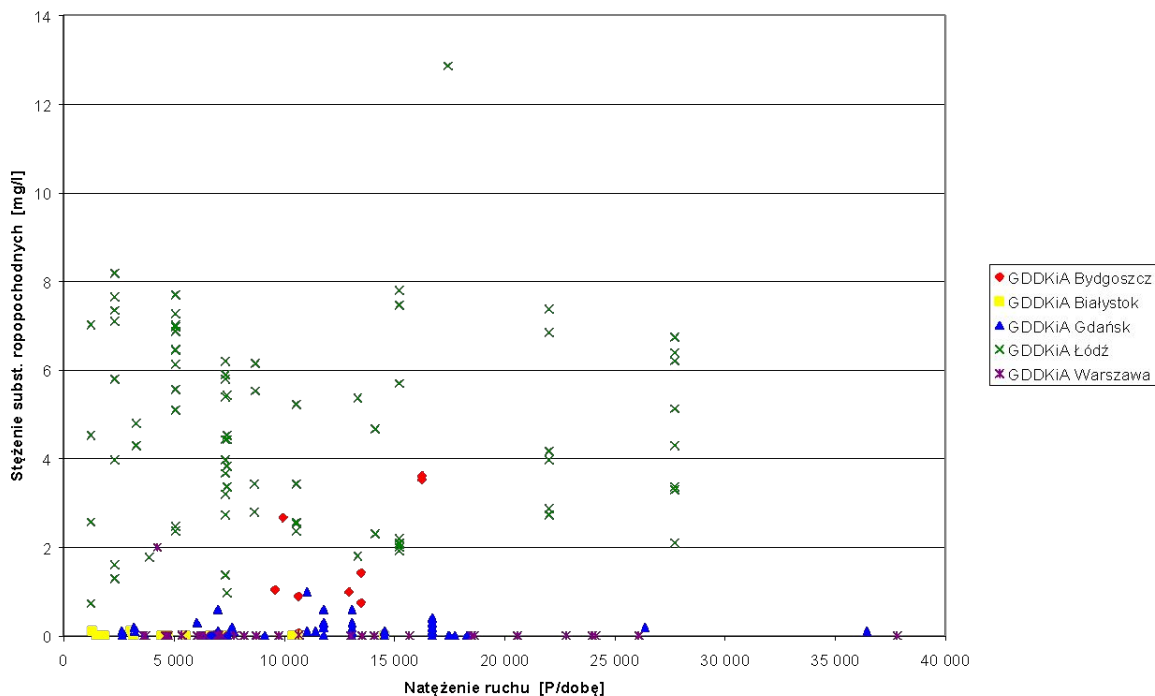


BIURO EKSPERTYZ I PROJEKTÓW BUDOWNICTWA KOMUNIKACYJNEGO  
ul. Wadowicka 8i, 30-415 Kraków tel./fax: (12-) 267-23-33, 269-65-40 [www.ek-kom.pl](http://www.ek-kom.pl) e-mail: [biuro@ek-kom.pl](mailto:biuro@ek-kom.pl)

- 2 -

# WYKONANE ANALIZY – przykład bez urządzeń podczyszczających

Wyniki pomiarów substancji ropopochodnych  
w podziale na Oddziały GDDKiA (wybrane Oddziały)



**WR-D-71-2 (4.7.2) W prognozach dla odcinków dróg zaleca się przyjmować stężenie węglowodorów ropopochodnych na poziomie poniżej wartości dopuszczalnej 15 mg/l.**

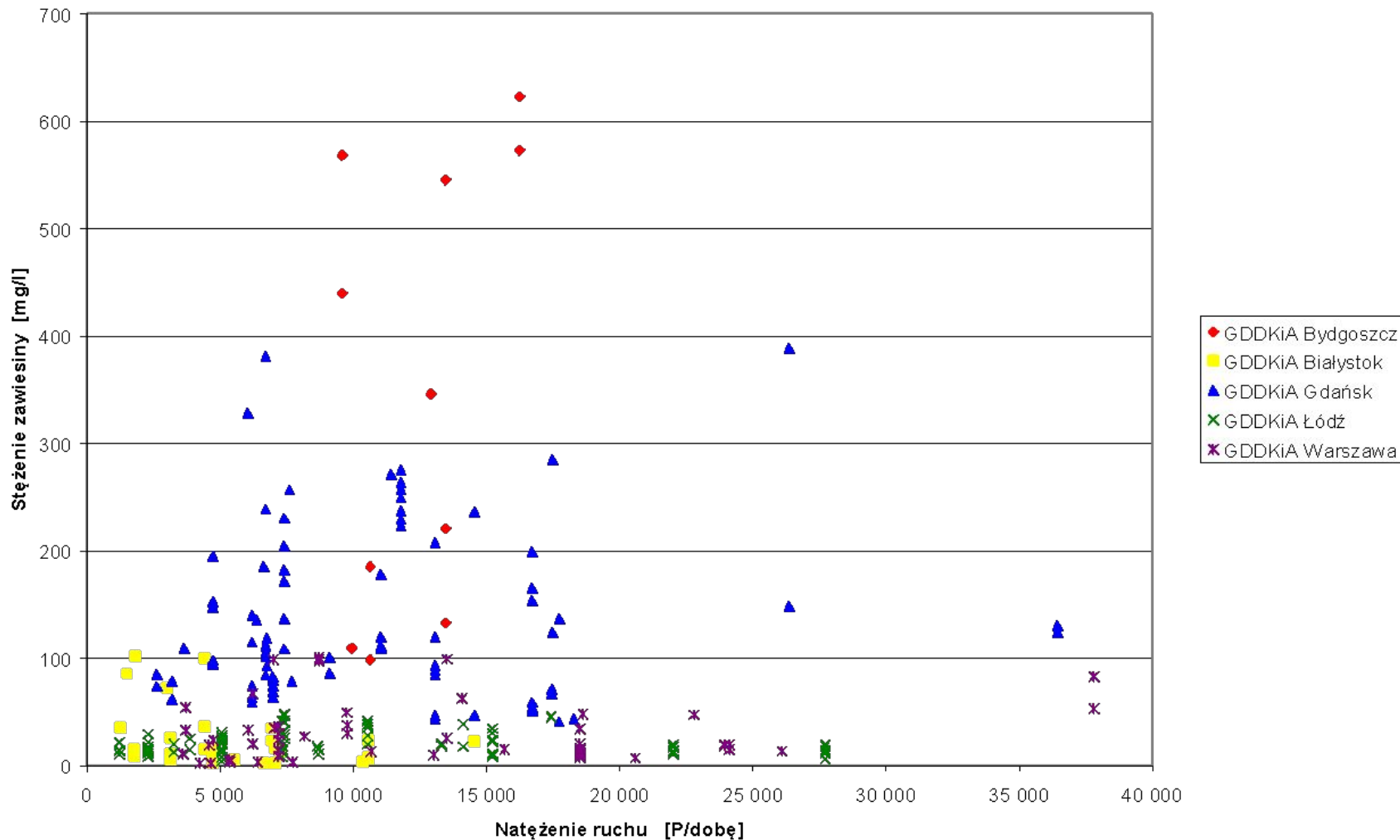
W przypadku występowania terenów i odbiorników o **bardzo dużej wrażliwości**, zgodnie z tab. 4.7.1.1, bez względu na prognozowaną wartość stężenia węglowodorów ropopochodnych zaleca się zastosowanie urządzeń zatrzymujących i podczyszczających węglowodory ropopochodne.

Podwyższone stężenia węglowodorów ropopochodnych mogą być następstwem wypadków drogowych.

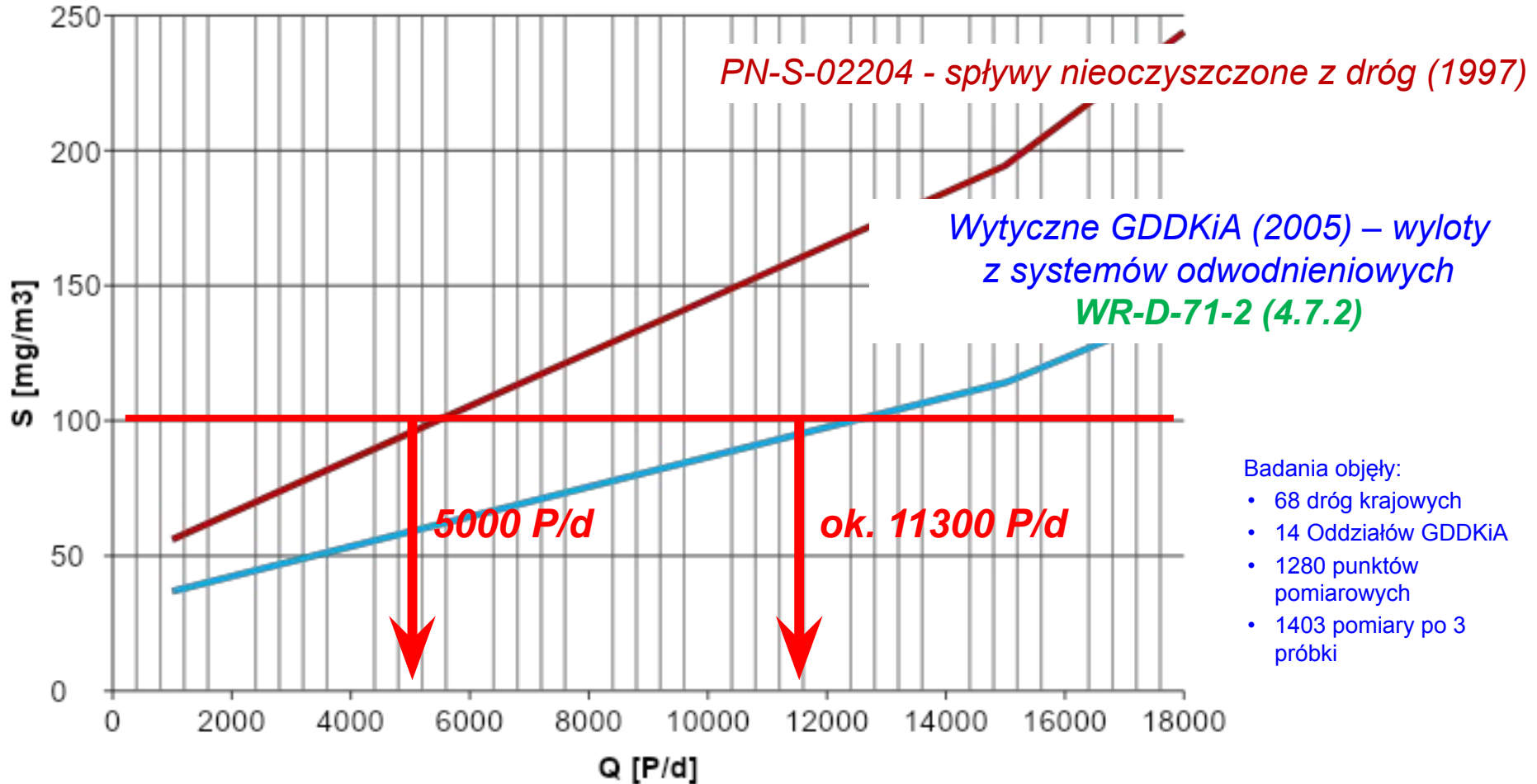


# WYKONANE ANALIZY – przykład bez urządzeń podczyszczających

Wyniki pomiarów stężenia zawiesiny  
w podziale na Oddziały GDDKiA (wybrane Oddziały)



# Zależność natężenia ruchu i stężenia zawiesiny ogólnej



- Badania objęły:
- 68 dróg krajowych
  - 14 Oddziałów GDDKiA
  - 1280 punktów pomiarowych
  - 1403 pomiary po 3 próbki

**WR-D-71-2 (4.7.2) W przypadku obliczania zawiesin ogólnych na wylotach z systemów odwodnieniowych w obszarach zamiejskich i dla przekrojów dróg o jednej jezdni głównej z dwoma pasami ruchu z opaskami zewnętrznymi zaleca się zastosowanie wzoru**

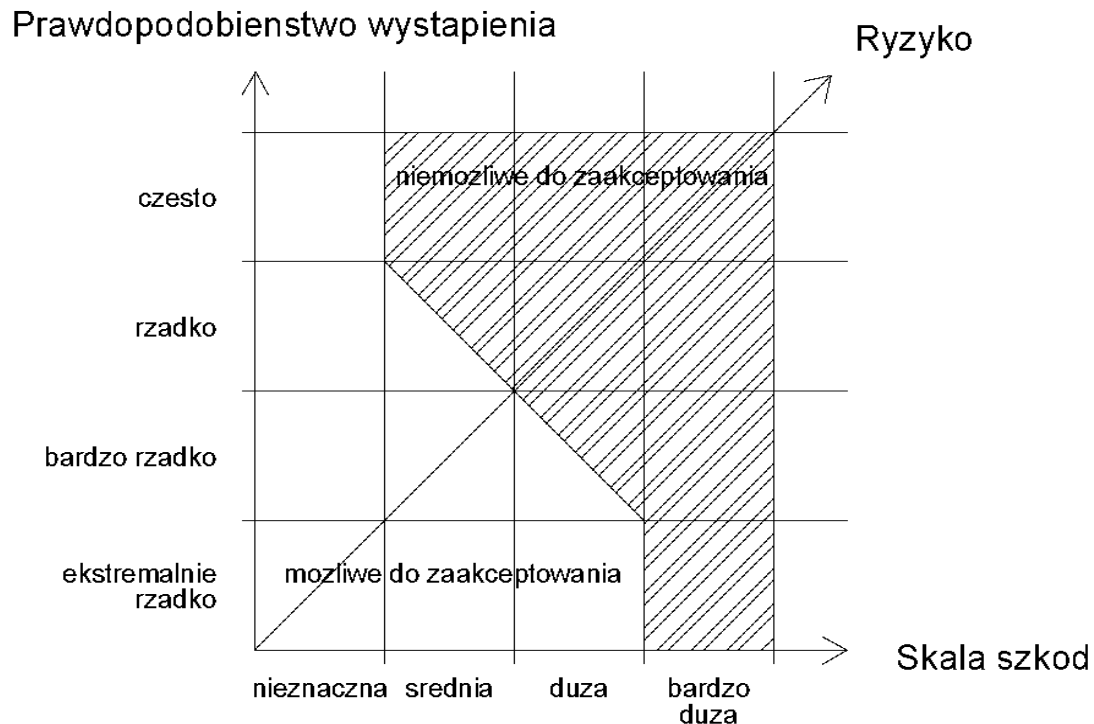
$$S_{zo} = 0.718 \cdot Q^{0.529}$$

# PYTANIA – wczoraj i dziś

Jaki wpływ na dobór urządzeń podczyszczających spływy opadowe mają niedoskonałe metody prognozowania (emisji) zawiesiny ogólnej?

Czy istniejące metody należy opracować ponownie (w pełnym zakresie)?

Czy do metod i doboru urządzeń podczyszczających nie należy podejść w nieco inny sposób niż do tej pory – np. wykorzystanie analizy ryzyka – czy chronimy 100% wszystkiego ze skutecznością 100%?



# Ekologiczne kryteria wyboru systemu oczyszczania wód opadowych z dróg

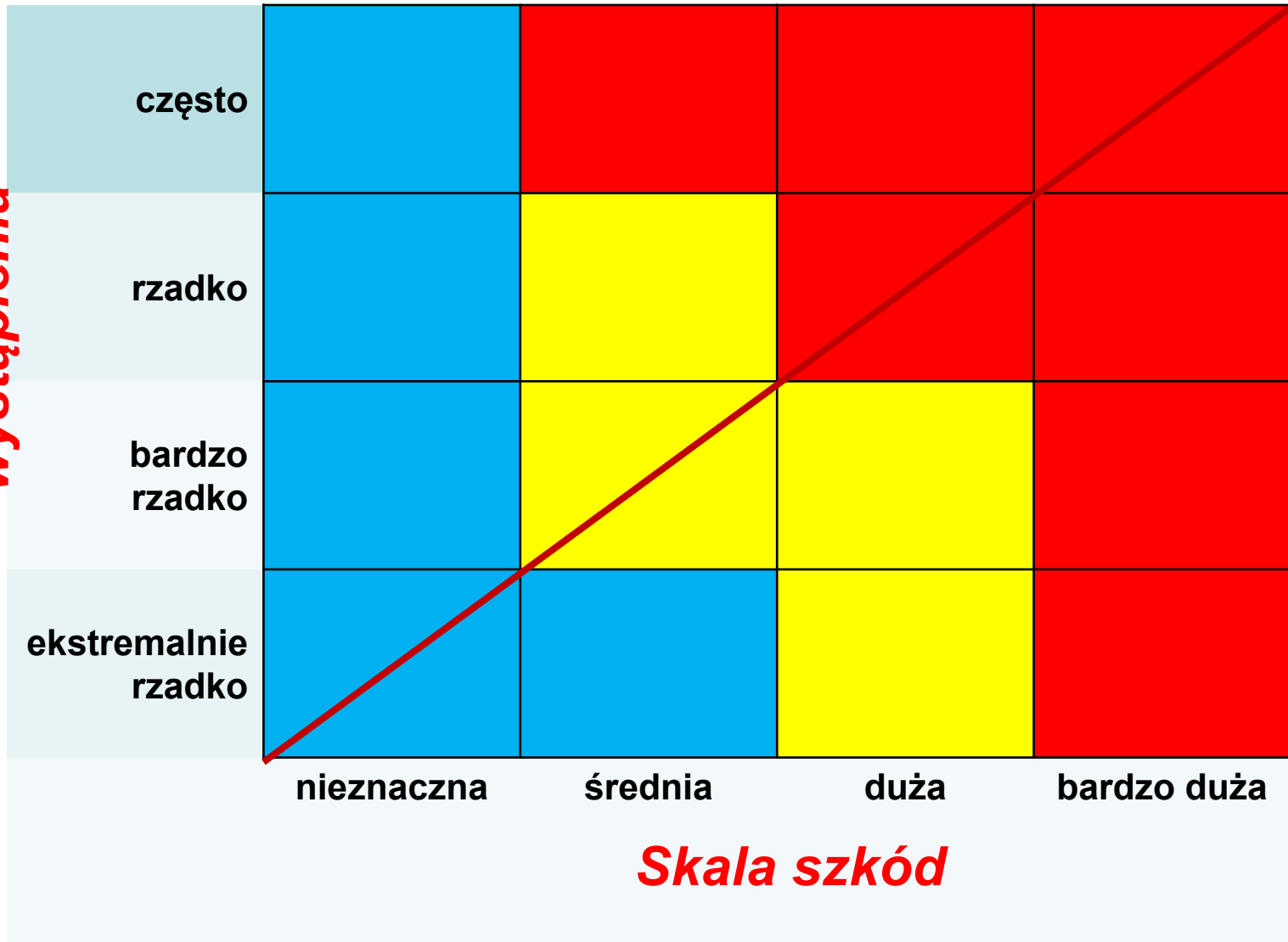
<b>OBSZARY BARDZO WRAŻLIWE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– strefy ochrony pośredniej ujęć wód i obszary źródliskowe,</li><li>– siedliska i akweny hodowlane ryb łososiowatych</li><li>– obszary ochronne głównych zbiorników wód podziemnych (czas migracji poniżej 5 lat),</li><li>– jeziora, stawy o powierzchni do i zbiorniki o charakterze eutroficznym,</li><li>– małe rzeki i potoki (ŚNQ - średni, niski przepływ - poniżej 1.5 m<sup>3</sup>/s;),</li><li>– obszary o dużej wodoprzepuszczalności gruntów (współczynnik filtracji <math>k &gt; 10^{-3}</math> m/s) i płytkiego zalegania zwierciadła wody gruntowej o znaczeniu gospodarczym,</li></ul>
<b>OBSZARY ŚREDNIO WRAŻLIWE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– obszary objęte prawną formą ochrony przyrody, których istnienie uzależnione jest od właściwych stosunków gruntowo-wodnych (doliny rzeczne, zbiorniki wodne itp.)</li><li>– siedliska i akweny hodowlane ryb karpiowatych,</li><li>– obszary ochronne głównych zbiorników wód podziemnych (czas migracji 5-25 lat)</li><li>– jeziora, stawy o powierzchni 50÷100 ha</li><li>– rzeki i potoki o ŚNQ = 1.5÷5.0 m<sup>3</sup>/s,</li><li>– obszary o średniej wodoprzepuszczalności gruntów (współczynnik filtracji <math>k</math> 10<sup>-5</sup>-10<sup>-3</sup> m/s) i płytkiego zalegania zwierciadła wody gruntowej o znaczeniu gospodarczym,</li><li>– wody wykorzystywane na cele rekreacyjne,</li><li>– tereny podmokłe z rozwiniętą siecią hydrograficzną,</li></ul>
<b>OBSZARY MAŁO WRAŻLIWE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– pozostałe wody powierzchniowe i grunty.</li></ul>

**Ekologiczne zagadnienia odwodnienia pasa drogowego.**

IBDiM na zlecenie GDDKiA, 2009 r.

# MACIERZ RYZYKA

**Prawdopodobieństwo  
wystąpienia**



**Skala szkód**

# Ekologiczne kryteria wyboru systemu oczyszczania wód opadowych z dróg

Tab. 4.7.1.1. Odbiorniki wód powierzchniowych w zależności od wrażliwości na zanieczyszczenia związane z odwodnieniem powierzchniowym pasa drogowego [21]

Obszary bardzo wrażliwe	<ul style="list-style-type: none"><li>• strefy ochrony pośredniej ujęć wód i obszary źródliskowe</li><li>• siedliska i akweny hodowlane ryb łososiowatych</li><li>• obszary ochronne głównych zbiorników wód podziemnych (czas migracji poniżej 5 lat)</li><li>• jeziora, stawy o powierzchni do 50 ha i zbiorniki o charakterze eutroficznym</li><li>• małe rzeki i potoki (SNQ – średni, niski przepływ, poniżej 1,5 m<sup>3</sup>/s)</li><li>• obszary o dużej wodoprzepuszczalności gruntów (współczynnik filtracji <math>k &gt; 10^{-3}</math> m/s) i płytkiego zalegania zwierciadła wody gruntowej o znaczeniu gospodarczym</li><li>• obszary objęte prawną formą ochrony przyrody, których istnienie uzależnione jest od właściwych stosunków gruntowo-wodnych (doliny rzeczne, zbiorniki wodne itp.)<sup>1)</sup></li></ul>
Obszary średnio wrażliwe	<ul style="list-style-type: none"><li>• siedliska i akweny hodowlane ryb karpionatych</li><li>• obszary ochronne głównych zbiorników wód podziemnych (czas migracji 5-25 lat)</li><li>• jeziora, stawy o powierzchni od 50 do 100 ha</li><li>• rzeki i potoki o SNQ wynoszącym od 1,5 do 5,0 m<sup>3</sup>/s</li><li>• obszary o średniej wodoprzepuszczalności gruntów (współczynnik filtracji <math>k</math> wynoszący od <math>10^{-5}</math> do <math>10^{-3}</math> m/s) i płytkiego zalegania zwierciadła wody gruntowej o znaczeniu gospodarczym</li><li>• wody wykorzystywane na cele rekreacyjne</li><li>• tereny podmokłe z rozwiniętą siecią hydrograficzną</li></ul>
Obszary mało wrażliwe	<ul style="list-style-type: none"><li>• pozostałe wody powierzchniowe i grunty</li></ul>

<sup>1)</sup> w zależności od wrażliwości na zanieczyszczenia może należeć do obszarów bardzo wrażliwych lub średnio wrażliwych

## WR-D-71-2 (4.7.1)

**(4)** Wybór systemu oczyszczania zanieczyszczonych wód opadowych lub roztopowych poprzedza się analizą warunków środowiskowych, które pozwolą na określenie wrażliwości danego obszaru.

**(5)** W przypadku obszarów objętych prawną formą ochrony przyrody, których istnienie uzależnione jest od właściwych stosunków gruntowo-wodnych wykonuje się analizę i dokonuje się hierarchizacji zagrożeń.

Analizy powinny zawierać:

- a) oszacowanie wielkości zanieczyszczeń substancjami zawartymi w spływie opadowym,
- b) określenie zachwiania stosunków wodnych warunkujących bytowanie gatunków występujących na konkretnym obszarze chronionym.



# Oczyszczanie wód opadowych – WR-D-72-2 (8.1)

Tab. 8.1.2. Zalecane do stosowania rodzaje odprowadzania, regulacji i oczyszczania wód opadowych z dróg [21]

Rodzaj urządzeń	Zalecane do stosowania	Stosowane w uzasadnionych przypadkach	Uwagi
Kolektory		●	Odwadniane mosty, wiadukty, węzły i obiekty towarzyszące, wysokie nasypy
Rowy szczelne		●	O możliwości stosowania decydują głównie warunki hydrogeologiczne i ukształtowanie terenu oraz warunki środowiskowe w trasie drogi – ewentualne wyposażenie w studzienki osadowe
Rowy trawiaste	●		Wyposażenie systemu: progi, drenaż, geowłóknina, warstwa filtracyjna, studzienki osadnikowe
Zbiorniki retencyjno-oczyszczające	●		Szczelne przepływowo – dla dużych zlewni, ewentualne wyposażenie: deflektor dopływu, zasyfonowany odpływ, kraty na wylocie, materiały sorbentowe, zapory płytujące
Zbiorniki retencyjno-infiltracyjne	●		Ewentualnie stawy obsadzone roślinnością, wydzielona strefa osadzania na wlocie, deflektor na wlocie, zasyfonowanie odpływu, ewentualnie materiały sorbentowe
Urządzenia regulujące przepływ	●		We wszystkich przypadkach stosowania obiektów na wydzieloną część przepływu (tzw. „przepływy nominalne”) lub jako element zbiorników retencyjnych
Piaskowniki	●		Ewentualne wyposażenie w deflektor dopływu, kratę na odpływie, zasyfonowany odpływ, zastawkę odcinającą oraz współpraca z przelewem lub innym urządzeniem regulującym przepływ
Osadniki	●		Ewentualnie osadniki wielostrumieniowe, wyposażenie: deflektor dopływu, dodatkowo ścianka zanurzona na odpływie – zwykle poprzedzają inne urządzenia, współpraca z przelewem lub innym urządzeniem regulującym przepływ
Separatory substancji ropopochodnych	● <sup>1</sup>	●	Poprzedzone osadnikiem lub innym urządzeniem sedimentacyjnym, współpraca z przelewem lub innym urządzeniem regulującym przepływ
Separatory zintegrowane z osadnikiem	● <sup>1</sup>	●	Współpraca z przelewem lub innym urządzeniem regulującym przepływ
Studzienki osadnikowe	●		W trasie i na wylotach rowów, krata na dopływie, niekiedy zasyfonowany odpływ
Studnie wirowe	●		W trasie i na wylotach rowów, krata na dopływie, niekiedy zasyfonowany odpływ

<sup>1</sup> stosowane na obiektach towarzyszących (np. miejscu obsługi podróżnych, obwodzie utrzymania drogi itp.)

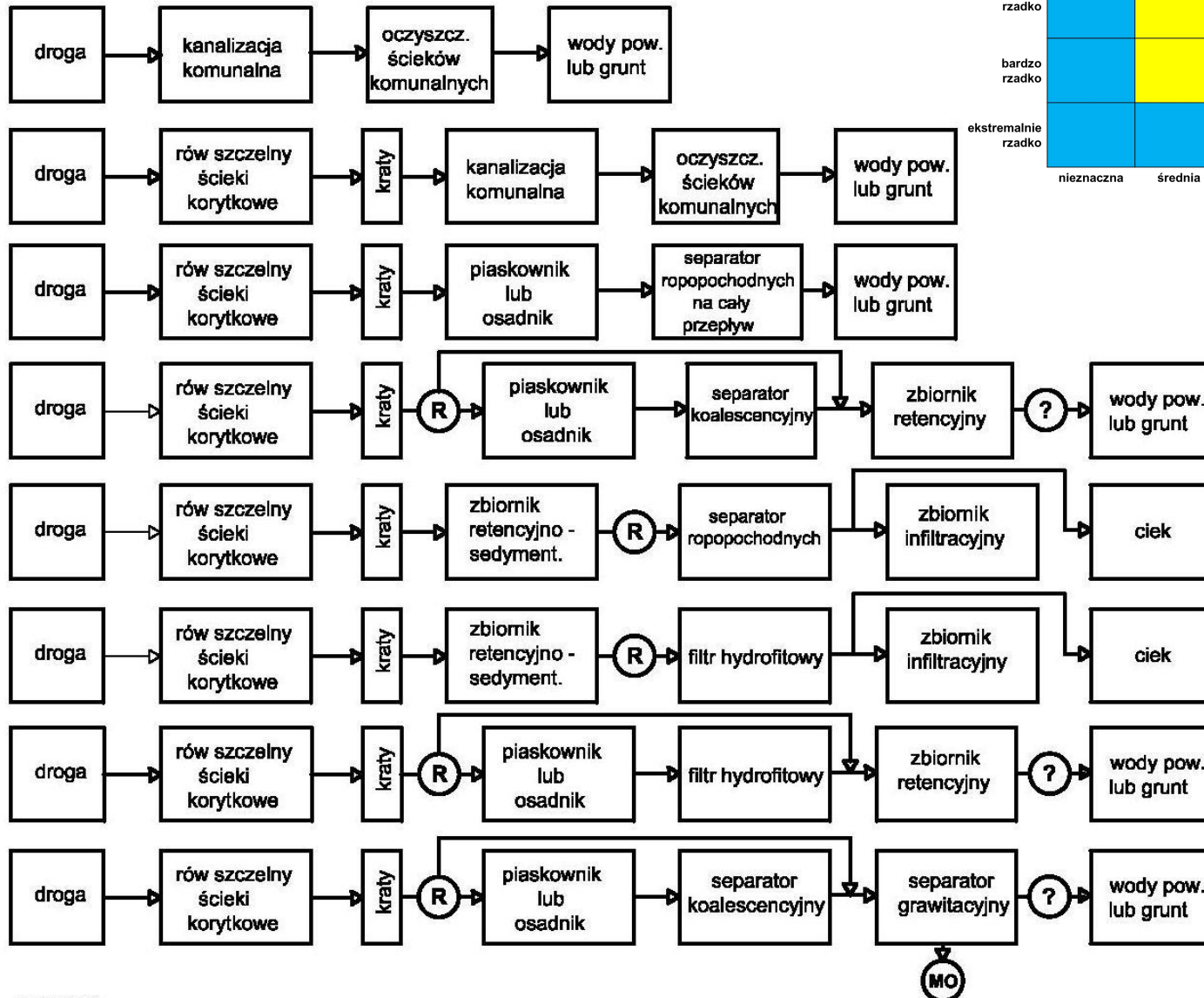
Tab. 8.1.3. Skuteczność działania urządzeń ograniczających zanieczyszczenia w wodach opadowych lub roztopowych [21]

Urządzenie oczyszczające	Efekt oczyszczania		Uwagi, zalecenia
	zawiesiny ogólne	substancje ropopochodne	
Rowy trawiaste, powierzchnie trawiaste	40-90%	20-90%	Intensyfikacja procesów możliwa jest przez stosowanie progów i przegród piętrzących; redukcja zanieczyszczeń zależna od pory roku, grunt dobrze przepuszczalny, trawa gęsta – wysoko kosztowna
Zbiorniki retencyjno-oczyszczające (szczelne)	80%	80%	Zalecany osadnik przed zbiornikiem lub wydzielona część zbiornika – redukcja zawiesin łatwoopadających, przegroda zanurzona (zasyfonowany odpływ), bardzo małe obciążenie hydrauliczne, zwykle <4 (m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> , maksymalne 7 (m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> , bardzo mały wskaźnik powierzchni flotacji >0,2 m <sup>2</sup> /l/s
Zbiorniki retencyjno-filtracyjne, zbiorniki infiltracyjne	80%	80%	Osadnik na dopływie do zbiornika – redukcja zawiesin łatwoopadających, zasyfonowany odpływ, bardzo małe obciążenie hydrauliczne, zwykle <4 (m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> , maksymalne 7 (m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> , wskaźnik powierzchni flotacji >0,2 m <sup>2</sup> /l/s, wskazane k <sub>v</sub> = 5-10 <sup>-4</sup> m/s
Piaskowniki, osadniki, studnie osadnikowe	60-80%	60-80%	Redukcja zawiesin stanowi funkcję obciążenia hydraulicznego, ewentualnie dodatkowo wyposażenie – zasyfonowany odpływ, maksymalne obciążenie hydrauliczne 36 (m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup>
Separatory substancji ropopochodnych (klasa I <sup>1)</sup> )	-	≤5 mg/l <sup>1)</sup> 18-96% <sup>2)</sup> śr. 58% <sup>2)</sup>	
Rowy chłonne, studnie chłonne	80%	80%	k <sub>v</sub> > 10 <sup>-4</sup> m/s, zalecane osadniki przed urządzeniami, możliwość zatykania złoży, szczególnie w studniach chłonnych, niewielkie zastosowanie w systemach odwodnienia dróg krajowych i wojewódzkich

<sup>1</sup> badania w warunkach laboratoryjnych (produkty naftowe),  
<sup>2</sup> badania w warunkach rzeczywistych,  
<sup>3</sup> objaśnienie klas I i II podano w podrozdziale 8.5.2 akapit (6).

# Przykład systemów oczyszczania ścieków opadowych z dróg na terenach bardzo wrażliwych

często				
rzadko				
bardzo rzadko				
ekstremalnie rzadko				
	nieznaczna	średnia	duża	bardzo duża



LEGENDA

(R) urządzenie regulacyjne

(?) punkt kontrolny z zatopionym odpływem  
możliwość odcięcia wypływu

(MO) dodatkowy zbiornik magazynowania  
substancji olejowych

# Kierunki aktualizacji podejścia do oczyszczania wód opadowych i roztopowych

## Z badań niemieckich:

- głębokość penetracji zanieczyszczeń do gleby maks. 20-30 cm,
- przepływ wód przez glebę jest najlepszym sposobem oczyszczania dla wszystkich natężeń ruchu (badania BAST wskazują, że sama gleba jest najlepszym filtrem dla zanieczyszczeń wód spływających z dróg),
- stosowanie geomembran w rowach może być działaniem niepotrzebnym i niewskazanym ze względu na ochronę środowiska w otoczeniu dróg.



Źródło: BAST, 2018



# Kierunki aktualizacji podejścia do oczyszczania wód opadowych i roztopowych

## Anglia – A34 (T) – staw ewapotranspiracyjny

- ❑ Trzcina pospolita (*Phragmites australis*) oraz krzewy wierzbowe (*Salix viminalis*) posiadają zdolność transpiracji rzędu 8 mm/d
- ❑ Odpowiada to odprowadzeniu do atmosfery 960 mm do 1920 mm wody w okresie od marca do października

[Obarska-Pempkowiak, 2002]



# Kierunki aktualizacji podejścia do oczyszczania wód opadowych i roztopowych





# Kierunki aktualizacji podejścia do oczyszczania wód opadowych i roztopowych





**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ**



**Politechnika Krakowska**  
Wydział Inżynierii Lądowej

