

MOŻLIWOŚĆ LIKWIDACJI LOKALNEGO ZASTOISKA WODY OPADOWEJ POPRZEZ WYKORZYSTANIE INFILTRACJI PODZIEMNEJ

Stanisław Krzanowski, Andrzej Wałęga

Katedra Gospodarki Wodnej i Ochrony Wód, Akademia Rolnicza
Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków
e-mail: rmkrazano@cyf-kr.edu.pl

Streszczenie. Wzrost gęstości zaludnienia pociąga za sobą intensywny wzrost koncentracji zabudowań mieszkalnych, przemysłowych, handlowych, usługowych i komunikacyjnych co wiąże się ze wzrostem powierzchni nieprzepuszczalnych. Problem odprowadzenia odpływu powierzchniowego z terenu zurbanizowanego, o wysokiej nieprzepuszczalności podłoża, staje się więc ważnym czynnikiem kształtującym stosunki hydrologiczne na terenie zlewni. Uszczelnienie powierzchni jest przyczyną zwiększenia współczynnika spływu powierzchniowego. Zmiana tego współczynnika powoduje zwiększenie przepływu w głównym recypencie, a także doprowadza do gromadzenia się wody w lokalnych obniżeniach terenowych, natomiast w innych miejscach może spowodować gwałtowne przesuszenie terenu. Deszcz, który spada na tereny zurbanizowane ma ograniczone możliwości wsiąkania do gruntu, musi być więc odpowiednio ujęty i odprowadzony. W artykule podano koncepcje zagospodarowania lokalnego zastoiska wody opadowej w rejonie drogi asfaltowej w miejscowości Brzegi, woj. świętokrzyskie. Wymiarowanie urządzeń do infiltracji wód opadowych przeprowadzono dla trzech wariantowych rozwiązań: rowu infiltracyjnego z wypełnieniem żwirem gruboziarnistym, rowu infiltracyjnego jak wyżej plus dodatkowy rurociąg rozsączający oraz układu kombinowanego wsiąkania poprzez zastosowanie studni chłonnej i rowu infiltracyjnego z rurociągiem rozsączającym.

Słowa kluczowe: natężenie deszczu, współczynnik spływu, infiltracja

WSTĘP

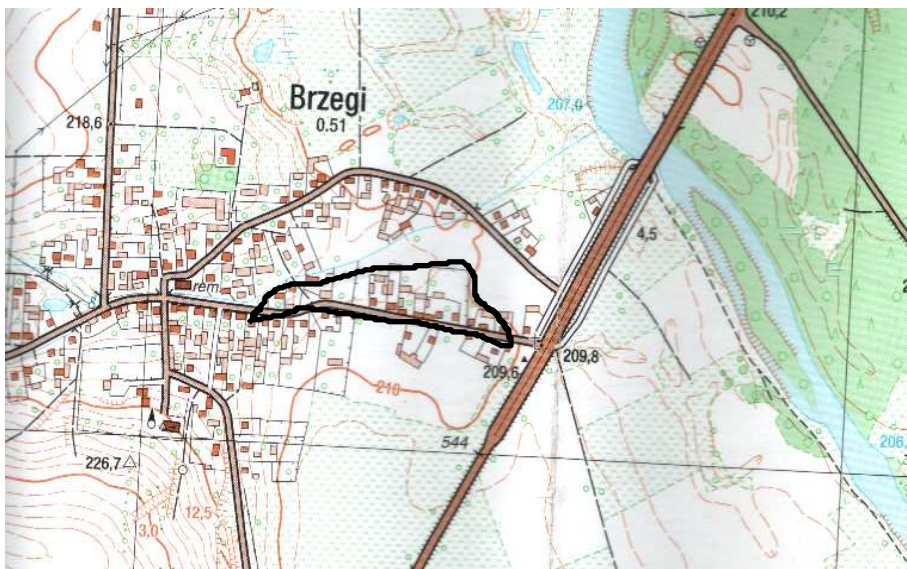
Opad atmosferyczny, będący wynikiem złożonych procesów fizycznych zachodzących w atmosferze, uruchamia wszystkie procesy hydrologiczne na ziemi i jest podstawowym elementem bilansu wodnego. Woda opadowa, po osiągnięciu powierzchni terenu gromadzi się na niej, spływa i wsiąka [3,4]. W środowisku przyrodniczym istnieje równowaga pomiędzy ilością opadów z jednej strony a wsiąkaniem, spływem i parowaniem wody z drugiej. Przy zmianach tego środowiska poprzez zabudowę równowaga ta zostaje zakłócona.

Następstwem tego procesu jest zmniejszenie ilości wody gruntowej nowo powstającej poprzez wsiąkanie oraz zwiększenie spływu z rozpatrywanej powierzchni [7]. Tradycyjne odprowadzenie wód opadowych podziemnymi kanałami deszczowymi powoduje stałe obniżanie zwierciadła wody gruntowej, a co się z tym wiąże nadmierne osiadanie gruntu wywołujące zachwianie równowagi ekologicznej obszaru oraz ujemnie wpływa na odbiornik jakim najczęściej są wody płynące, ponieważ przy deszczach nawalnych dopływa do niego duża ilość wód silnie zanieczyszczonych [9,13]. W celu zwiększenia przyrostu ilości wody gruntowej należałoby dążyć do infiltracji wód deszczowych do gruntu, zwłaszcza na terenach miejskich o znacznym udziale powierzchni uszczelnionych [8].

Należy również nadmienić, że wsiąkanie wód deszczowych prowadzi do redukcji zanieczyszczeń zawartych w spływach opadowych. W przypadku gdy opad spada na powierzchnie uszczelnione, to spłukaniu podlegają zanieczyszczenia nagromadzone na powierzchni w okresach bezopadowych. Grunty naturalne działają jak filtry i absorbują szkodliwe substancje zawarte w infiltrujących wodach opadowych [8,11].

CHARAKTERYSTYKA BADANEGO OBSZARU

Odwadniany obszar położony jest w rejonie drogi asfaltowej we wschodniej części miejscowości Brzegi w powiecie Jędrzejów, woj. świętokrzyskie (rys. 1).



Rys. 1. Obszar odwadnianej zlewni

Fig. 1. Area of drained basin

W lokalnym obniżeniu terenu, przez który przebiega droga, okresowo po opadach deszczu gromadzi się woda utrudniając ruch pieszych i pojazdów. Przyczyną gromadzenia się wody opadowej, jest ogroblowanie poboczy drogi przez mieszkańców sąsiadujących działek, w celu uniknięcia zalewania ich posesji.

Pod względem geologicznym rejon wsi Brzezi znajduje się w obrębie Płaskowyżu Jędrzejowskiego wchodzącego w skład Niecki Nidziańskiej, zbudowanej z utworów jurajskich – kimerytu oraz margli. Całkowity obszar odwadnianego terenu, w skład którego wchodzi tereny o luźnej zabudowie (1,36 ha) oraz droga o nawierzchni asfaltowej (0,04 ha) wynosi 1,4 ha. Warstwy podłoża mezozoicznego pokryte są osadami czwartorzędowymi o miąższości kilku metrów. Wskutek przeprowadzenia wierceń penetrometrem stwierdzono, że pod warstwą gleby o miąższości 0,25-0,30 m występują piaski drobne i średnioziarniste. Podczas wykonywania odwiertów do głębokości 1,5 m nie stwierdzono występowania zwierciadła wody gruntowej [15].

ZAKRES I METODYKA OPRACOWANIA

Celem pracy jest opracowanie koncepcji zagospodarowania wód opadowych stagnujących na powierzchni terenu. Prace z tym związane obejmują:

- wyznaczenie powierzchni odwadnianej zlewni,
- obliczenie natężenia deszczu miarodajnego o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia $p\%$ i czasie trwania t w min.,
- ustalenie wielkości spływu powierzchniowego z analizowanej zlewni,
- dobór i wymiarowanie pod względem hydraulicznym urządzeń do wsiąkania wód opadowych dla różnych rozwiązań wariantowych.

Przy wymiarowaniu urządzeń odprowadzających wody opadowe czas trwania deszczu przyjmuje się jako równy czasowi dopływu przez kanał [7]. Ponieważ analizowany obszar położony jest na stosunkowo płaskim terenie (spadek terenu do 1‰) przyjęto czas trwania deszczu obliczeniowego $t = 10$ min. Ze względu na ukształtowanie powierzchni odwadnianego terenu przyjęto częstość pojawienia się deszczu obliczeniowego $c = 5$ lat, a więc o prawdopodobieństwie $p = 20\%$ [1,6,7]. Dane dotyczące opadów atmosferycznych z dwudziestolecia 1981-2000 pochodzą ze stacji Skroniów k/Jędrzejowa ($\varphi N = 50^{\circ}39'$, $\lambda E Gr. = 20^{\circ}16'$) położonej na wysokości $H_s = 256$ m n.p.m. Wymiarowanie urządzeń do odprowadzenia wód opadowych o takim prawdopodobieństwie przewyższenia opadu zagwarantuje właściwą pojemność retencyjną, równą lub przewyższającą projektowaną objętość spływu [9]. Natężenie deszczu jest podstawową informacją jaką należy dysponować przy projektowaniu tego typu obiektów. W opracowaniu natężenie deszczu obliczono trzema stosowanymi w Polsce metodami: Błaszczyka, Lambora oraz maksymalnego opadu prawdopodobnego opracowanego przez Bogdanowicz i Stachy'ego [3].

Natężenie deszczu miarodajnego według metody Błaszczyka określono z następującego wzoru [2,5,15]:

$$q = \frac{A}{t^{0,667}} \quad (1)$$

gdzie: q – natężenie deszczu miarodajnego ($\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$), t – czas trwania deszczu (min), A – współczynnik zależny od prawdopodobieństwa pojawienia się deszczu oraz rocznej wielkości opadu:

$$A = 6,63I \cdot \sqrt[3]{P^2 \cdot c}$$

gdzie: P – normalny opad roczny (mm), c – liczba lat przypadająca na jedno zdarzenie deszczu o natężeniu q lub większym.

Lambor [12] opracował formułę empiryczną przedstawiającą związek między natężeniem, czasem trwania i prawdopodobieństwem występowania deszczu dla różnych miejscowości Polski na podstawie danych opadowych z obszaru kraju:

$$I = \frac{(38 - 12 \log p) P^{0,28}}{(t + c)^n} + d \quad (2)$$

przy czym:

$$n = 0,779 - 0,164 \cdot P,$$

$$c = \frac{1}{1000} \cdot (20,92 \cdot P \cdot p^{0,315} - 0,15 \cdot p - 2,0),$$

$$d = 10^{-3} \cdot (47,3 - 0,023 \cdot p),$$

gdzie: I – natężenie deszczu ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$), p – prawdopodobieństwo pojawienia się deszczu, P – normalny opad roczny (m), t – czas trwania deszczu (h).

Metoda do obliczenia maksymalnego opadu prawdopodobnego opracowana przez Bogdanowicz i Stachy'ego [3] opisana jest zależnością:

$$P_{\max(t, p)} = \varepsilon(t) + \alpha(R, t) \cdot (-\ln p)^{0,584} \quad (3)$$

w której poszczególne parametry oznaczają:

$P_{\max(t, p)}$ – maksymalny opad o czasie t i prawdopodobieństwie p w mm,

$\varepsilon(t)$ – parametr położenia określony wzorem:

$$\varepsilon(t) = 1,42 \cdot t^{0,33},$$

$\alpha(R, t)$ – parametr skali opisany wzorem dla środkowego regionu opadowego:

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

Wydajność opadu q wyrażoną w $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ wyznaczono według wzoru [2,7]:

$$q = 166,7 \cdot J \quad (4)$$

gdzie: J oznacza natężenie opadu ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$).

W związku ze zmiennym pokryciem powierzchni analizowanego obszaru przy obliczaniu wielkości spływu opadowego należało określić zastępczy współczynnik spływu Ψ_z . Jego wartość ustalono z następującej formuły [8]:

$$\Psi_z = \frac{\Psi_1 \cdot F_1 + \Psi_2 \cdot F_2}{F_1 + F_2} \quad (5)$$

gdzie: $\Psi_{1,2}$ – współczynniki spływu odpowiednio dla luźnej zabudowy i drogi z nawierzchnią asfaltową, $F_{1,2}$ – wielkość powierzchni z zabudową luźną i powierzchni pasa drogowego.

Współczynniki spływu do obliczeń przyjęto odpowiednio [7]:

- dla zabudowy luźnej $\Psi_1 = 0,5$,
- dla drogi z nawierzchnią asfaltową $\Psi_2 = 0,85$.

Podstawiając przyjęte wartości do wzoru (5) uzyskano liczbową wartość zastępczego współczynnika spływu $\Psi_z = 0,51$.

Objętość spływu powierzchniowego obliczono ze znanej zależności [1,8,16]:

$$Q = 10^{-7} \cdot \Psi_z \cdot q \cdot F \quad (6)$$

W celu oznaczenia podstawowych charakterystyk zastosowanego materiału do wypełnienia rowu infiltracyjnego posłużono się normą dla gruntów budowlanych [14]. Wyniki zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie charakterystyk żwiru gruboziarnistego jako wypełnienia rowów chłonnych
Table 1. The list of coarse-grained gravel characteristics as absorbing ditches packing

Uziarnienie Granulation (mm)	Gęstość właściwa ρ_s Bulk density ($\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$)	Gęstość objętościowa ρ_o Volume density ($\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$)	Gęstość objętościowa szkieletu gruntu ρ_d Volume of skeleton of soil density ($\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$)	Wskaźnik porowatości n Porosity coefficient (-)	Współczynnik filtracji k_f Permeability coefficient ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
16/32	2,65	2,25	1,87	0,42	$5 \cdot 10^{-3}$

Spośród licznych sposobów odprowadzenia wód opadowych wybrano wsiąkanie w rowach infiltracyjnych. W omawianym przypadku obliczenia przeprowadzono dla trzech wariantowych rozwiązań: rowu infiltracyjnego z wypełnieniem

zwirem gruboziarnistym, rowu infiltracyjnego jak wyżej z dodatkowym rurociągiem rozłączającym oraz układu kombinowanego wsiąkania poprzez zastosowanie studni chłonnej i rowu infiltracyjnego z rurociągiem rozsączającym. Znając wielkość spływu powierzchniowego ze zlewni, czas trwania opadu, szerokość i głębokość rowu infiltracyjnego oraz współczynnik filtracji materiału wypełniającego rów obliczono wymaganą jego długość z zależności [1,8]:

$$L_R = \frac{Q \cdot t \cdot 60}{b \cdot h \cdot s_k + \left(b + \frac{h}{2}\right) \cdot t \cdot 60 \cdot \frac{k_f}{2}} \quad (7)$$

gdzie: L_R – długość rowu infiltracyjnego (m), Q – wielkość spływu powierzchniowego ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), t – czas trwania deszczu obliczeniowego (min), b – szerokość wykopu (m), h – głębokość wykopu (m), s_k – współczynnik porowatości złoża żwirowego, k_f – współczynnik filtracji w strefie nasyconej ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Do obliczenia długości rowu infiltracyjnego z dodatkowym rurociągiem rozsączającym wykorzystano zależność (7) podstawiając w miejsce s_k tzw. współczynnik gromadzenia s_g :

$$s_g = \frac{\left[d^2 \cdot \frac{\Pi}{4} + s_k \cdot \left(b \cdot h - D^2 \cdot \frac{\Pi}{4} \right) \right]}{b \cdot h} \quad (8)$$

gdzie: d – średnica wewnętrzna rurociągu (m) D – średnica zewnętrzna rurociągu (m).

Po podstawieniu wartości liczbowych do wzoru (8) uzyskano liczbową wartość współczynnika gromadzenia $s_g = 0,432$.

W trzecim wariantcie obliczeń stanowiącym układ kombinowany wsiąkania – rów infiltracyjny z rurociągiem rozsączającym plus studnia chłonna dokonano obliczeń długości rowu zgodnie z zależnością (7) natomiast parametry studni chłonnej określono na drodze interpolacji korzystając z tablic zamieszczonych w literaturze [7,8]. Jako proponowane rozwiązanie zdecydowano zastosować studnię chłonną o średnicy 1500 mm, głębokości 2,0 m oraz maksymalnej objętości równej $1,23 \text{ m}^3$. Przyjmując średnicę zewnętrzną rurociągu chłonnego równą 110 mm i wewnętrzną 100 mm, głębokość rowu wynoszącą 0,6 m i szerokość 0,5 m wyliczono wymagane długości urządzeń infiltracyjnych.

WYNIKI

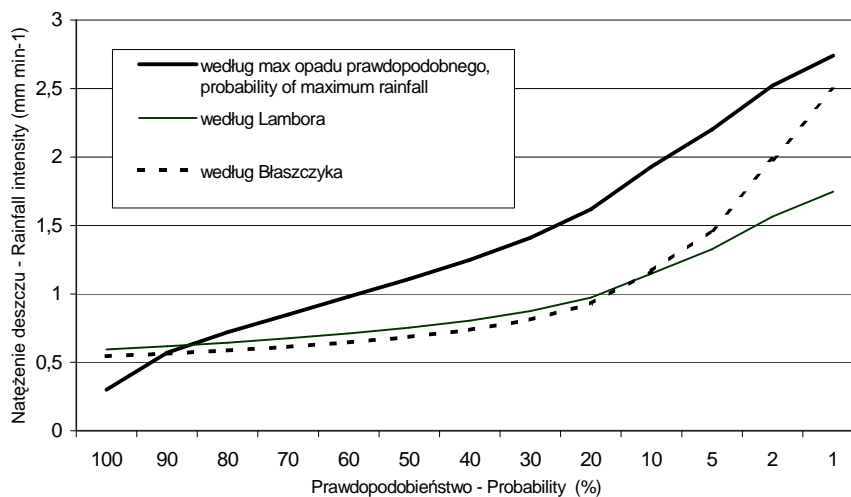
Spośród trzech wymienionych w opracowaniu metod obliczania natężenia deszczu największą wartość uzyskano wykorzystując metodę zapropono-

waną przez Bogdanowicz i Stachy'ego (tab. 2, rys. 2).

Tabela 2. Zestawienie natężenia i wydajności opadu obliczone wybranymi metodami dla stacji Skroniów k/Jędrzejowa

Table 2. The list of rainfall intensity and efficiency calculated by chosen methods for the Skroniów near Jędrzejów station

Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu Probability of precipitation	Natężenie deszczu Rainfall intensity (mm·min ⁻¹)			Wydajność opadu Rainfall efficiency (dm ³ ·s·ha ⁻¹)		
	Miarodajny czas trwania deszczu Reliable duration time of rainfall (min)					
p = 20%						
Metoda obliczeń Method of calculated	10	15	30	10	15	30
Błaszczyka	0,97	0,76	0,48	161,70	126,70	80,79
Lambora	0,98	0,75	0,47	163,34	125,02	78,30
Max opadu prawdopodobnego Probably of maximum rainfall	1,62	1,27	0,80	270,05	211,71	133,36



Rys. 2. Krzywe prawdopodobieństwa opadów maksymalnych o czasie trwania $t = 10$ min wyznaczone według omawianych metod

Fig 2. Probability curves of maximum rainfalls of time duration $t = 10$ min determined by use of discussed methods

Analizując wyniki dotyczące wielkości opadu o największym natężeniu uzyskane z metody zalecanej przez Bogdanowicz i Stachy'ego widać, że są one wyższe o około 60% od wartości z metod proponowanych przez Błaszczyka i Lambora. Z rysunku 2 wyraźnie widać, że stosując wzory opracowane przez Lambora i Błaszczyka uzyskujemy zbyt wysokie wartości natężenia deszczu dla dużych prawdopodobieństw oraz zbyt małe w obszarze małych prawdopodobieństw istotnych dla prawidłowego zaprojektowania odwodnienia [3]. Można wnioskować, że było to spowodowane brakiem danych lub niedostateczną ich wiarygodnością w okresie opracowywania formuł przez wymienionych autorów.

Natężenie deszczu miarodajnego obliczone według wymienionych metod posłużyło do wyznaczenia objętości spływu powierzchniowego zgodnie ze wzorem (6). Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Zestawienie wyników obliczenia wielkości spływu powierzchniowego dla różnych czasów trwania deszczu i prawdopodobieństwie wystąpienia 20%

Table 3. The results list of calculations of surface runoff for various rain duration times and probability appearance of 20%

Natężenie miarodajne deszczu wyznaczone według metod: Reliable rainfall intensity for various methods:	Wielkość spływu powierzchniowego Surface runoff ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)		
	Czas trwania deszczu w min. Duration time of rainfall (min)		
	10	15	30
Błaszczyka	1,17	0,90	0,58
Lambora	1,15	0,89	0,56
Max opadu prawdopodobnego Probably of maximum rainfall	1,93	1,51	0,95

W literaturze przedmiotu spotkać można dwa sposoby wprowadzenia wód opadowych do gruntu poprzez wsiąkanie powierzchniowe, tj. wykorzystując różnego rodzaju powierzchnie przesączalne i podziemne, bezpośrednio do warstw rozsączających lub z zastosowaniem sztucznych złóż rozsączających. Często także spotyka się kombinacje obu tych systemów [8,10,13]. Ze względu na zbyt małą powierzchnię do wsiąkania i głęboko położone zwierciadło wody gruntowej zdecydowano, że odprowadzenie wód opadowych odbywać się będzie z wykorzystaniem wsiąkania podziemnego w rowach infiltracyjnych w połączeniu ze studnią chłonną. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że wykorzystując we wzorach na długość urządzeń infiltracyjnych wielkość natężenia opadu ustalone metodami Błaszczyka i Lambora uzyskano zbliżone wyniki (tab. 4).

Przyczyną tego jest niewielka różnica pomiędzy wielkością natężenia opadu przy zastosowaniu tych metod. Zdecydowanie większe długości urządzeń do infiltracji wód uzyskano przy zastosowaniu do obliczeń wartości natężenia opadu według metody zaproponowanej przez Bogdanowicz i Stachy'ego.

Układ kombinowany składający się z rowu infiltracyjnego z rurociągiem rozsączającym i studni chłonnej (rys. 3) pozwala na zmniejszenie długości stosowanych urządzeń i jest zalecany na obszarach gdzie dysponujemy małą powierzchnią do wsiąkania wód opadowych [8].

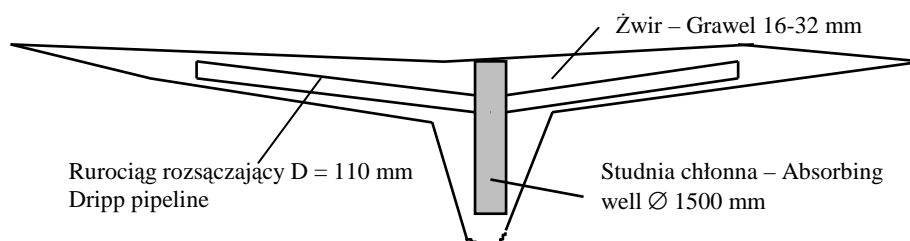
Tabela 4. Zestawienie wyników obliczeń wariantowych rozwiązań układów do wsiąkania wód opadowych z analizowanej zlewni

Table 4. The results list of calculations of variant percolation schemes for rainwaters percolation from the analysed basin

Wariant rozwiązania urządzenia do wsiąkania wód opadowych Variant scheme of facility for rainwaters percolation	Powierzchnia zredukowana A_{red} Reduced area (m^2)	Natężenie deszczu Rainfall intensity ($dm^3/s\cdot ha$)	Wielkość spływu powierzchniowego Surface runoff ($m^3\cdot s^{-1}$)	Czas trwania deszczu t (min.) Duration time of rainfall (min)	Współczynnik filtracji k_f Permeability coefficient ($m\cdot s^{-1}$)	Długość rowu/rurociągu L (m) Length of ditch/pipe line
rów infiltracyjny infiltration ditch	7140	163,34 ¹	1,17	10	$5\cdot 10^{-3}$	57,90
		161,70 ²	1,15			56,90
		270,05 ³	1,93			95,50
rów infiltracyjny infiltration ditch + rurociąg rozsączający drupp pipeline	7140	163,34	1,17	10	$5\cdot 10^{-3}$	57,90
		161,70	1,15			56,90
		270,05	1,93			95,50
rów infiltracyjny infiltration ditch + studnia chłonna absorbing well	248	163,34	1,17			55,70
		161,70	1,15			55,20
		270,05	1,93			92,10

Natężenie deszczu obliczone metodą: 1 – Błaszczyka, 2 – Lambora, 3 – maksymalnego opadu prawdopodobnego.

Methods of calculated rainfall intensity: 1 – Błaszczyka, 2 – Lambora, 3 – probably of maximum rainfall.



Rys. 3. Przekrój podłużny rowu infiltracyjnego z rurociągiem rozsączającym
Fig. 3. The long section of infiltration ditch with dripping pipeline

WNIOSKI

1. Jako podstawę wymiarowania urządzeń do odprowadzania wód opadowych z terenów zurbanizowanych zaleca się stosować do obliczania maksymalnego opadu prawdopodobnego metodę opracowaną przez Bogdanowicz i Stachy'ego, która uwzględnia regiony opadowe, czas trwania deszczu i prawdopodobieństwo przewyższenia opadu miarodajnego.

2. Rów infiltracyjny z dodatkowym rurociągiem rozsączającym i studnią chłonną winien zapobiec okresowej stagnacji wody opadowej na ciągu komunikacyjnym znajdującym się w lokalnym obniżeniu terenu.

3. Urządzenia do infiltracji wód opadowych spływających z powierzchni uszczelnionych w zlewniach zurbanizowanych stanowią skuteczne i tanie rozwiązanie likwidacji lokalnych zastoisk wody oraz dobrze dają się wkomponować w otaczający krajobraz.

PIŚMIENNICTWO

1. ATV – A 138/1990: Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser.
2. **Błaszczak W., Roman M., Stamatello H.:** Kanalizacja. tom 1. Arkady, Warszawa, 1974.
3. **Bogdanowicz E., Stachy J.:** Maksymalne opady deszczu w Polsce. Charakterystyki projektowe. Materiały Badawcze. Seria: Hydrologia i Oceanologia – 23. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa, 1998.
4. **Chełmicki W.:** Woda. Zasoby, degradacja, ochrona. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2001.
5. **Dębski K.:** Hydrologia. Arkady, Warszawa, 1970.
6. Dz. U. 1999 r. Nr 43, poz. 430 (R) Warunki techniczne jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.
7. **Edel R.:** Odwodnienie dróg. Wydanie drugie, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1999.

8. **Geiger W., Dreiseitl H.:** Nowe sposoby odprowadzania wód opadowych. Poradnik retencjonowania i infiltracji wód deszczowych do gruntu na terenach zabudowanych. Wydanie pierwsze. Przekład: Jan Brzeski. Oficyna Wydawnicza Projprzem – EKO, Bydgoszcz, 1999.
9. **Holmstrand O.:** Infiltration of Stormwater: Research at Chalmers University of Technology, Results and Examples of Application. Materiały III Międzynarodowej Konferencji „Urban Storm Drainage”, Goeteborg, 1984.
10. **Jonasson S. A.:** Dimensioning Methods for Stormwater Infiltration Systems. Materiały III Międzynarodowej Konferencji „Urban Storm Drainage”, Goeteborg, 1984.
11. **Krzanowski S., Radecki-Pawlik A.:** Wykorzystanie małej retencji do zagospodarowania wód opadowych z terenów zurbanizowanych. Zesz. Nauk. AR Kraków, 23, 2002.
12. **Lambor J.:** Hydrologia inżynierska. Arkady, Warszawa, 1971.
13. **Nowakowska-Błaszczyk A.:** Możliwości odprowadzenia wód opadowych do gruntu na tle osiągnięć w tej dziedzinie w krajach wysokorozwiniętych. [W:] AQUA'88. IX Sympozjum „Problemy ochrony i kształtowania środowiska człowieka”, Warszawa, 1989.
14. PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
15. **Siemieniec A.:** Ekspertyza dotycząca poprawy warunków gruntowo – wodnych we wschodnim rejonie drogi w miejscowości Brzegi, pow. Jędrzejów. Przedsiębiorstwo Budownictwa Ekologicznego, Kielce, 2002.
16. **Szpindor A.:** Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. Arkady, Warszawa, 1998.

POSSIBILITY OF LIQUIDATION OF LOCAL RAINWATER POND BY USE OF UNDERGROUND INFILTRATION

Stanisław Krzanowski, Andrzej Wałęga

Katedra Gospodarki Wodnej i Ochrony Wód, Akademia Rolnicza
Department of Water Management and Water Protection, University of Agriculture
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków
e-mail: rmkrzano@cyf-kr.edu.pl

Abstract. The growth of population density cause intensive increase of concentration of residential housing, industrial development, trade, servicing and communication what is connected with the increase of impermeable areas. The problem of surface runoff discharging from urban areas of substratum high impermeability is an important factor shaping hydrological conditions of a basin. Basis sealing cause the increase of surface runoff coefficient. The change of this coefficient cause increase of charge in the main stream and brings about the water is collected in the local ground lowering, while in another places it may cause area violent drying. Rain which falls over the urban areas has limited possibility of ground infiltration, that is why it has to be seized and drained. The conceptions of management of local rainwater pond near tarred road in the Brzegi (Świętokrzyskie province) were presented in the work. The dimensioning of devices for rainwater infiltration were carried out for three variant solutions: infiltration ditch with coarse-grained gravel, infiltration ditch as above plus additional dripping pipeline and combined scheme of percolation by use of absorbing well and infiltration ditch with dripping pipeline.

Keywords: rainfall intensity, runoff coefficient, infiltration