



WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA
I INŻYNIERII MECHANICZNEJ
UNIwersytet PRZYRODNICZY W POZNANIU

Zagospodarowanie wód opadowych i lub roztopowych

Szkolenie PZITS 2023

dr hab. inż. Jakub Nieć

e-mail: jakub.niec@up.poznan.pl

Plan szkolenia

1. Wprowadzenie
 - 1.1. Filtracja a infiltracja
 - 1.2. Rodzaje urządzeń
 - 1.3. Zasady projektowania
2. PIWORIWO - narzędzia do wspomagania projektowania urządzeń infiltracyjnych
 - 2.1. Opis modeli obliczeniowych
 - 2.2. Przykład obliczeniowy

Wprowadzenie

filtracja a infiltracja

- Filtracja – przepływ cieczy w porach ośrodka porowatego pod wpływem gradientu ciśnienia, z prędkością pozorną (p. Darcy'ego)

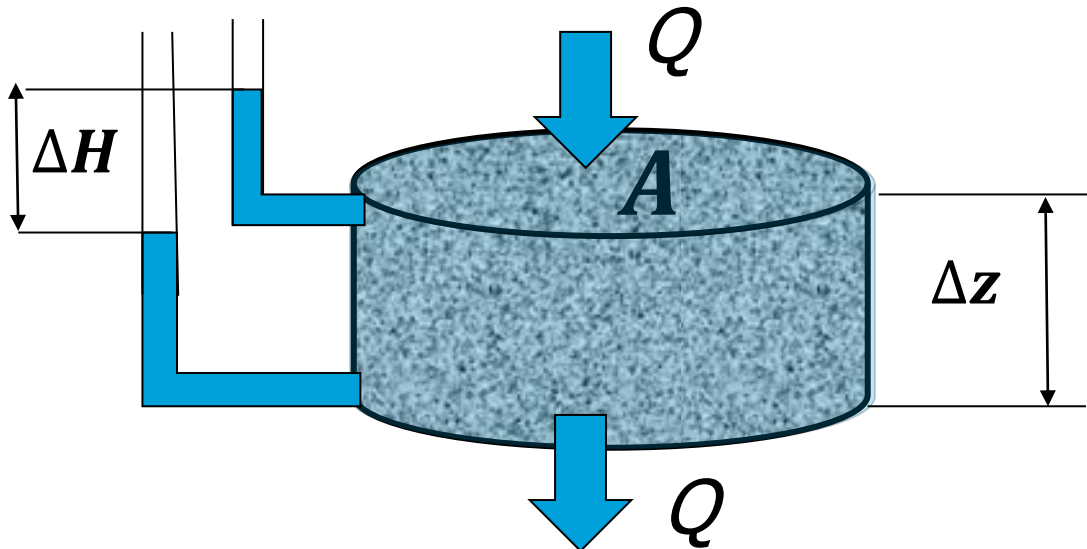
gdzie:

$$U_f = \frac{Q}{A} = k_f I$$

Q natężenie przepływu m^3/s , A – pole przekroju m^2 ,

k_f - współczynnik filtracji m/s , I – gradient hydrauliczny -.

- Prędkość rzeczywista: $U = U_f / \varepsilon$ gdzie: ε – porowatość



$$I = \frac{\Delta H}{\Delta z} = \text{np. 1}$$

Wprowadzenie

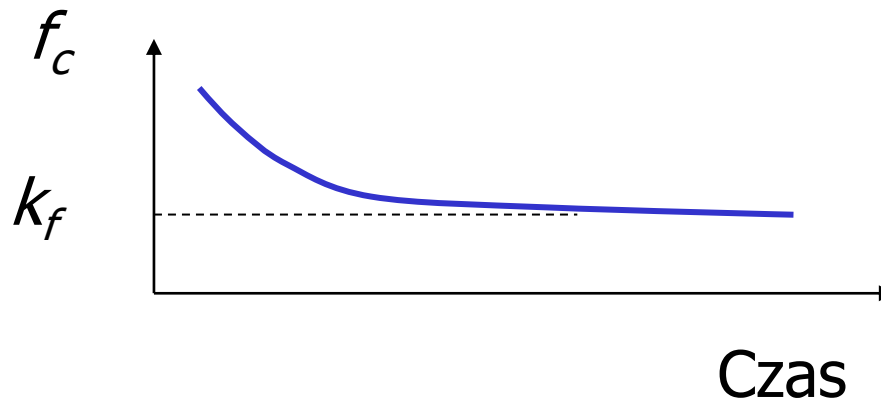
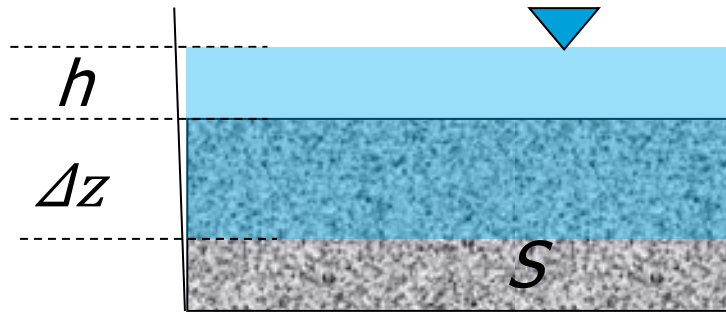
infiltracja – wsiąkanie

- Intensywność infiltracji – prędkość wsiąkania f_c , $\text{m}^3/\text{m}^2\text{s}$ do gruntu nienasyconego, np. suchego

$$f_c = \frac{\Delta h}{\Delta t} = K I_c$$

$$I_c = \frac{h + \Delta z + S}{\Delta z}$$

S – ssanie kapilarne



Wprowadzenie

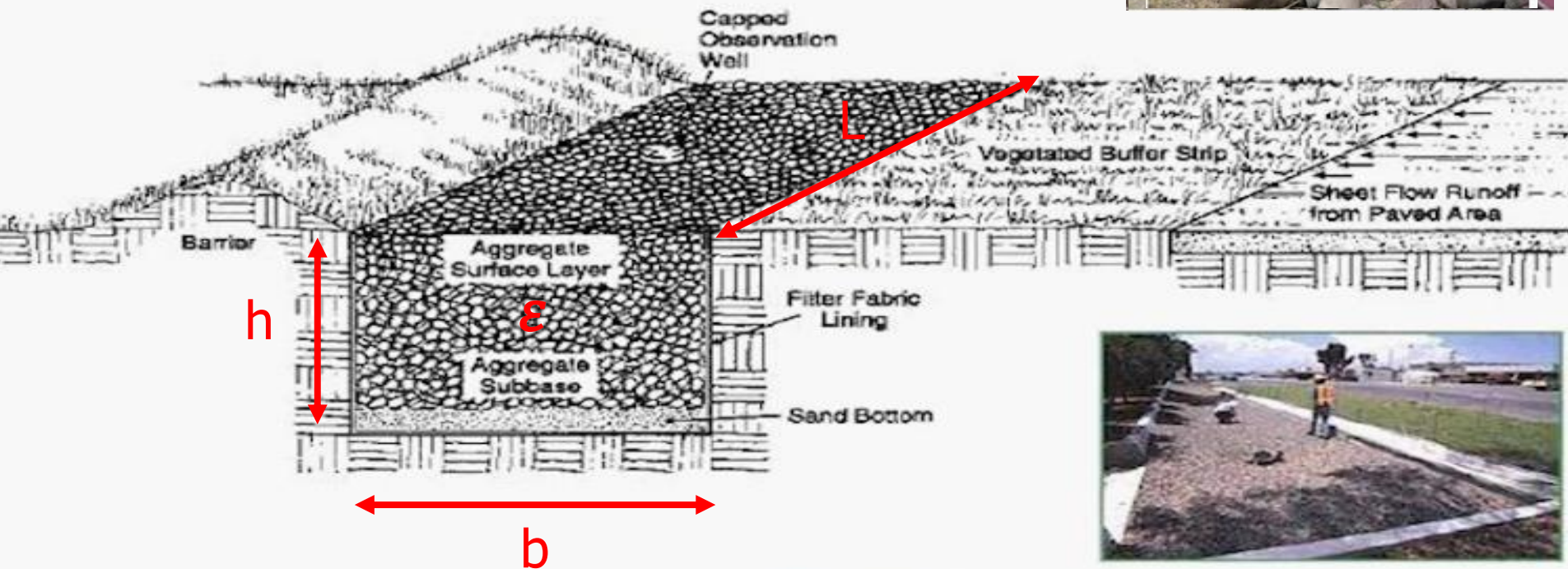
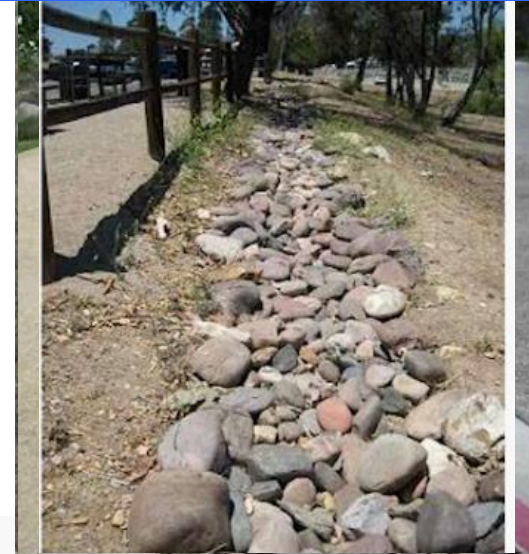
przykładowe rodzaje urządzeń

- Rowy infiltracyjne,
- Niecki (muldy) infiltracyjne,
- Studnie chłonne,
- Drenaże rozsączające,
- Pasaże roślinne (filtry gruntowo-roślinne),

Wprowadzenie

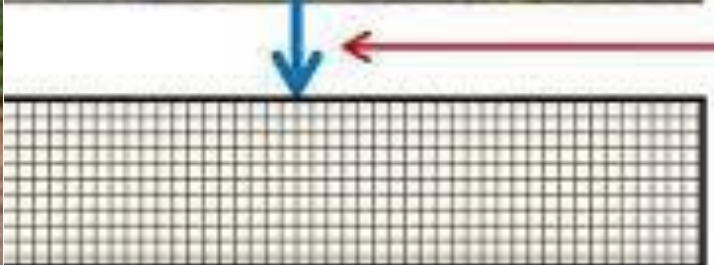
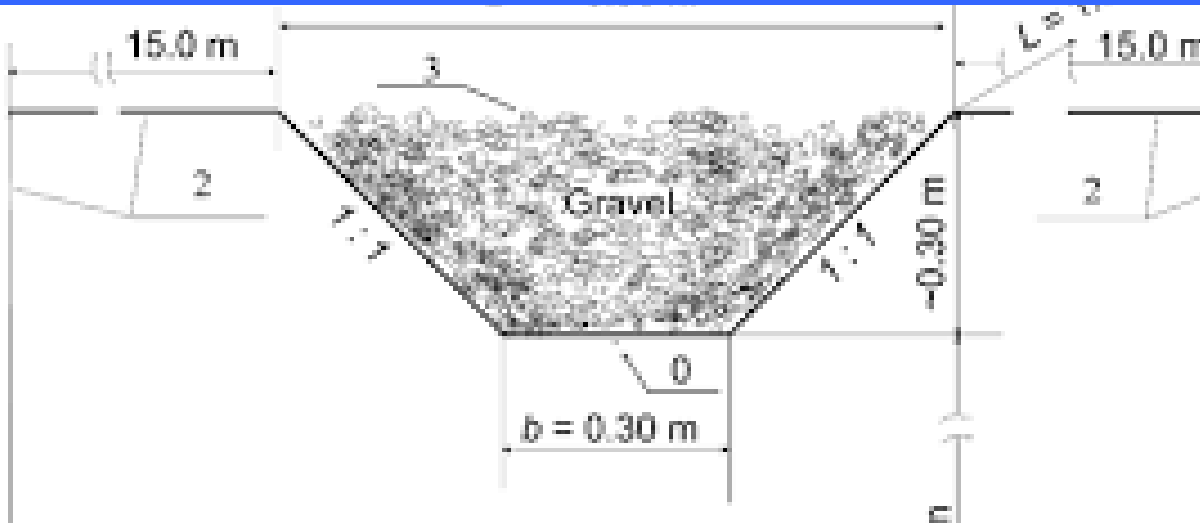
rowy i zbiorniki infiltracyjne o przekroju prostokątnym

Obiekty liniowe powinny być lokalizowane na gruntach stosunkowo dobrze przepuszczalnych o współczynniku filtracji nie mniejszym niż 0,3 m/dobę. Nie należy ich lokalizować w miejscach o wysokim poziomie wód gruntowych. Mogą być stosowane tam gdzie nie będzie zanieczyszczeń. Obszar odwadniany to maksymalnie 2 ha



Wprowadzenie

rowy i zbiorniki infiltracyjne o przekroju trapezowym



Permeable Pavement

Wprowadzenie

wymagania formalno-prawne

Zagospodarowanie wód opadowych wymaga

1. Spełnienie wymagań formalno prawnych czyli wykonanie urządzenia wodnego, które co do zasady wymaga zgody wodnoprawnej (podstawa ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. - Prawo wodne Dz.U. 2017 poz. 1566 ze zm.)
2. Właściwego zaprojektowania tj.:
 - a. określenia objętości wody, którą należy zagospodarować,
 - b. zwymiarowania urządzeń retencyjno-infiltracyjnych.

Wprowadzenie

wymagania formalno-prawne

Odbiornikiem wód opadowych lub roztopowych może być grunt lub woda. W obu przypadkach może również zaistnieć konieczność wykonania urządzenia wodnego (zgodnie z definicją art. 16 pkt 65 urządzenia wodne to urządzenia lub budowle służące do kształtowania zasobów wodnych lub korzystania z tych zasobów).

Zgodnie a art. 389. jeśli ustawa nie stanowi inaczej, pozwolenie wodnoprawne jest wymagane m.in. na:

6) wykonanie urządzeń wodnych;

Wprowadzenie

wymagania formalno-prawne

Wymagania prawne określone m.in.

W przepisach wykonawczych a w tym w RMGMIŻŚ z dnia 12 lipca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych gdzie wskazano że:

Wprowadzenie

wymagania formalno-prawne

§ 17. 1. Wody opadowe lub roztopowe, ujęte w **otwarte lub zamknięte systemy kanalizacyjne**, pochodzące z **zanieczyszczonej powierzchni szczelnej**:

- 1) terenów przemysłowych, składowych, baz transportowych, portów, lotnisk, miast, dróg zaliczanych do kategorii dróg krajowych, wojewódzkich lub powiatowych klasy G, a także parkingów o powierzchni powyżej 0,1 ha, w ilości, jaka powstaje z opadów o natężeniu co najmniej **15 l na sekundę na 1 ha**,
- 2) obiektów magazynowania i dystrybucji paliw, w ilości, jaka powstaje z opadów o **częstości występowania jeden raz w roku i czasie trwania 15 minut**, lecz w ilości nie mniejszej niż powstająca z opadów o natężeniu **77 l na sekundę na 1 ha**

Wprowadzenie

wymagania formalno-prawne

wody opadowe i roztopowe pochodzących z 1) i 2):

mogą być wprowadzane do wód lub do urządzeń wodnych, z wyjątkiem przypadków, o których mowa w art. 75a ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne, o ile nie zawierają substancji zanieczyszczających w ilościach przekraczających 100 mg/l zawiesiny ogólnej oraz 15 mg/l węglowodorów ropopochodnych.

§ 17. 2. Wody opadowe lub roztopowe pochodzące z powierzchni innych niż powierzchnie, o których mowa w ust. 1, mogą być wprowadzane do wód lub do urządzeń wodnych, z wyjątkiem przypadków, o których mowa w art. 75a ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. - Prawo wodne, bez oczyszczania.

Wprowadzenie

wymagania formalno-prawne

Art. 75a. Zakazuje się wprowadzania wód opadowych lub roztopowych, ujętych w otwarte lub zamknięte systemy kanalizacji deszczowej służące do odprowadzania opadów atmosferycznych:

- 1) bezpośrednio do wód podziemnych;
- 2) do urządzeń wodnych, o ile wody te zawierają substancje szczególnie szkodliwe dla środowiska wodnego określone w przepisach wydanych na podstawie art. 99 ust. 1 pkt 1, jeżeli byłoby to niezgodne z warunkami określonymi w przepisach wydanych na podstawie art. 99 ust. 1 pkt 4.

Wprowadzenie

zasady projektowania

a. określenie objętości wody, jaka zostanie zagospodarowana:

- dobór modelu obliczeniowego dla wyznaczenia deszczu miarodajnego q w jednostce l/s ha:

A) model Błaszczyka

$$q = \frac{6,631 \cdot \sqrt[3]{H^2 C}}{t^{0,67}} = \frac{470 \cdot \sqrt[3]{C}}{t^{0,67}}$$

B) model Bogdanowicz i Stachý

$$q = \frac{1,42 \cdot t^{0,33} + \alpha (-\ln p)^{0,585}}{0,006}$$

gdzie:

$$- t \in [5; 120] \text{ min}$$

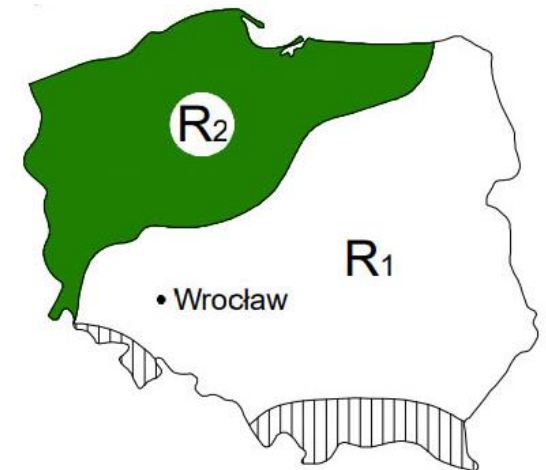
$$\alpha = 4,693 \ln(t + 1) - 1,249$$

$$- t \in (120; 720) \text{ min}$$

$$\alpha = 2,223 \ln(t + 1) + 10,639$$

$$- t \in [720; 4320] \text{ min}$$

$$\alpha = 9,472 \ln(t + 1) - 37,032$$



C) model Suligowskiego

$$q = \frac{A_0 \cdot t \cdot B}{0,36}$$

Wprowadzenie

zasady projektowania

b. Projektowanie urządzeń retencyjno-infiltracyjnych

Wymagania branżowe PN-EN 752-2017

Tabela 2 Okresy powtarzalności deszczu miarodajnego C i dopuszczalnych wylań wg normy EN 752-4 (2017)

Lokalizacja	Przykładowe okresy powtarzalności, lata	
	deszczu miarodajnego dla rurociągów, C	wylań z urządzeń kanalizacyjnych
Tereny niezamieszkałe/wiejskie	1	1-3
Tereny mieszkaniowe/amenity	2	5-10
Centra miast, tereny przemysłowe i handlowe	5	5-10
Przejścia podziemne, kolej podziemna i inna infrastruktura krytyczna	10	30-50

Wprowadzenie

zasady projektowania

- a) Maksymalny przepływ miarodajny wyznaczony metodą uproszczoną wyznacza się ze wzoru

$$Q = q \cdot \psi \cdot F, [l/s]$$

Q – maksymalne natężenie przepływu, l/s

q – natężenie deszczu miarodajnego, l/s ha,

ψ – współczynnik spływu powierzchniowego, wyznaczony dla różnych powierzchni zlewni (między 0,0 a 1,0),

F – powierzchnia danej zlewni, ha.

Wprowadzenie

zasady projektowania

a. określenie objętości wody, dopływającą do urządzeń retencyjno infiltracyjnych:

- przyjęcie właściwych współczynników spływu,

Tabela Wartości współczynnika spływu dla ψ różnego rodzaju nawierzchni dróg według Edela (2006) czy Szpindora (1992)

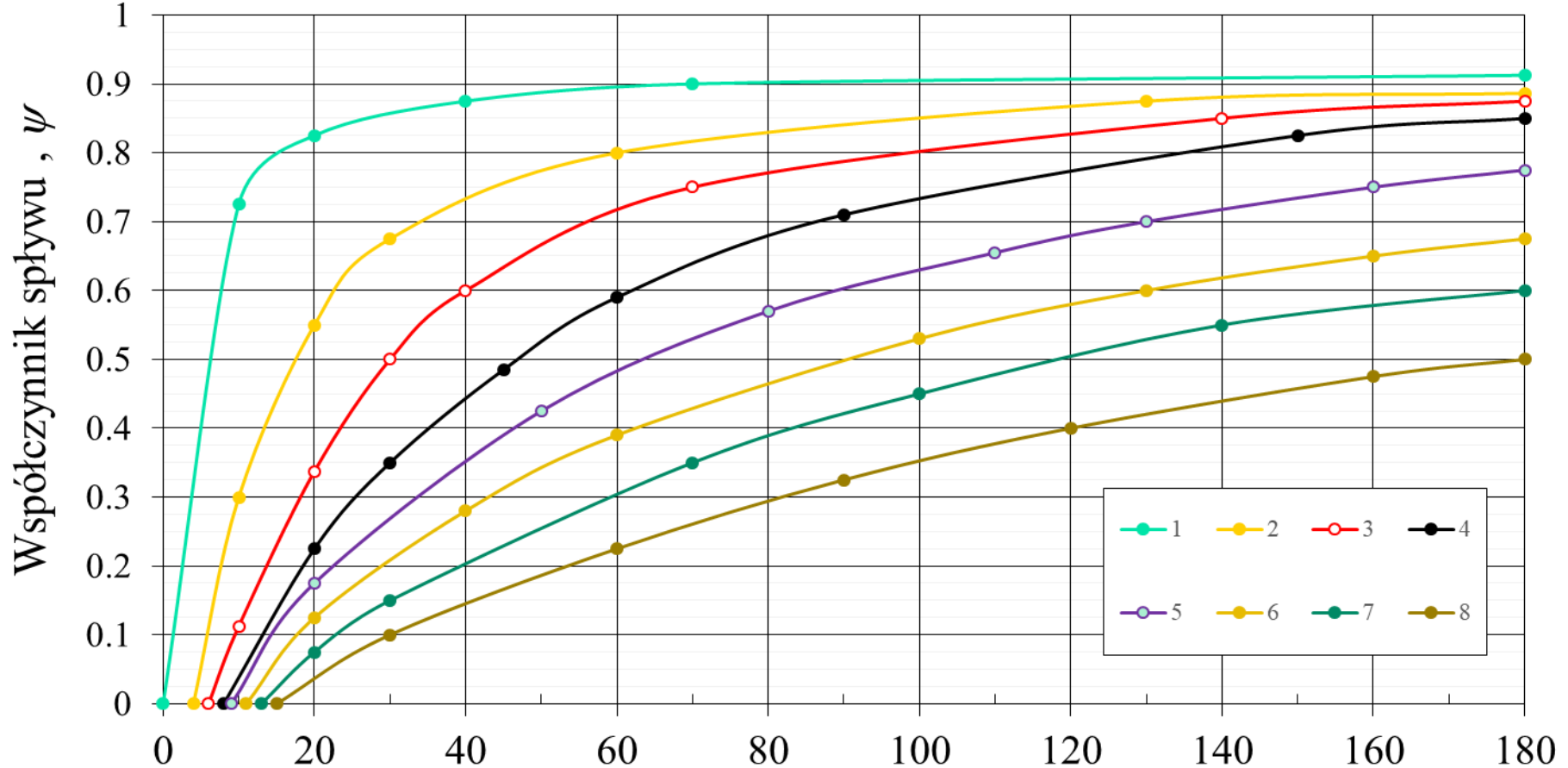
Współczynniki spływu ψ zależnie od rodzaju powierzchni zlewni kanału

Rodzaj zabudowy i użytków rolnych	ψ
Dachy szczelne (blacha, dachówka, papa)	0,90—0,95
Zabudowa zwarta	0,7—0,9
Zabudowa luźna z domami w podwórzach	0,5—0,7
Zabudowa luźna, blokowa	0,40
Zabudowa luźna o charakterze usługowym	0,30
Zabudowa jednorodzinna	0,25
Ogrody i tereny nie zabudowane	0,1—0,2
Parki, sady, łąki zależnie od spadku terenu i podłoża	0,05—0,25
Nawierzchnia uliczna gładka (bruk, klinkier, asfalt)	0,5—0,90
Nawierzchnia bita	0,25—0,60

Wprowadzenie

zasady projektowania

Przyjęcie właściwych współczynników spływu



- 1 - szczelne dachy, beton, tereny nieprzepuszczalne
- 2 - tereny gliniaste, brukowane
- 3 - zabudowa miejska luźna
- 4 - zabudowa bliźniacza i szeregowa

- 5 - tereny podmiejskie z ogrodami
- 6 - domy wolnostojące
- 7 - parki, trawniki, łąki
- 8 - porośnięte tereny piaszczyste

Natężenie opadu, J , mm/h

Wprowadzenie

zasady projektowania

b. projektowanie urządzeń retencyjno-infiltracyjnych

- Praktyka inżynierska i założenia norm brytyjskiej i niemieckiej

Porównanie warunków projektowania urządzeń infiltracyjnych

Opis	Norma	
	BRE (2003)	DWA (2005)
Czas trwania deszczu, d_r	Wyznaczony jako krytyczny w zakresie: 10-600 min	
Maksymalna powierzchnia zlewni	Bez limitu	200 ha
Maksymalny czas koncentracji	Bez limitu	15 min
Powierzchnia infiltracji, A_s	50% efektywnej powierzchni ścian (bez dna)	Powierzchnia dna + 50% efektywnej powierzchni ścian
Wartość współczynnika filtracji odbiornika gruntowego, K_s	Bez limitu	$K_s = 1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
Pionowa wartość współczynnika filtracji, I_z	$I_z = 1$	$I_z = (0.5 h_{max} + H) / H$ h_{max} – maks. gł. wody, H – odległość pomiędzy dnem urządzenia a poziomem wód gruntowych
Tempo infiltracji, f_c	Wyznaczone na podstawie testu terenowego	$0.5 I_z K_s$
Czas napełniania, t_f	Czas trwania deszczu, d_r	
Czas opróżniania, t_e	Max. 24 godziny opróżnienia połowy objętości	Max. 24 godziny opróżnienia całej zgromadzonej objętości

PIWORIWO

Program Inżynierski do Wymiarowania Obiektów Retencyjnych i Infiltracyjnych dla Wód

Opadowych

służy do wymiarowania prostokątnego i trapezowego w przekroju rowu/zbiornika infiltracyjnego z wypełnieniem lub bez wypełnienia. Przy braku wypełnienia (kamienie, skrzynki rozsączające otulone geowłókniną itp.) rowu o prostokątnym przekroju poprzecznym, niezbędne jest zabezpieczenie jego pionowych skarp przed osunięciem się, np. za pomocą płotka faszynowego.

Obliczenia wykonywane są dostarczanym komercyjnie programie, zabezpieczonym kluczem sprzętowym na pendrive.

Budowa programu została sfinansowana w konkursie w Projekcie ININ 4.0 w ramach programu pn. „Inkubator Innowacyjności 4.0” na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu

PIWORIWO



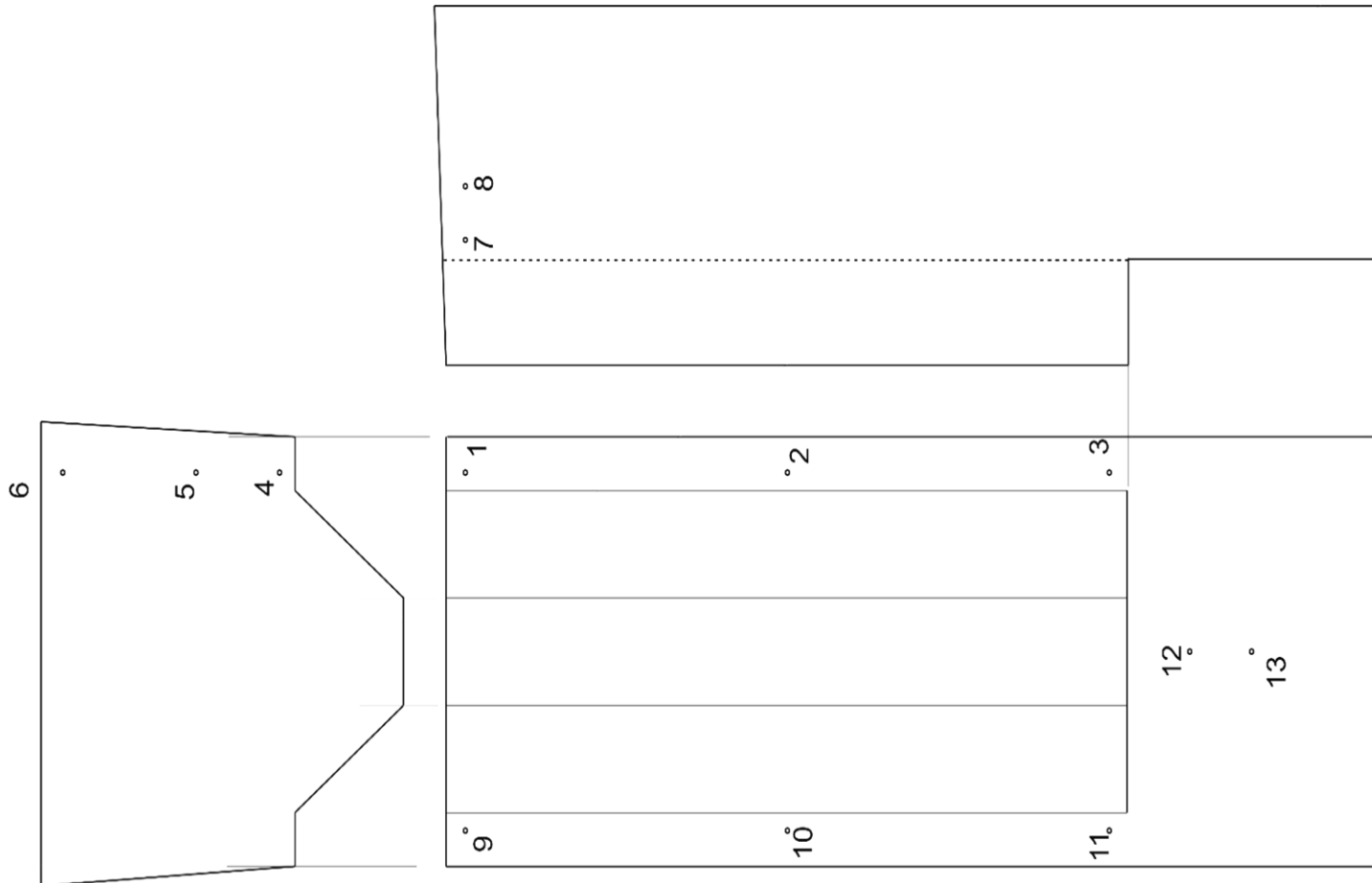
Badania terenowe

PIWORIWO



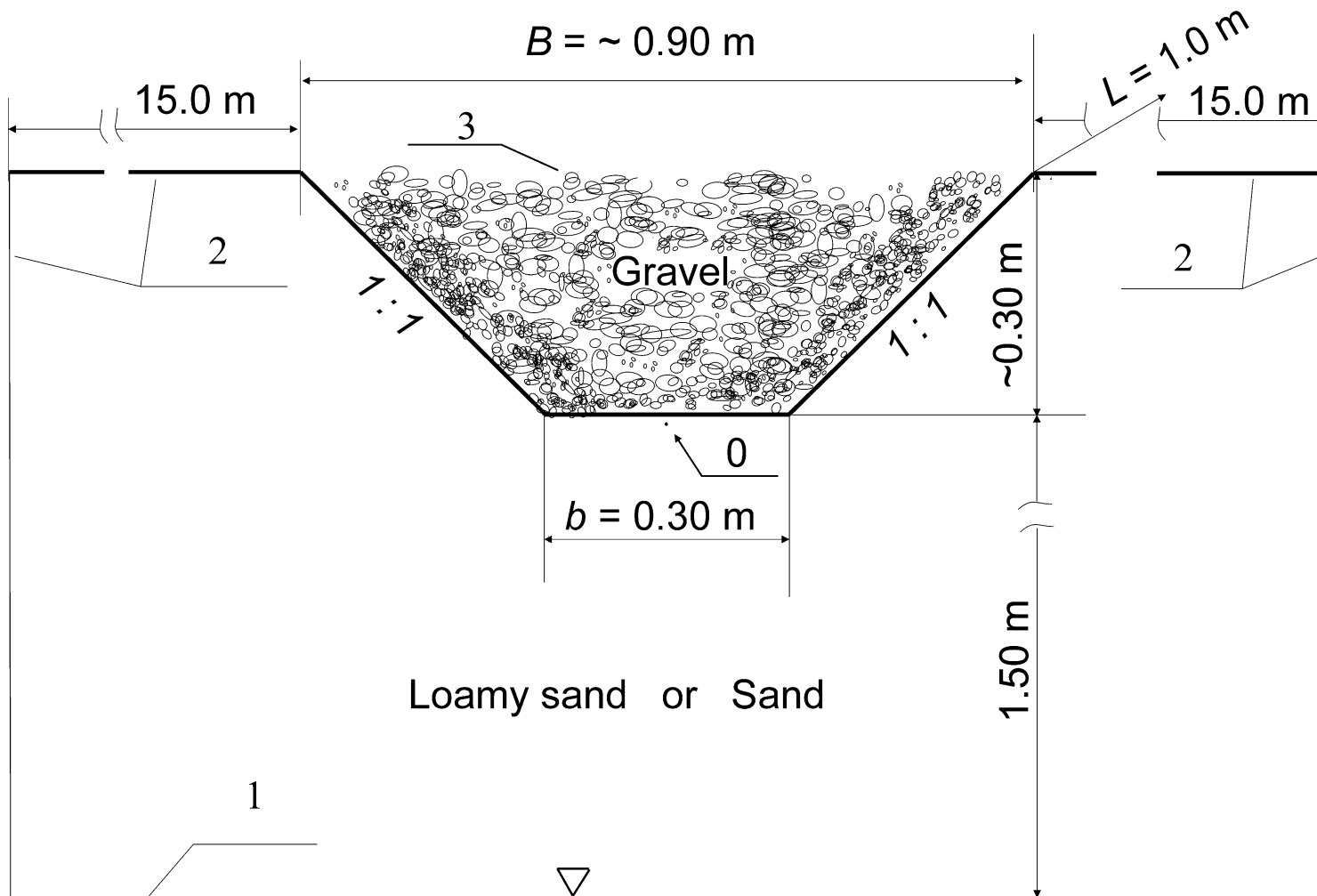
Badania terenowe – model fizyczny

PIWORIWO



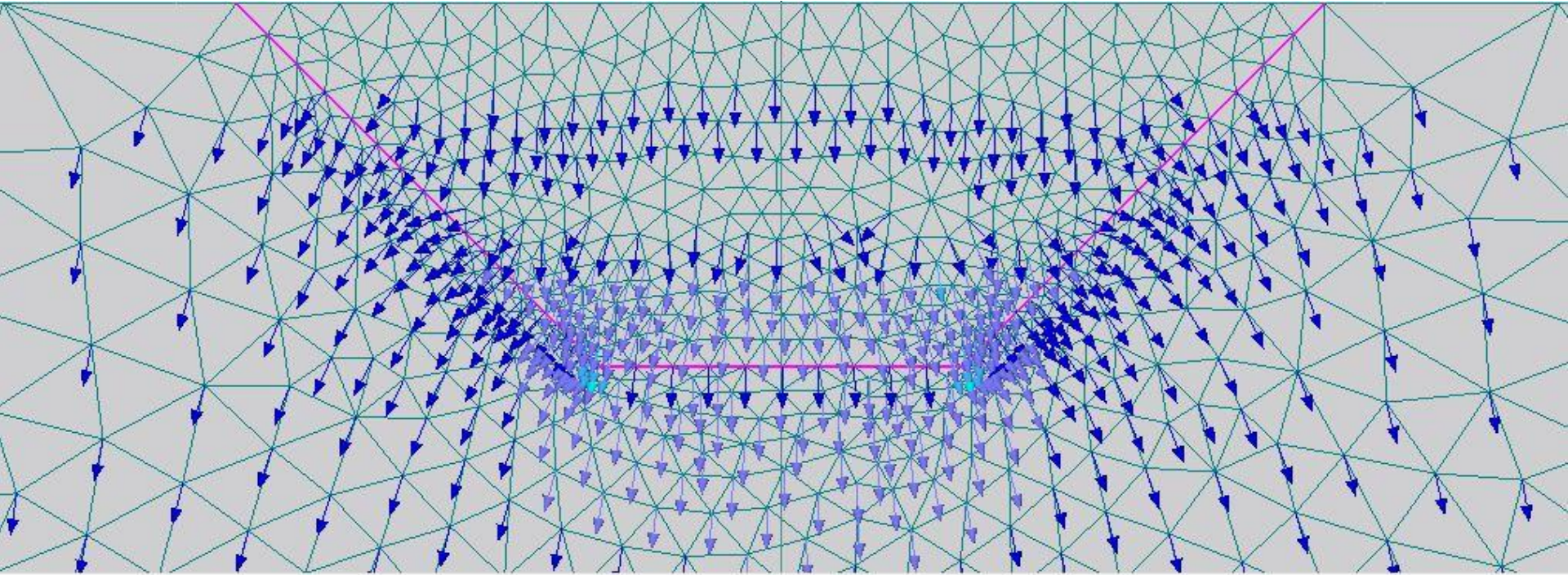
Badania terenowe – pomiary wilgotności

PIWORIWO



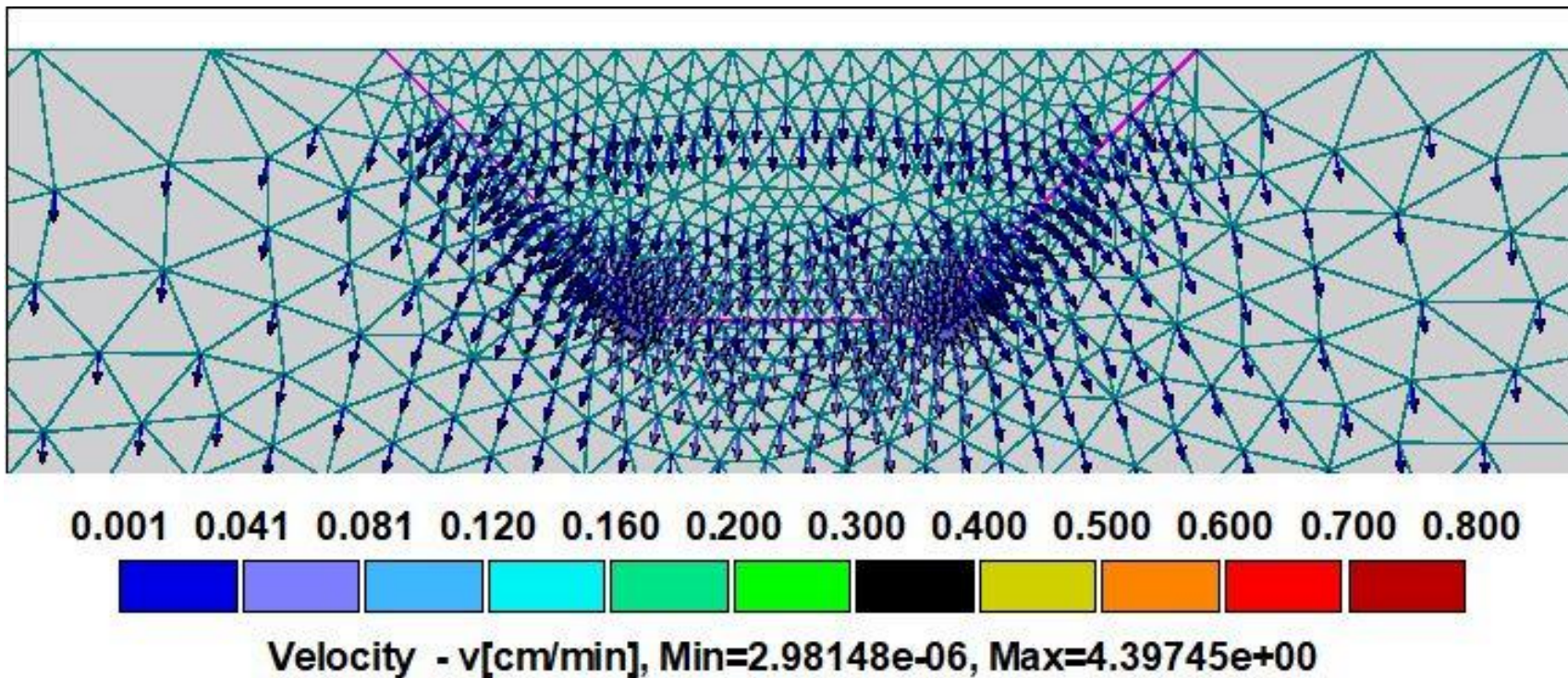
Modelowanie matematyczne

PIWORIWO



Modelowanie matematyczne – HYDRUS 3D/2D

PIWORIWO



Project badanie rów rybojedzko max wilgotnoœæ st³y H theta 0.3
Results, Velocity, Time 10 - 200 min

Modelowanie matematyczne – HYDRUS 3D/2D

PIWORIWO

opis modeli obliczeniowych

Założenia :

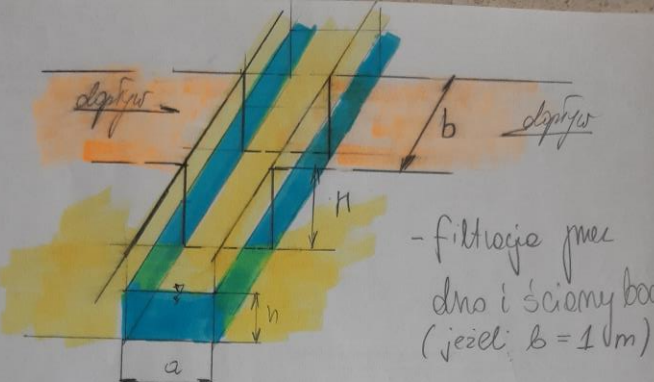
$$Q_{in} - Q_{out} = \frac{dV}{dt}$$

- gdzie: Q_{in} – dopływ wody, m³/s;
- Q_{out} – odpływ wody, m³/s;
- V – objętość wody, m³;
- t - czas, s.

Obliczenia analityczne

PIWORIWO

opis modeli obliczeniowych



- filtracja przez dno i ściany boczne (jeżeli $b = 1 \text{ (m)}$)

skok: $Q_d - Q_o = \varepsilon \cdot a \cdot b \frac{dh}{dt}$ (bilans)

$C_1 \cdot t_d^{-\frac{2}{3}} - w[a \cdot b + 2h(a+b)] = \varepsilon a b \frac{dh}{dt}$

jeżeli: $b = 1$

$C_1 \cdot t_d^{-\frac{2}{3}} - w a - w 2 h a = \varepsilon a \frac{dh}{dt} \quad | \cdot dt$

$dt = \frac{\varepsilon a}{C_1 \cdot t_d^{-\frac{2}{3}} - w a - w 2 h a} dh$

$\int dt = -\frac{\varepsilon \cdot a}{w 2 a} \ln(C_1 t_d^{-\frac{2}{3}} - w a - w 2 h a)$

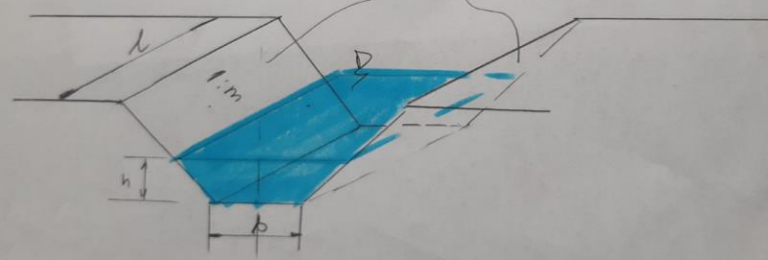
$\int \frac{x}{dx} = \ln x$

$\int \frac{x}{ax+b} dx = \frac{1}{a} \ln(a)$

$$C - D \cdot h - E \cdot h^2 = (A + Bh) \cdot \frac{dh}{dt}$$

$$dt = \frac{A + Bh}{C - Dh - Eh^2} dh \quad (2*)$$

11.08.21



objętość wody w rowie $V = (b + mh) \cdot h \cdot l$

Lipiec 2020

Obliczenia analityczne

PIWORIWO

PIWORIWO

Program inżynierski do wymiarowania obiektów retencyjnych i infiltracyjnych dla wód opadowych

Autorzy modelu obliczeniowego: Ryszard Błażejowski, Jakub Nieć, Sadžide Murat-Błażejowska, Paweł Zawadzki

<https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1523616>

[https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0001538](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001538)

dr hab. inż. Jakub Nieć, dr hab. inż. Paweł Zawadzki
Wydział Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej
Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej
jakub.niec@up.poznan.pl

Obliczenia

Program zrealizowano w ramach projektu ININ 4.0 w ramach programu pn. „Inkubator Innowacyjności 4.0”
na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu



WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA
I INŻYNIERII MECHANICZNEJ
UNIwersytet PRZYRODNICZY W POZNANIU

PIWORIWO

Taylor, Francis Online

Home ▶ All Journals ▶ Hydrological Sciences Journal ▶ List of Issues ▶ Volume 63, Issue 11 ▶ Comparison of infiltration models with r ...

Hydrological Sciences Journal ▶
Volume 63, 2018 - Issue 11

Enter keywords, authors, ...

Submit an article Journal homepage

1,062 Views

4 CrossRef citations to date

0 Altmetric

Articles

Comparison of infiltration models with regard to design of rectangular infiltration trenches

Ryszard Błażejowski, Jakub Nieć, Sadzide Murat-Błażejewska & Paweł Zawadzki

Pages 1707-1716 | Received 30 Mar 2017, Accepted 07 Aug 2018, Accepted author version posted online: 14 Sep 2018, Published online: 15 Oct 2018

Download citation <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1523616> Check for updates

Full Article Figures & data References Citations Metrics Reprints & Permissions View PDF

In this article

ABSTRACT

1 Introduction

2 Previous studies and design guidelines

3 Analytical solutions for infiltration concepts of Type II and Type IIIa

4 Numerical solution

5 Field study

6 Results

7 Discussion

8 Conclusions

Acknowledgements

Disclosure statement

References

ABSTRACT

Guidelines for the design of infiltration trenches of rectangular cross-section are compared. Four concepts of infiltration into a native soil from linear soakaways of rectangular cross-section are discussed. The results of calculations using analytical equations are compared with numerical two-dimensional (2D) simulations using HYDRUS computer code and field measurements. Satisfactory agreement is achieved for Kozeny's concept of infiltration and the free-surface approach, applied to a trench in a highly saturated sandy loam. Theoretical solutions, neglecting matric potential, suggest that the mean infiltration rate along the wetted perimeter of a rectangular trench varies in the range 1.0 to 1.5 of the value of saturated hydraulic conductivity.

KEYWORDS: infiltration trench, HYDRUS, storm water management, soakaway, storm water

Formulae display MathJax

[Previous article](#) [View issue table of contents](#) [Next article](#)

1 Introduction

Rectangular infiltration trenches are commonly used for disposal of storm water and treated effluent from small wastewater treatment plants. They are filled with crushed stone (rock) material to stabilize their walls and sometimes have a perforated pipe for delivering water to the full trench length. Recently, plastic infiltration boxes of high porosity ($\epsilon = 0.92\text{--}0.96$) have been used instead of natural filling media. Infiltration trenches are elements of green infrastructure, including the aspect known as low-impact development controls of storm water, which is increasingly popular due to the growing awareness by designers and society of extreme phenomena, intensified recently by climate change. The trenches suppress quick surface runoff, improve quality of the infiltrated water, and increase groundwater levels (Shamseldin 2010, ARC 2016). It has been found that such systems can not only be more sustainable and environmentally friendly than traditional urban drainage but also constructed and exploited at lower cost (Argue 2013). A crucial role when designing infiltration systems is played by hydraulic design, utilizing hydrological input data. A general

ASCE LIBRARY

SEARCH CART LOGIN / REGISTER

JOURNALS BOOKS MAGAZINES AUTHOR SERVICES USER SERVICES

Journal of Irrigation and Drainage Engineering / Volume 147 Issue 4 - April 2021

Case Studies Downloaded 173 times

Comparison of Seepage Models Applied to Design of Trapezoidal Infiltration Trenches and Basins

Jakub Nieć, Ph.D.; Ryszard Błażejowski; Paweł Zawadzki; and Michał Kozłowski, Ph.D.

Full Text PDF TOOLS SHARE

Abstract

In designing infiltration trenches or basins, the focus is usually on runoff conveyance and water quality, with less attention to optimizing infiltration and seepage to increase stormwater management efficiency. Four infiltration model conditions, applied as constituents of water balance in infiltration trenches and basins of a trapezoidal cross-section, were compared with the results of field studies. In the first two, infiltration rates conditions were constant and equal to native soil saturated hydraulic conductivity or to half of it along the side slopes. New analytical solutions for filling and emptying times based on the water balance equation were presented. The third model condition was a compilation of the inverse hodograph method with a simplified seepage function. The fourth model condition was based on Richards' calculations solved numerically using the HYDRUS computer code. Among the analytical models, the authors recommend in-basin and trench designs using the concept IIIB. It predicts that the relative rate of infiltration from linear basins of trapezoidal cross-sections increases with the ratio of the water depth to the bottom width up to 0.8–2.4, depending on their side slopes. For higher relative water depth values, the relative infiltration rates stabilize, exceeding 20%–42% of the saturated hydraulic conductivity of the native soil. The relative infiltration rates from trenches or basins of trapezoidal cross-sections are less sensitive to the relative water depth than those from similar controls of a rectangular cross-section. Equations and procedures for the calculation of filling and emptying times are provided. The numerical model (HYDRUS 2D) gave satisfactory results, excluding the case of the filling of a trapezoidal trench without fill material.

Authors:

Jakub Nieć, Ph.D.
Assistant Professor, Dept. of Hydraulic and Sanitary Engineering, Univ. of Life Sciences, 94a Piątkowska St., 60-649 Poznań, Poland (corresponding author), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9864-057X>. Email: jakub.niec@up.poznan.pl

Ryszard Błażejowski
Professor, Dept. of Hydraulic and Sanitary Engineering, Univ. of Life Sciences, 94a Piątkowska St., 60-649 Poznań, Poland. Email: ryszard.blazejewski@up.poznan.pl

Paweł Zawadzki
Assistant Professor, Dept. of Hydraulic and Sanitary Engineering, Univ. of Life Sciences, 94a Piątkowska St., 60-649 Poznań, Poland. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5425-4669>. Email: pawel.zawadzki@up.poznan.pl

Michał Kozłowski, Ph.D.
Assistant Professor, Dept. of Soil Science and Land Reclamation, Univ. of Life Sciences, 94a Piątkowska St., 60-649 Poznań, Poland. Email: michal.kozlowski@up.poznan.pl

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0001538](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001538)

Received: February 10, 2020
Accepted: October 07, 2020
Published online: January 21, 2021

ASCE Subject Headings: Trenches, Retention basins, Cross sections, Optimization models, Seepage, Hydraulic design, Comparative studies, Recharge basins

Journal of Irrigation and Drainage Engineering
Vol. 147, Issue 4 (April 2021)

© 2021 American Society of Civil Engineers

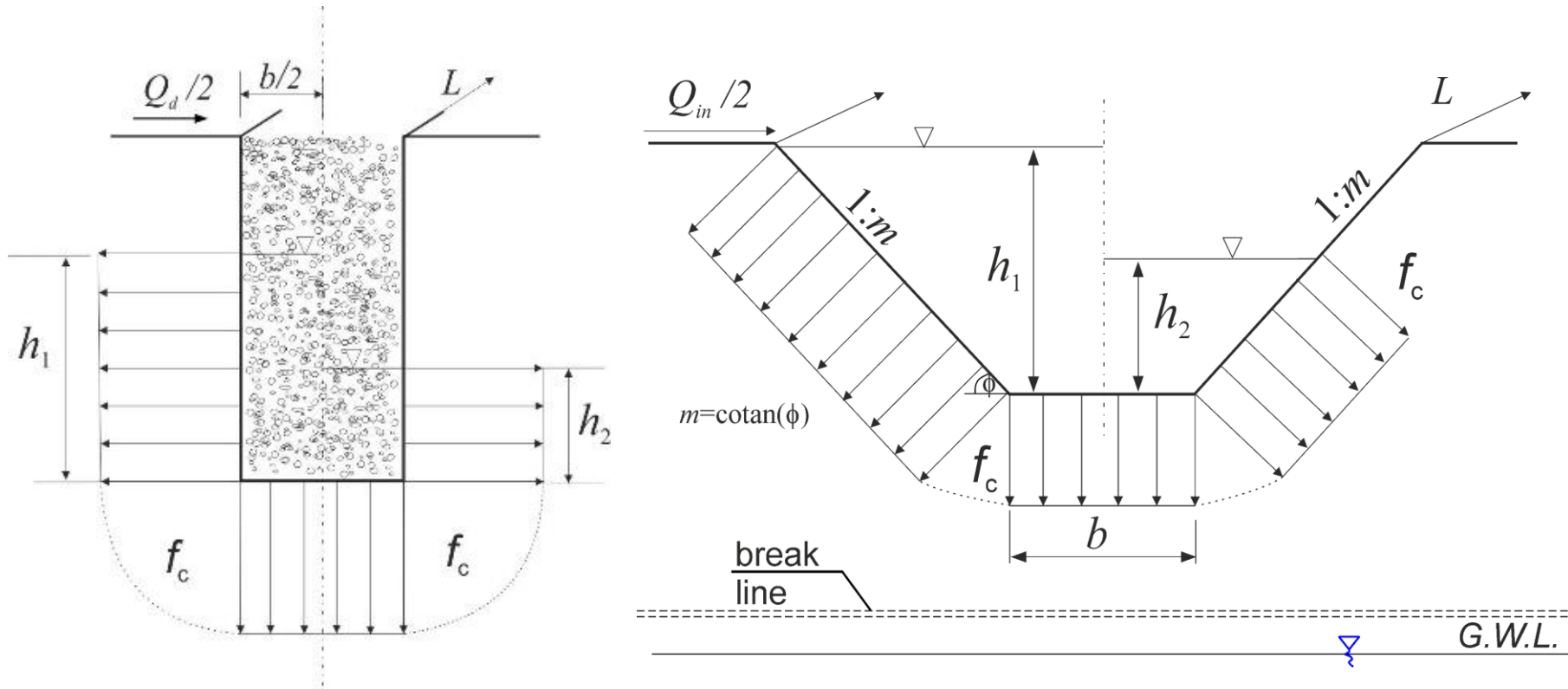
Check for updates

PDF Download

PIWORIWO

opis modeli obliczeniowych

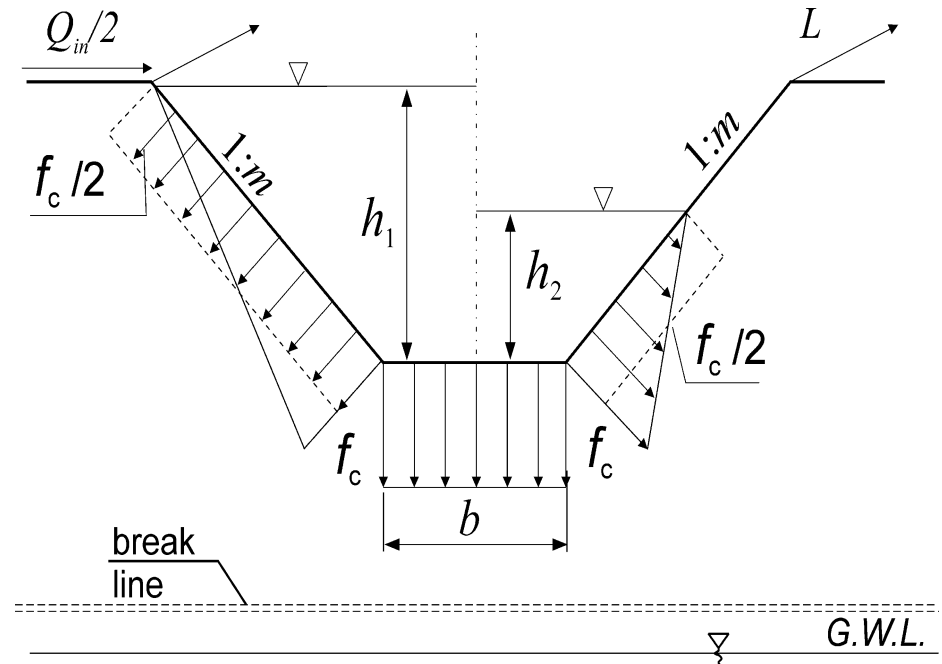
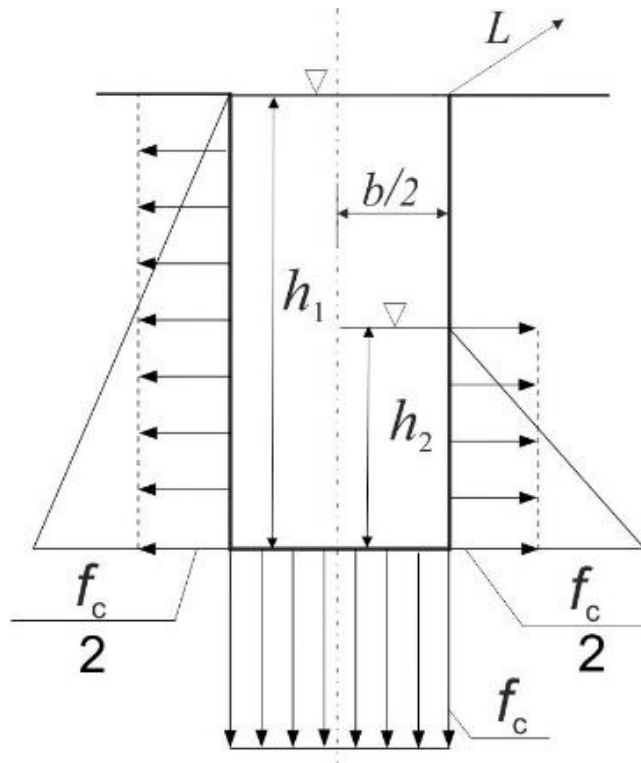
model II – intensywność infiltracji (f_c) równa jest wartości współczynnika filtracji (k_f) gruntu ścian i dna rowu:



PIWORIWO

opis modeli obliczeniowych

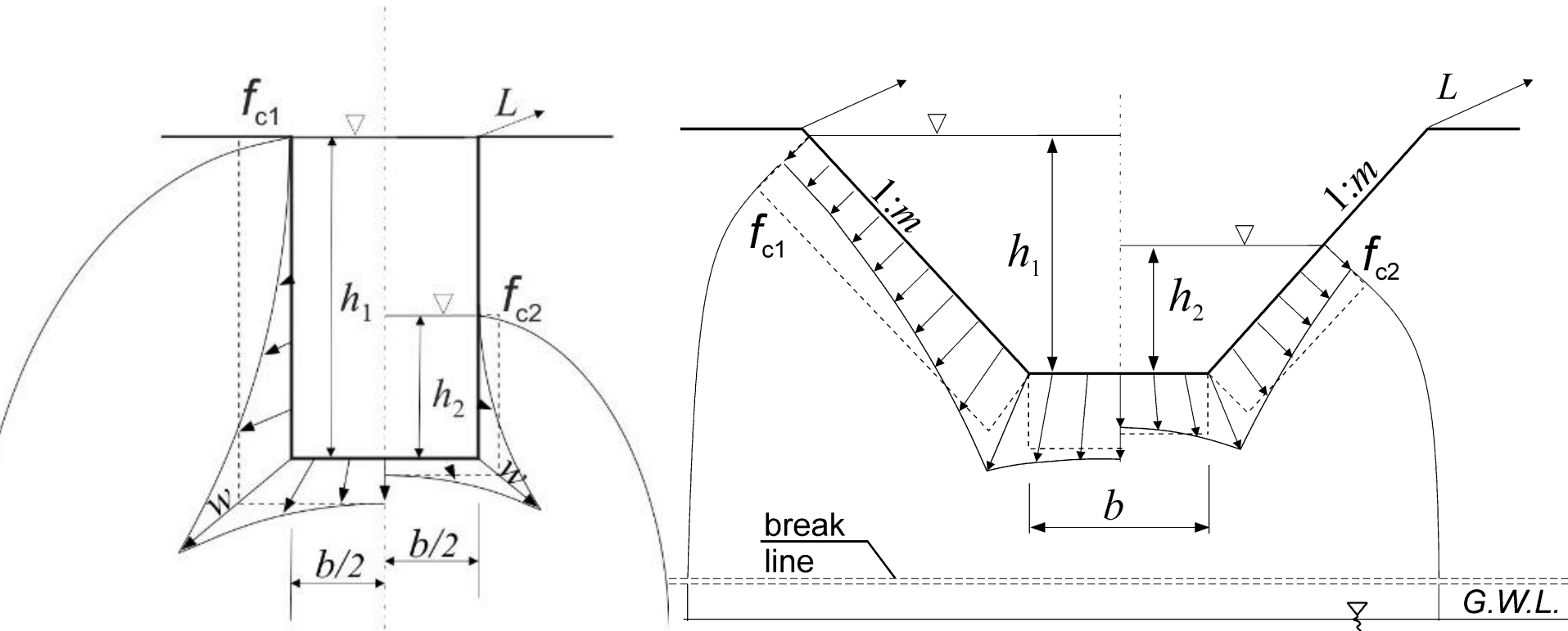
model IIIA - intensywność infiltracji równa jest wartości współczynnika filtracji gruntu w dnie i połowie wartości współczynnika filtracji gruntu ścian rowu (rozkład trójkątny)



PIWORIWO

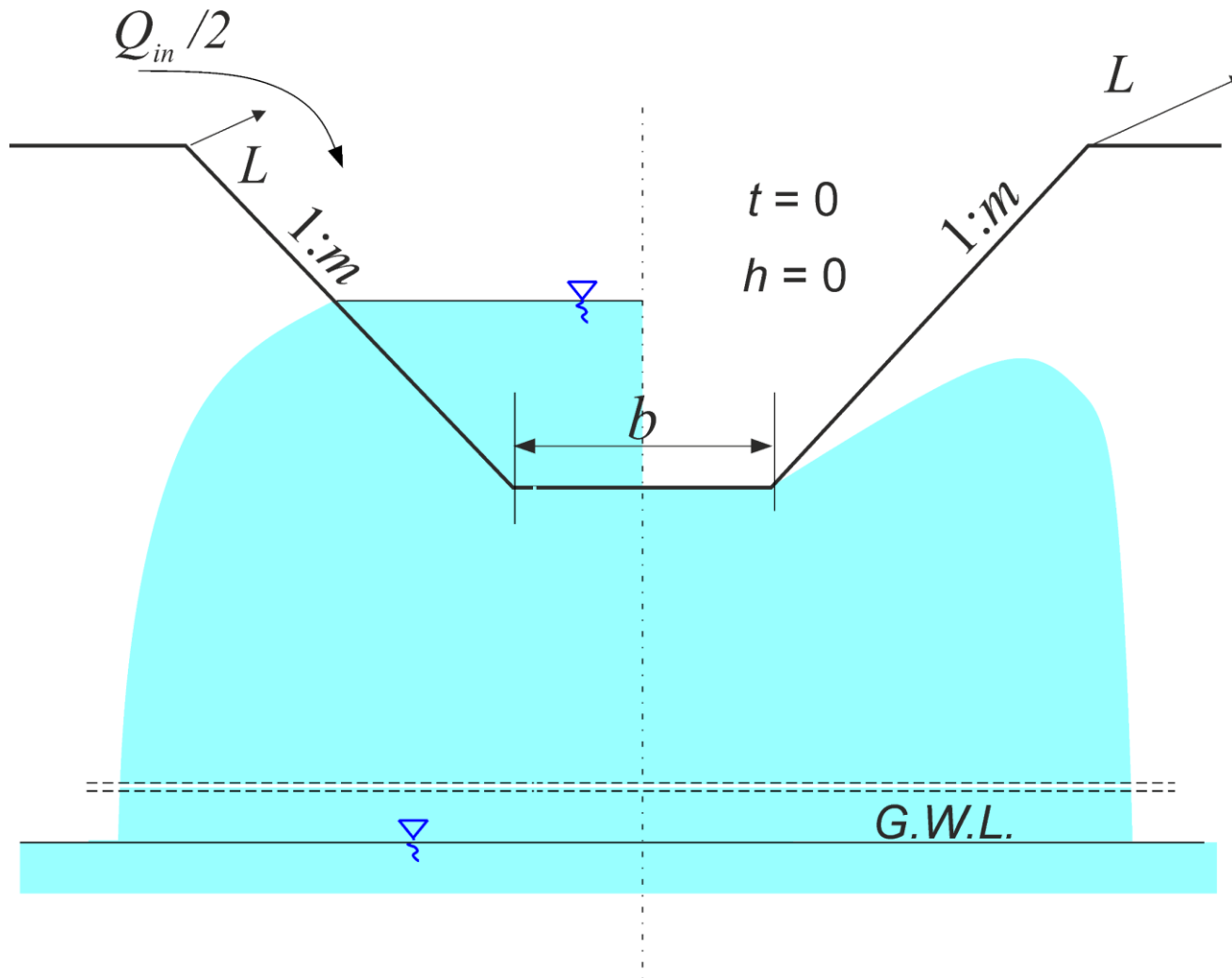
opis modeli obliczeniowych

IIIB - intensywność infiltracji zmienia się nieliniowo wzdłuż skarp rowu w zależności od głębokości wody w danym punkcie, jednak po jej uśrednieniu wzdłuż obwodu zwilżonego skarpy, jest ona zmienna tylko w czasie.



PIWORIWO

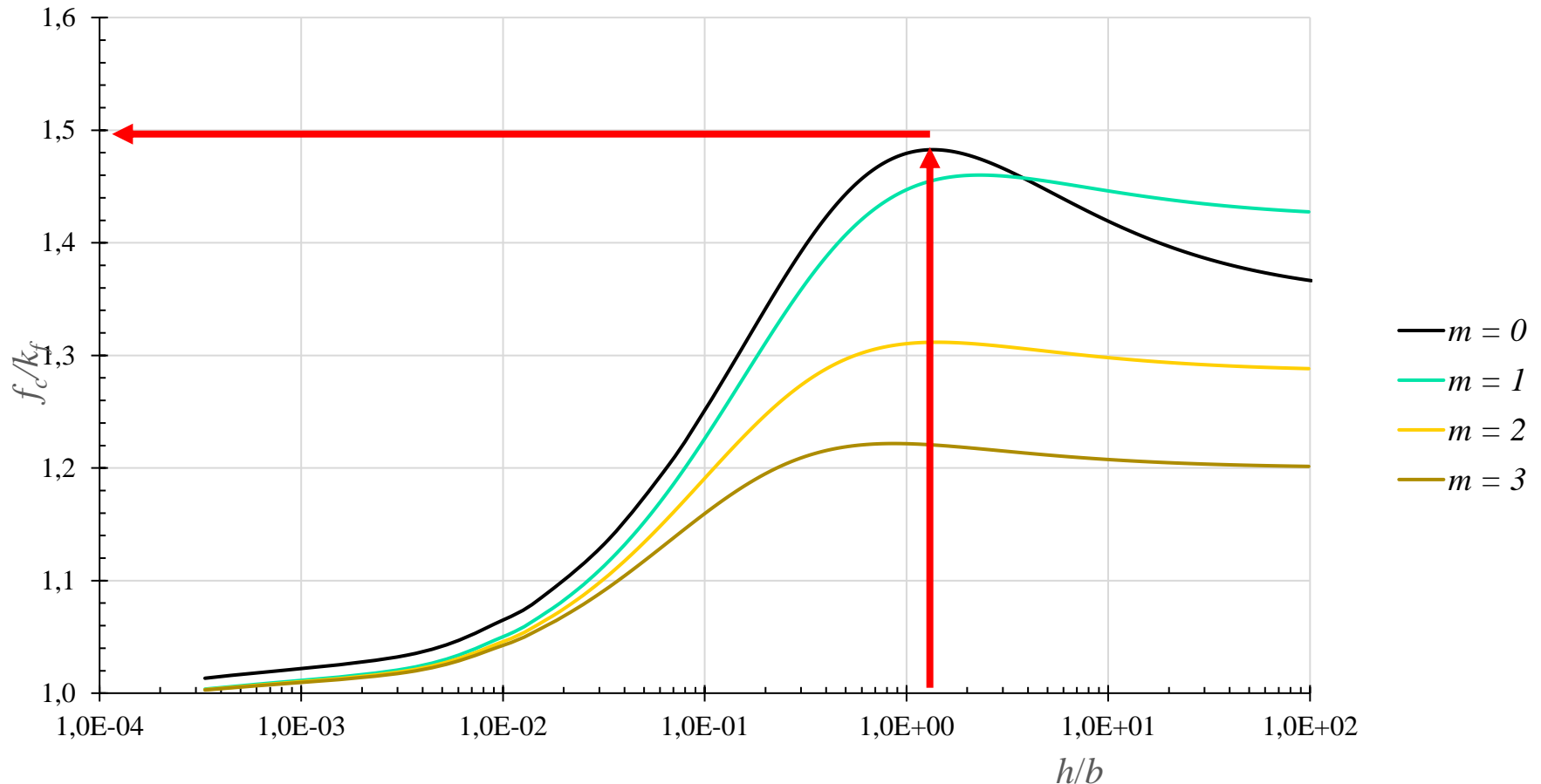
opis modeli obliczeniowych



PIWORIWO

opis modeli obliczeniowych

Przeprowadzone obliczenia przeczą powszechnej praktyce i wskazują, że f_c (prędkość wsiąkania) jest większa od wartości współczynnika filtracji k_f



Rycina 4.5. Zależność względnej intensywności infiltracji przez dno i ścianki boczne prostokątnego ($m = 0$) i trapezowego ($m > 0$) rowu infiltracyjnego (f_c/k_f) od względnej głębokości wody (h/b).

PIWORIWO

PIWORIWO

Program inżynierski do wymiarowania obiektów retencyjnych i infiltracyjnych dla wód opadowych

Autorzy modelu obliczeniowego: Ryszard Błażejowski, Jakub Nieć, Sadžide Murat-Błażejowska, Paweł Zawadzki

<https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1523616>

[https://ascellibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0001538](https://ascellibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001538)

dr hab. inż. Jakub Nieć, dr hab. inż. Paweł Zawadzki
Wydział Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej
Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej
jakub.niec@up.poznan.pl

Obliczenia

Program zrealizowano w ramach projektu ININ 4.0 w ramach programu pn. „Inkubator Innowacyjności 4.0”
na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu



WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA
I INŻYNIERII MECHANICZNEJ
UNIwersytet PRZYRODNICZY W POZNANIU

PIWORIWO

współczynnik filtracji

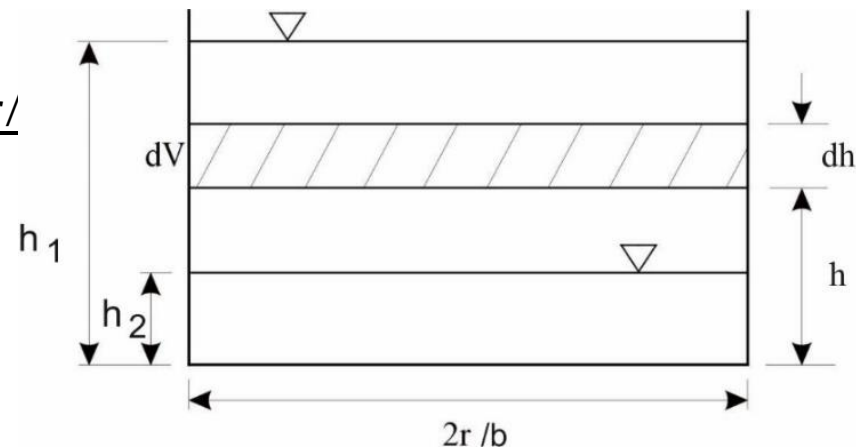
Zdolność infiltracyjną gleb i gruntów można oszacować różnymi metodami dlatego w programie możliwe jest określenie współczynnika filtracji k_f na podstawie:

A. Testów infiltracyjnych znanych w literaturze jako testy perkolacyjne dla wykopów o różnych kształtach:

- Koła
$$k_f \approx 1,15 r \frac{\log(h_1+r/2)-\log(h_2+r/2)}{t}$$

- Prostokąta
$$k_f \approx \frac{ab}{2(a+b)t} \ln \left(\frac{2h_1(a+b)+ab}{2h_2(a+b)+ab} \right)$$

- Kwadratu
$$k_f \approx b \frac{\ln(4h_1+b)-\ln(4h_2+b)}{4t}$$



gdzie: k_f – współczynnik filtracji, cm/s; h_1 – początkowa głębokość wody mierzona od dna wykopu, cm; h_2 – końcowa głębokość wody, cm; t – czas opadania zwierciadła wody z poziomu h_1 do h_2 , s; r – promień otworu, cm; a i b – wymiary pola podstawy dna szurfu, cm.

PIWORIWO

współczynnik filtracji

B. Wzorów empirycznych tzw. wzór amerykański, opisany przez Białasa i in. (1971), który pozwala oszacować wartość współczynnika filtracji na podstawie średnicy miarodajnej ziaren gruntu d_{20} :

$$k_f = 0,36 d_{20}^{2,3} \quad (4.4)$$

gdzie: k_f – współczynnik filtracji, cm/s; d_{20} – średnica miarodajna stanowiąca 20% masy próbki wraz z mniejszymi, mm.

C. Na podstawie innych danych

PIWORIWO

współczynnik filtracji

PIWORIWO 1.0.1.11

O programie I. Wsp. filtracji

Kształt

Kształt

Szerokość wykopu a [cm]

Długość wykopu b [cm]

Początkowy poziom wody h1 [cm]

Końcowy poziom wody h2 [cm]

Czas opadania zwierciadła wody z poziomu h1 do h2 t [s]

Wartość współczynnika filtracji kf **0,01495** [cm/s]

Zalecenia

ok 30 cm

Wartość współczynnika filtracji oszacowana na podstawie wzoru amerykańskiego

Średnica miarodajna stanowiąca wraz z mniejszymi 20% składu granulometrycznego

d20 [mm]

Wartość współczynnika filtracji kf **0,00888** [cm/s]

Wartość współczynnika filtracji oszacowana inną metodą

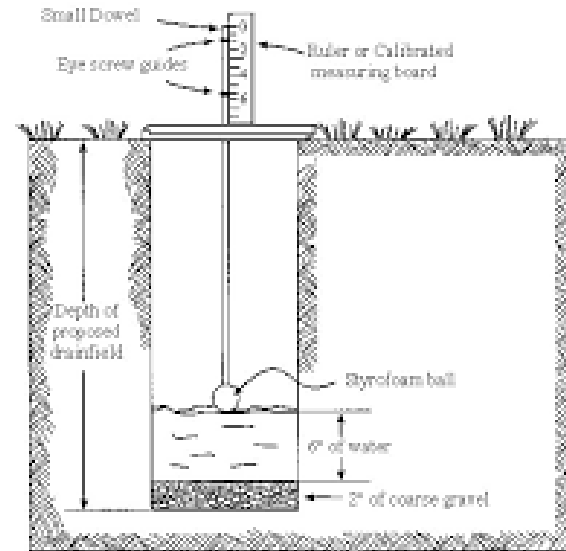
Wartość współczynnika filtracji oszacowana inną metodą

[cm/s]

Do dalszych obliczeń przyjęto kf= **0,01495** [cm/s]

12,92 [m/dobę]

Dalej >>



PIWORIWO

współczynnik spływu

Program, pozwala oszacować natężenie dopływu wód deszczowych, na podstawie przyjętych powierzchni utwardzonych (obszarów odwadnianych). Dla konkretnych powierzchni określono wartości współczynników spływu z możliwością ich modyfikacji.

Tabela Wartości współczynnika spływu dla ψ różnego rodzaju nawierzchni dróg według Edela (2006) czy Szpindora (1992)

PIWORIWO 1.0.1.17

O programie I. Wsp. filtracji II. Natężenie deszczu III. Projektowanie

Zestawienie powierzchni obliczeniowych

Rodzaj zabudowy	Powierzchnia [m kw]	Współczynnik	Powierzchnia zredukowana
Zabudowa zwarta	1000	0,8	800
Zabudowa zwarta z podwórkami brukowanymi		0,75	
Zabudowa luźna z domami w podwórzu		0,6	
Zabudowa luźna, blokowa		0,4	
Zabudowa luźna o charakterze usługowym		0,3	
Zabudowa jednorodzinna		0,25	
Zabudowa willowa		0,275	
Tereny niezabudowane		0,125	
Parki, sady i tereny zielone		0,15	
	1 000,000		800,000

Rodzaj zabudowy	Powierzchnia [m kw]	Współczynnik	Powierzchnia zredukowana
Nawierzchnia uliczna gładka (bruk, klinkier, asfalt)		0,7	
Nawierzchnie asfaltowe		0,9	
Nawierzchnie z płyt betonowych		0,8	
Nawierzchnie kamienne, klinkierowe - szczelne		0,8	
Nawierzchnie jw. bez szczelnych spoin		0,45	
Nawierzchnia z płyt betonowych		0,8	
Nawierzchnie z kostki brukowej		0,6	
Nawierzchnia z płyt ażurowych		0,4	
Drogi tłuczniowe (drogi bite)		0,425	
Nawierzchnie żwirowe		0,225	
	0		0

Razem powierzchnie obliczeniowe **1 000,00** [m kw.] **800,00** [m kw.]

PIWORIWO

natężenie deszczu

PIWORIWO 1.0.1.17

O programie I. Wsp. filtracji II. Natężenie deszczu III. Projektowanie

Zestawienie powierzchni obliczeniowych

Rodzaj zabudowy	Powierzchnia [m kw]	Współczynnik	Powierzchnia zredukowana
Zabudowa zwarta	1000	0,8	800
Zabudowa zwarta z podwórkami brukowanymi		0,75	
Zabudowa luźna z domami w podwórzu		0,6	
Zabudowa luźna, blokowa		0,4	
Zabudowa luźna o charakterze usługowym		0,3	
Zabudowa jednorodzinna		0,25	
Zabudowa willowa		0,275	
Tereny niezabudowane		0,125	
Parki, sady i tereny zielone		0,15	
	1 000,000		800,000

Rodzaj zabudowy	Powierzchnia [m kw]	Współczynnik	Powierzchnia zredukowana
Nawierzchnia uliczna gładka (bruk, klinkier, asfalt)		0,7	
Nawierzchnie asfaltowe		0,9	
Nawierzchnie z płyt betonowych		0,8	
Nawierzchnie kamienne, klinkierowe - szczelne		0,8	
Nawierzchnie jw. bez szczelnych spoin		0,45	
Nawierzchnia z płyt betonowych		0,8	
Nawierzchnie z kostki brukowej		0,6	
Nawierzchnia z płyt ażurowych		0,4	
Drogi tłuczniowe (drogi bite)		0,425	
Nawierzchnie żwirowe		0,225	
	0		0

Razem powierzchnie obliczeniowe

1 000,00 [m kw.]

800,00 [m kw.]

Region: Północno-zachod
 Okres powtarzalności C: 5
 Prawdopodobieństwo: 0,20

Model Bogdanowicza Stachy

alfa	i [l/s ha]	czas [min]	i [mm/m2]	Q [l/s]	L [m]
5,36	316,60	5	9,5	25,33	38,49
7,74	220,96	10	13,3	17,68	48,24
9,21	173,69	15	15,6	13,90	51,62
11,80	110,83	30	19,9	8,87	51,56
15,45	94,05	45	25,4	7,52	53,91
18,02	81,36	60	29,3	6,51	52,76
19,92	60,34	90	32,6	4,83	45,05
21,26	48,58	120	35,0	3,89	39,23
21,64	42,67	140	35,8	3,41	35,71
21,93	38,08	160	36,6	3,05	32,77
22,20	34,44	180	37,2	2,76	30,30

Model Błaszczyka

i [l/s ha]	czas [min]	i [mm/m2]	Q [l/s]	L [m]
274,71	5	8,2	21,98	33,40
173,02	10	10,4	13,84	37,78
132,02	15	11,9	10,56	39,23
83,15	30	15,0	6,65	38,68
63,44	45	17,1	5,08	36,37
52,37	60	18,9	4,19	33,96
39,96	90	21,6	3,20	29,83
32,98	120	23,7	2,64	26,64
29,76	140	25,0	2,38	24,91
27,22	160	26,1	2,18	23,42
25,17	180	27,2	2,01	22,14

Pokaż wykres

Dalej >>

PIWORIWO

natężenie deszczu

Na podstawie przyjętych danych geometrycznych obliczana jest długość urządzenia rozsączającego o przekroju prostokątnym (z wypełnieniem lub bez) wg zależności (DWA-A 138E) :

$$L = \frac{\psi I A_o 10^{-7}}{\varepsilon b h_r + \left(b + \frac{h_r}{2}\right) t_d 60 \frac{k_f}{2}} 60 t_d [m]$$

gdzie

ψ - współczynnik spływu,

I - natężenie deszczu, $\text{dm}^3/\text{s ha}$,

czas trwania t_d , min,

A_o – pole odwadnianej powierzchni, m^2 ,

ε - porowatość wypełnienia,

b – szerokość dna rowu, m,

h_r – głębokość rowu, m,

k_f – współczynnik filtracji gruntu podłoża, m/s.

Region: Północno-zachod Okres powtarzalności C: 5 Prawdopodobieństwo: 0,20

Model Bogdanowicza Stachy

alfa	i [l/s ha]	czas [min]	i [mm/m2]	Q [l/s]	L [m]
5,36	316,60	5	9,5	25,33	38,49
7,74	220,96	10	13,3	17,68	48,24
9,21	173,69	15	15,6	13,90	51,62
11,80	110,83	30	19,9	8,87	51,56
15,45	94,05	45	25,4	7,52	53,91
18,02	81,36	60	29,3	6,51	52,76
19,92	60,34	90	32,6	4,83	45,05
21,26	48,58	120	35,0	3,89	39,23
21,64	42,67	140	35,8	3,41	35,71
21,93	38,08	160	36,6	3,05	32,77
22,20	34,44	180	37,2	2,76	30,30

Model Błaszczyka

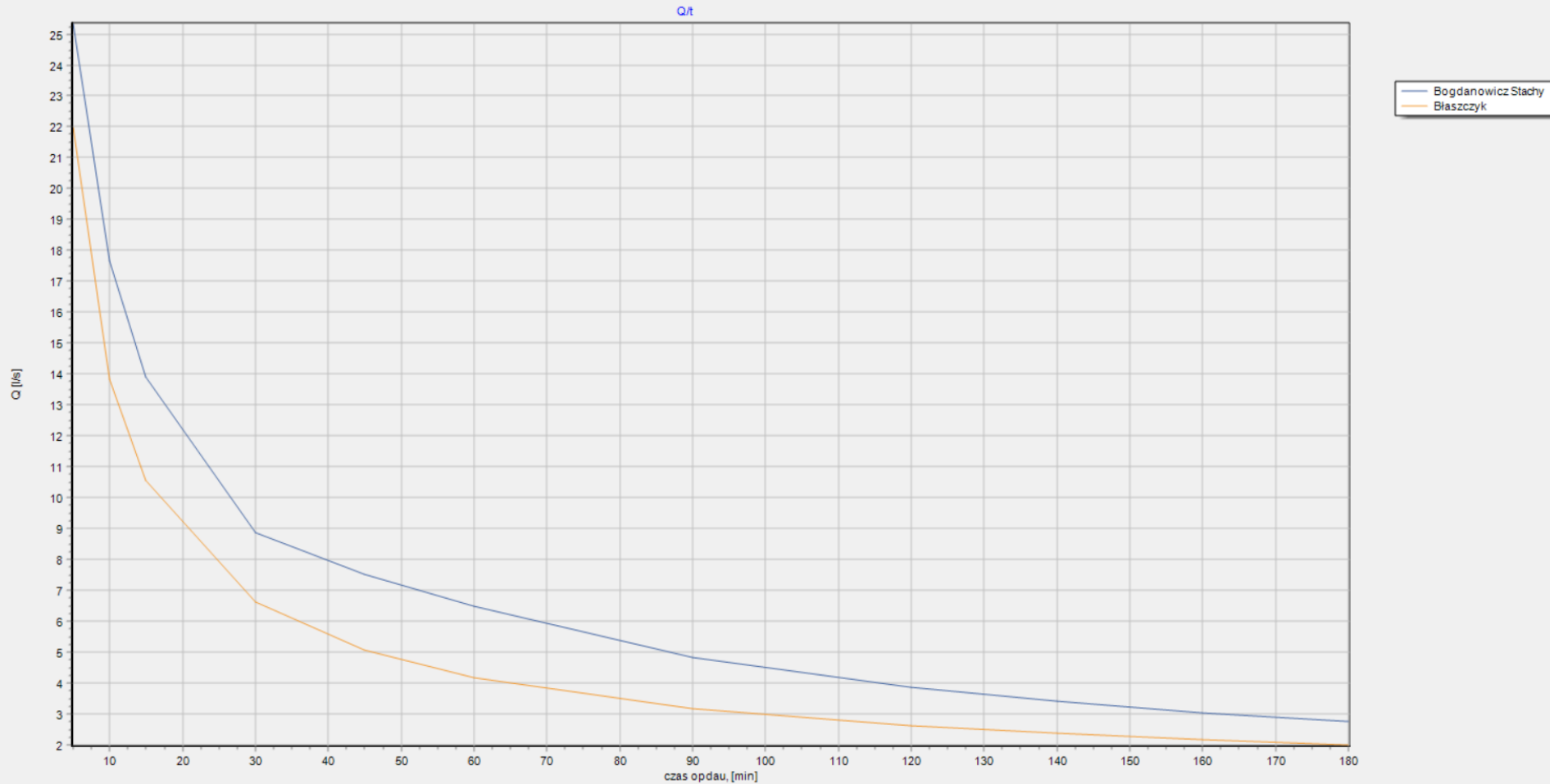
i [l/s ha]	czas [min]	i [mm/m2]	Q [l/s]	L [m]
274,71	5	8,2	21,98	33,40
173,02	10	10,4	13,84	37,78
132,02	15	11,9	10,56	39,23
83,15	30	15,0	6,65	38,68
63,44	45	17,1	5,08	36,37
52,37	60	18,9	4,19	33,96
39,96	90	21,6	3,20	29,83
32,98	120	23,7	2,64	26,64
29,76	140	25,0	2,38	24,91
27,22	160	26,1	2,18	23,42
25,17	180	27,2	2,01	22,14

Pokaż wykres Dalej >>

max

PIWORIWO

natężenie deszczu



Rysunek Wykres natężenia deszczu w czasie obliczony określonymi metodami

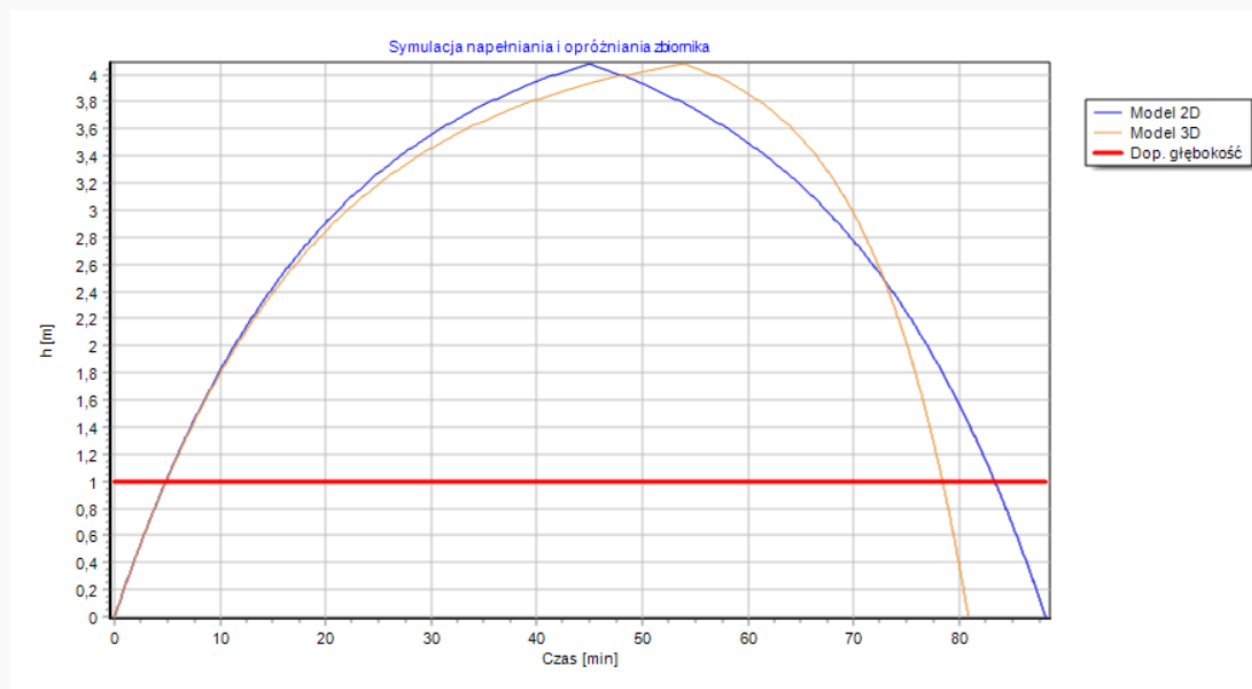
PIWORIWO

wyniki analiz

PIWORIWO 1.0.1.17

O programie I. Wsp. filtracji II. Natężenie deszczu III. Projektowanie

Szerokość dna rowu	b [m]	<input type="text" value="0,5"/>
Wstępnie przyjęta długość rowu	L [m]	<input type="text" value="10"/>
Długość rowu obliczona	L [m]	53,910
Głębokość rowu	h [m]	<input type="text" value="1,0"/>
Czas projektowanego deszczu nawalnego	t [min]	<input type="text" value="45"/>
Wypełnienie	eps [-]	<input type="text" value="0,35"/>
Współczynnik filtracji	kf [m/dobę]	12,916
Intensywność infiltracji	fc [m/dobę]	12,916
Dopływ do rowu	Q [l/s]	7,524
Całkowity dopływ do rowu	Qr [m3]	20,314
Model opadowy	-	<input type="text" value="Bogdanowicz Stachy"/>



Uwzględniając przyjęty czas projektowanego deszczu nawalnego obliczono maksymalne napełnienie rowu:

Model	V [m3]	h [m]	Czas napełnienia [min]	Czas opróżniania [min]
Model 2D	20,41	4,08	44,94	43,21
Model 3D	20,41	4,08	53,92	26,92

Typ zbiornika

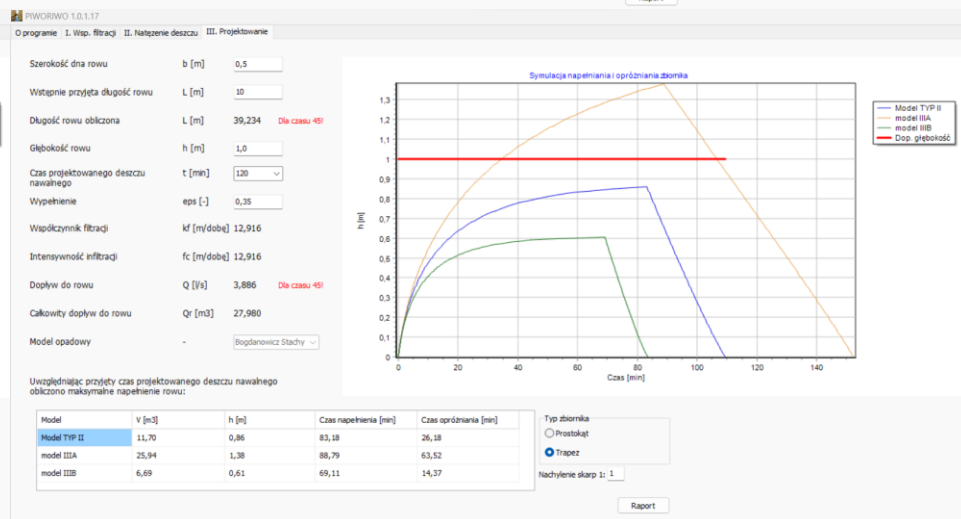
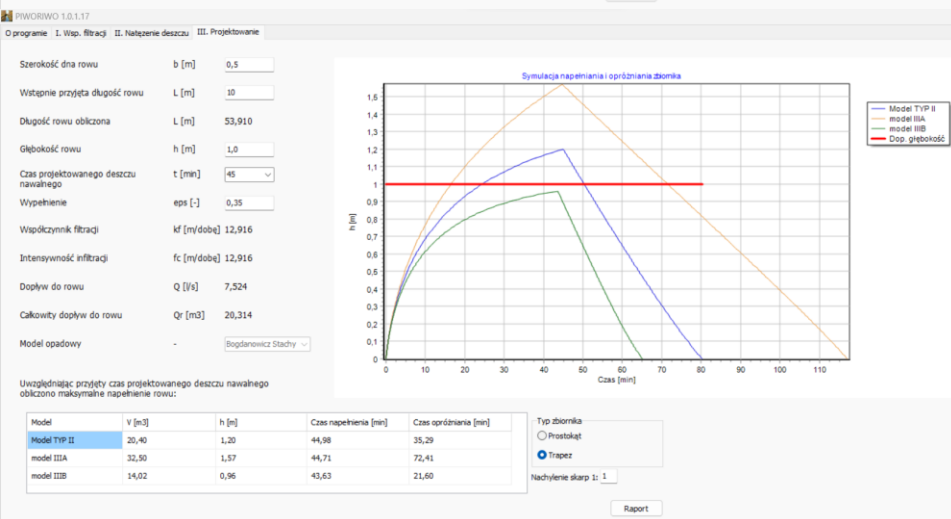
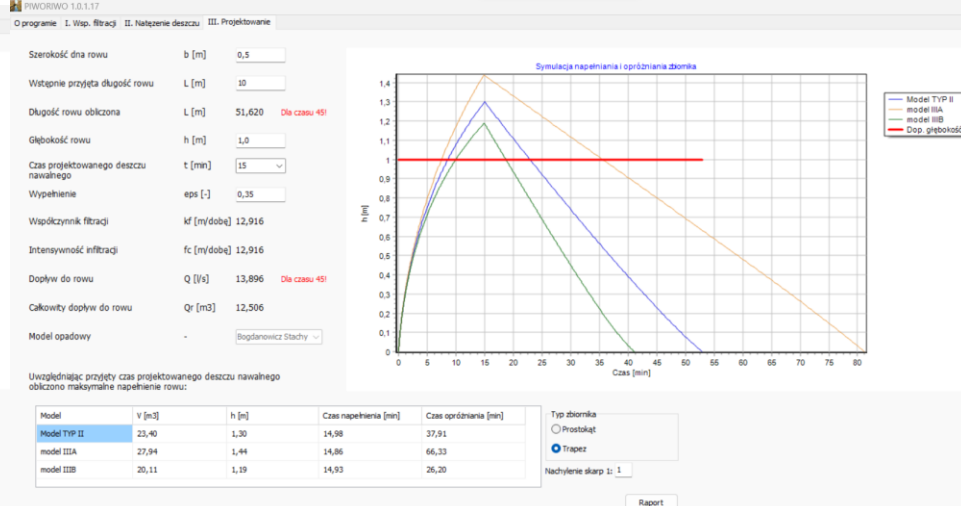
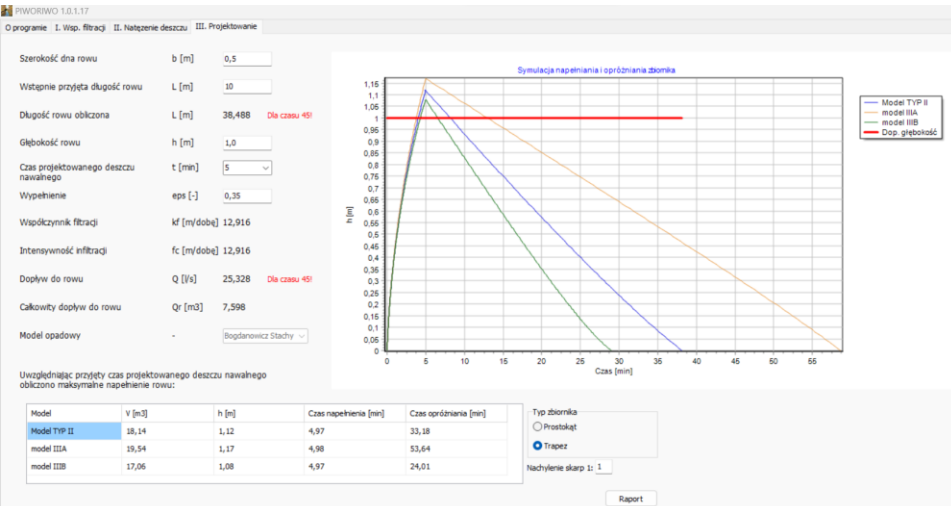
Prostokąt

Trapez

Raport

PIWORIWO

wyniki analiz



PIWORIWO

wyniki analiz

PIWORIWO 1.0.1.17

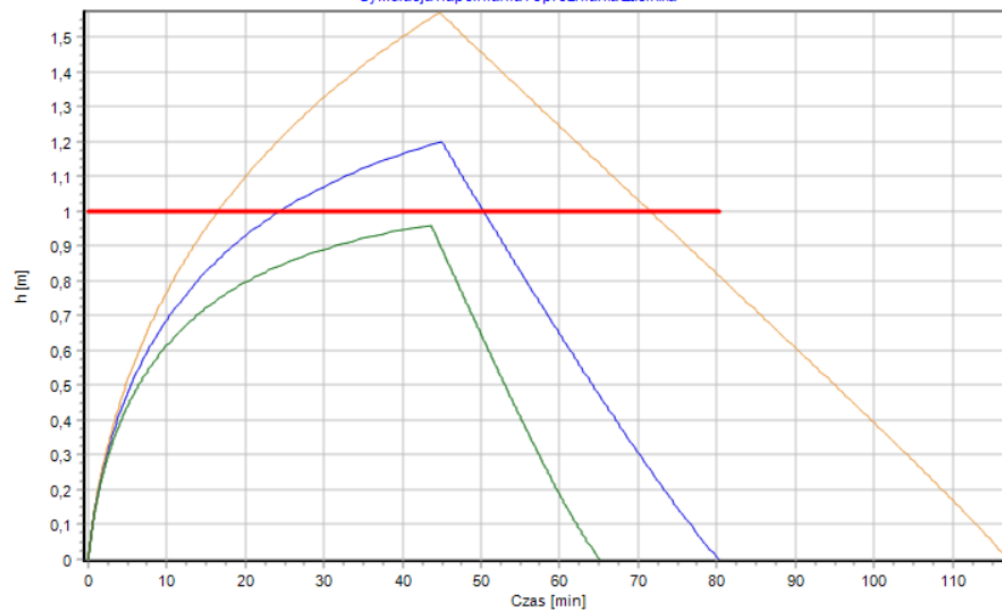
O programie I. Wsp. filtracji II. Natężenie deszczu III. Projektowanie

Szerokość dna rowu	b [m]	0,5
Wstępnie przyjęta długość rowu	L [m]	10
Długość rowu obliczona	L [m]	53,910
Głębokość rowu	h [m]	1,0
Czas projektowanego deszczu nawałnego	t [min]	45
Wypełnienie	eps [-]	0,35
Współczynnik filtracji	kf [m/dobę]	12,916
Intensywność infiltracji	fc [m/dobę]	12,916
Dopływ do rowu	Q [l/s]	7,524
Całkowity dopływ do rowu	Qr [m3]	20,314
Model opadowy	-	Bogdanowicz Stachy

Uwzględniając przyjęty czas projektowanego deszczu nawałnego obliczono maksymalne napełnienie rowu:

Model	V [m3]	h [m]	Czas napełnienia [min]	Czas opróżniania [min]
Model TYP II	20,40	1,20	44,98	35,29
model IIIA	32,50	1,57	44,71	72,41
model IIIB	14,02	0,96	43,63	21,60

Symulacja napełniania i opróżniania zbiornika



Model TYP II
model IIIA
model IIIB
Dop. głębokość

Typ zbiornika

Prostokąt

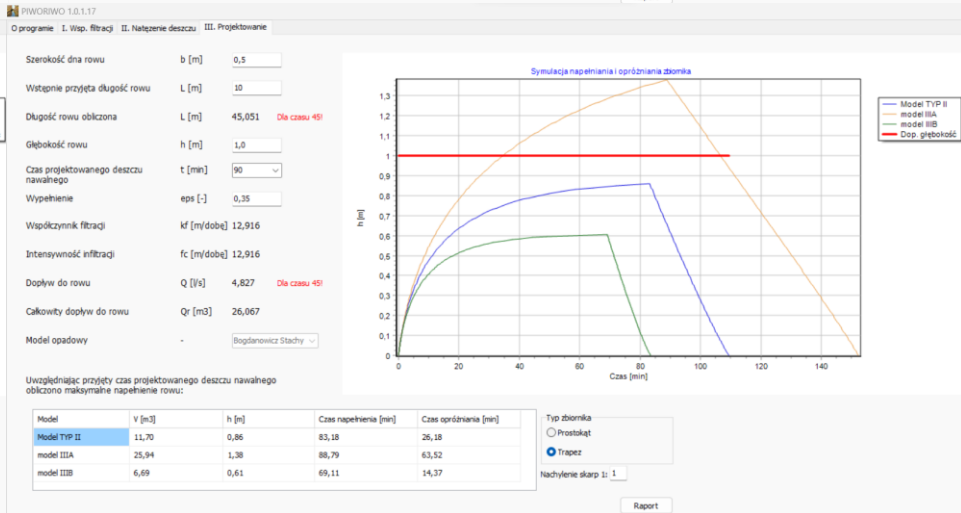
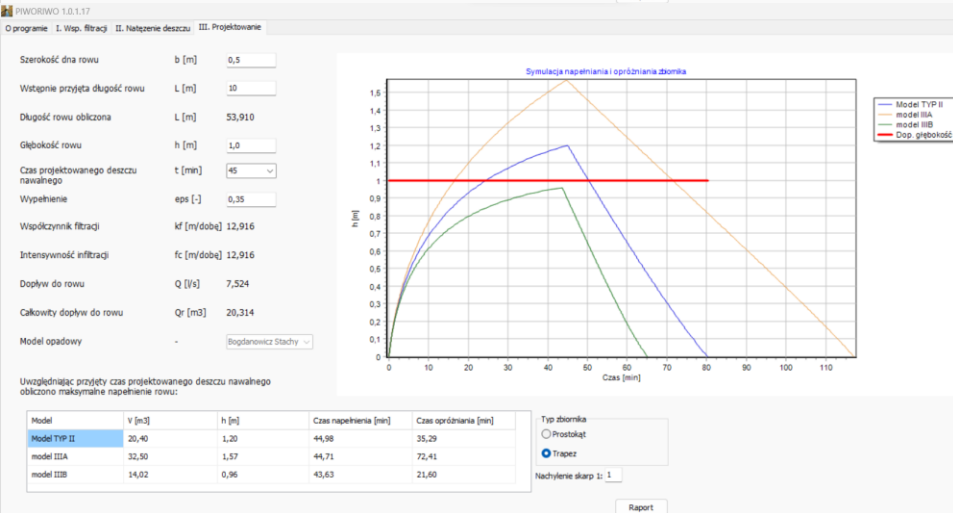
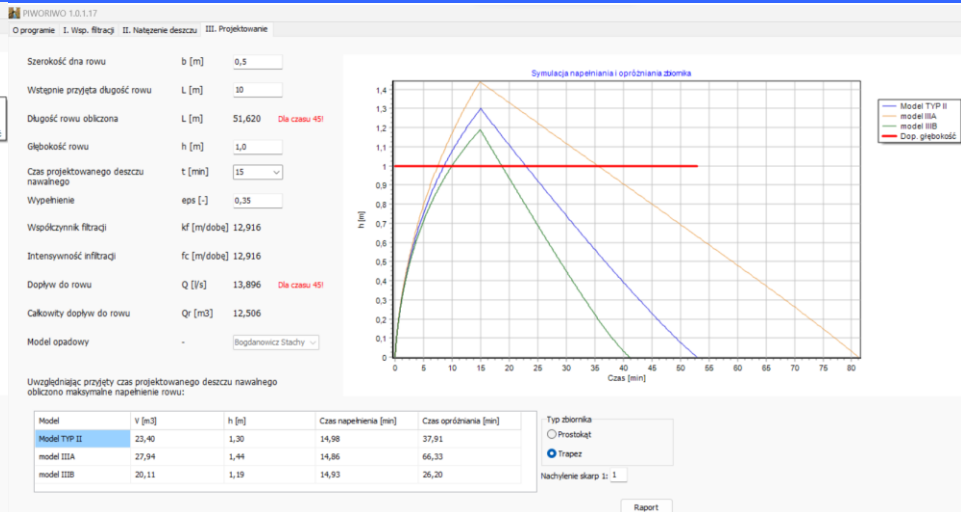
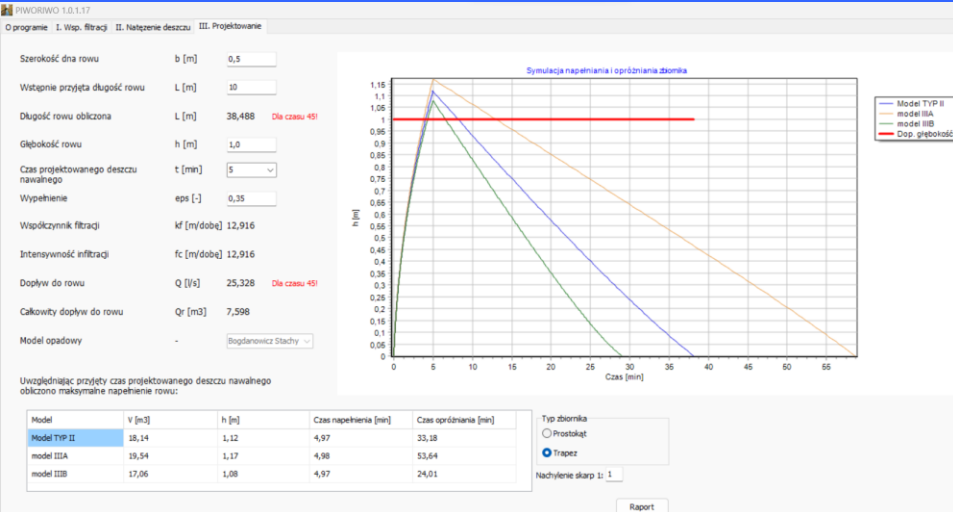
Trapez

Nachylenie skarp 1: 1

Raport

PIWORIWO

wyniki analiz



PIWORIWO

raport z obliczeń

Raport z obliczeń z dnia 2023-03-29

1) Przyjęcie współczynnika filtracji gruntu w miejscu rowu infiltracyjnego

Współczynnik filtracji wyznaczono w zależności od kształtu otworu w rzucie poziomym. Przyjęto Prostokątny kształt. Do obliczeń przyjęto $k_f = 0,01495 \text{ cm/s} = 12,92 \text{ m/dobę}$

2) Obliczenie natężenia deszczu i natężenia dopływu wód deszczowych do projektowanego rowu infiltracyjnego

2.a) Obliczenie parametrów deszczu miarodajnego i natężenia spływu powierzchniowego - dane

Rodzaj zabudowy	Powierzchnia [m ²]	Wsp. spływu	Powierzchnia zredukowana
Zabudowa zwarta	1000	0,8	800

Do obliczeń przyjęto powierzchnię= 1 000,00 oraz powierzchnię zredukowaną= 800,00 [m²]

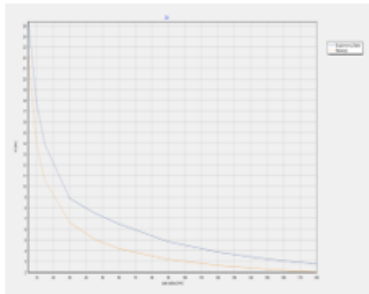
2.b) Obliczenie parametrów deszczu miarodajnego i natężenia spływu powierzchniowego - Wyniki obliczeń parametrów deszczu

Model opadowy Bogdanowicz i Stachy

alfa	I [Vs/ha]	czas [min]	I [mm/m ²]	Q [l/s]	L [m]
5,36	316,60	5	9,5	25,33	38,49
7,74	220,96	10	13,3	17,68	48,24
9,21	173,69	15	15,6	13,90	51,62
11,80	110,83	30	19,9	8,87	51,56
15,45	94,05	45	25,4	7,52	53,91
18,02	81,36	60	29,3	6,52	52,76
19,92	60,34	90	32,6	4,83	45,05
21,26	48,58	120	35,0	3,89	39,23
21,64	42,67	140	35,8	3,41	35,71
21,93	38,08	160	36,6	3,05	32,77
22,20	34,44	180	37,2	2,76	30,30

Model opadowy Błaszczyka

I [Vs/ha]	czas [min]	I [mm/m ²]	Q [l/s]	L [m]
274,71	5	8,2	21,98	33,40
173,02	10	10,4	13,84	37,78
132,02	15	11,9	10,56	39,23
83,15	30	15,0	6,85	38,68
63,44	45	17,1	5,08	36,37
52,37	60	18,9	4,19	33,96
39,96	90	21,6	3,20	29,83
32,98	120	23,7	2,64	26,64
29,76	140	25,0	2,38	24,91
27,22	160	26,1	2,18	23,42
25,17	180	27,2	2,01	22,14



Ryc. 1. Natężenie dopływu do rowu

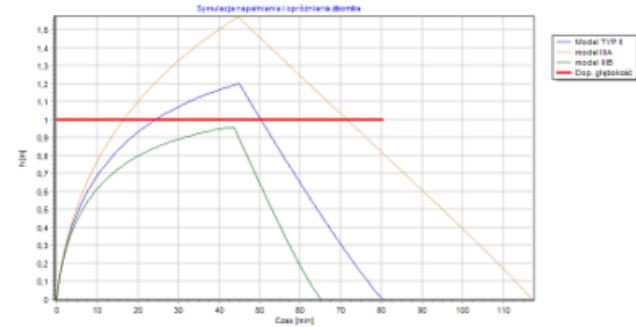
3) Wymiarowanie rowu

Przyjęto następujące parametry obliczeniowe dla projektowanego rowu:

Typ rowu:	Trapez	Nachylenie skarp 1:	1
Szerokość [m]	0,50	Długość [m]	50,00
z	0,35	Głębokość [m]	1,00
Model opadowy	Bogdanowicz Stachy	Współczynnik filtracji k_f [m/s]	0,000149
Całkowity dopływ do rowu [m ³]	20,314	Czas proj. deszczu [min]	45
		Długość rowu obliczona [m]	53,910
		Dopływ do rowu [l/s]	7,524

Uwzględniając przyjęty czas projektowanego deszczu nawalnego obliczono maksymalne napełnienie rowu:

Model	V [m ³]	h [m]	Czas napełnienia [min]	Czas opróżnienia [min]
Model TYP II	20,40	1,20	44,98	35,29
model IIIA	32,50	1,57	44,71	72,41
model IIIB	24,02	0,96	43,63	21,60



Ryc. 2. Symulacja napełniania i opróżniania rowu

PIWORIWO

dostęp

Oprogramowanie zostało zabezpieczone kluczem sprzętowym marki *Sentinel*



UNIWERSYTET PRZYRODNICZY W POZNANIU

↑↓ A A ⌂ Kontrast

🔍 Szukane słowo



CENTRUM



AKTUALNOŚCI



PROJEKTY

TECHNOLOGIE

KOMPETENCJE

TRANSFER



Unia Europejska

[🏠](#) > [Oferta technologii](#) > [INŻYNIERIA ŚRODOWISKA I ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW](#) > [Oferta komercjalizacji technologii pn. "Program inżynierski do wymiarowania obiektów retencyjnych i infiltracyjnych dla wód opadowych"](#)

📅 18/10/2022, 15:28

Oferta komercjalizacji technologii pn. "Program inżynierski do wymiarowania obiektów retencyjnych i infiltracyjnych dla wód opadowych"

Zaproszenie z dnia 18 października 2022 roku nr 22/ININ4.0/2022 do składania ofert na nabycie licencji na technologię/ nabycie praw do technologii.

OGŁASZAJĄCY:

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 28
60-637 Poznań

PRZEDMIOT OGŁOSZENIA:

Technologia pn. Program inżynierski do wymiarowania obiektów retencyjnych i infiltracyjnych dla wód opadowych

OPIS TECHNOLOGII:

Popularne

📅 24/03/2023, 11:01

Oferta komercjalizacji technologii pn: "Konsorcjum bakteryjno-grzybowe i sposób bioremediacji gleby skażonej substancjami ropopochodnymi"

📅 24/03/2023, 10:52

Oferta komercjalizacji technologii pn: "Sposób biodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych z gleby wspomagany surfaktantami naturalnymi"

📅 24/03/2023, 10:03

Oferta komercjalizacji technologii pn: "Sposób usuwania zanieczyszczeń ropopochodnych z gleby na drodze biodegradacji przy użyciu kwasów humusowych i hydrolizatu drożdżowego"

<https://ciitt.up.poznan.pl/oferta-technologii/inzynieria-srodowiska-i-zagospodarowanie-odpadow/oferta-komercjalizacji-technologii-pn-program-inzynierski-do-wymiarowania-objektow-retencyjnych-i-infiltracyjnych-dla-wod-opadowych>



WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA
I INŻYNIERII MECHANICZNEJ
UNIwersytet PRZYRODNICZY W POZNANIU

Dziękuję za uwagę

Zagospodarowanie wód opadowych
i lub roztopowych

dr hab. inż. Jakub Nieć
e-mail: jakub.niec@up.poznan.pl