

# Przepustowość rynny poziomej

Dr inż. Jacek Myczka, Politechnika Krakowska

W Normie **PN-EN 12056-3-grudzień 2002** – *Systemy kanalizacji grawitacyjnej wewnątrz budynków – część 3: Przewody deszczowe. Projektowanie układu i obliczenia*, w załączniku **C** podana jest **tablica C.1. Wartości przepływu jednostkowego, stopień wypełnienia 70% ( $h/d = 0,7$ )**, w której podana jest przepustowość przewodów (rynien), z zastosowaniem chropowatości  $k_b = 1,0$  mm (niezwykle wysoka wartość!?). W tabeli (jak i w Normie) brak przepustowości rynny ułożonej poziomo, które to ułożenie jest dość rozpowszechnione.

Podane w Normie przepustowości odniesione są do sytuacji, gdy na całej długości rynny mamy takie przepływy jak na jej wylocie (i taką samą głębokość), co nie odpowiada rzeczywistości. Powszechnie w Normie założenie, że przepływ odbywa się przy głębokości  $0,7 d$  prawdopodobnie wynika z tego, że w pozostałych  $0,3 d$  zmieści się rozpatrywany przepływ, wynikający z charakteru zasilania rynny. (patrz tablica C.1). **Szereg założeń Normy, terminów zastępuje na wnikliwą dyskusję.** Np. w tabeli symboli (strona 7) nie ma wielkości  $d$ , do której odwołuje się tablica C.1. Powstaje pytanie, czy  $h/d = 0,7$  (z tej tablicy) to stosunek wypełnienia  $h$  (przy wylocie) do wewnętrznej średnicy rynny  $d_i$  (jak w tabeli symboli (strona 7)), czy do promienia takiej rynny (rys. 2 a (trzecia rynna – rynna półokrągła)? Sądząc ze schematu na stronie 25, rys. 11: **Odbiorniki odpływowe**, chodzi o stosunek  $h/r$ , gdzie  $r$  jest promieniem rynny, a nie średnicą! Autor sprawdził obliczeniem pierwszą pozycję tej tabeli i stwierdził, że chodzi o promień, a nie o średnicę.

Wynik tych obliczeń sprawdzających podany jest niżej. Dla pewności, obliczeń dokonano raz z użyciem współczynnika szorstkości „ $n$ ” wg Manninga, a raz – jak w Normie – przy wykorzystaniu wzoru Colebrooka-White’a, dla podanej w Normie „efektywnej chropowatości  $k_b = 1,0$  mm oraz wsp. lepkości dynamicznej  $\nu = 1,31 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s.

Tablica jest zatytułowana „Wartości przepływu jednostkowego, stopień wypełnienia 70% ( $h/d = 0,7$ )”, w tabeli mamy wyspecyfikowany **przepływ maksymalny** (?). Nie bardzo wiadomo co to jest ten przepływ

jednostkowy (w tablicy jest przepływ maksymalny). W tabeli symboli (strona 7 Normy) nie ma obu tych nazw. Nie wiadomo też co za prędkość jest podana w ostatniej kolumnie, znacząco odbiegająca od obliczonej przez Autora.

Nawiasem mówiąc rysunek na stronie 25 jest zatytułowany **Odbiorniki odpływowe**, który to termin nie występuje nigdzie w tekście Normy i na domiar złego w opisie szczegółowym mówi się o „**zbiornikach ściekowych**”! Schemat ten nie odpowiada rzeczywistości. Na krawędzi wlotu do zbiornika (czy odbiornika, czy, jak się ten sam element dalej nazywa, „**wylotu z rynny**”) wysokość  $h_{\text{wylotu}}$  nie będzie równa  $h$  w rynnie. Itd. itd. Zważywszy na rolę wszelkich unormowań formalnych takie niejasności nie powinny mieć miejsca.

W Normie występuje pojęcie „rynna nominalnie pozioma” (punkt 5.1.1 – strona 12), która to rynna ma spadek równy lub mniejszy aniżeli 3 mm/m. Równanie na tej stronie zawiera takie składowe jak „przepustowość obliczeniowa  $Q_L$ ” i „przepustowość nominalna  $Q_N$ ”. Gdyby te pojęcia zastosować do formuły (3), na stronie 12 Normy, to

$$Q_L = 0,9 \cdot Q_N$$

$$Q_N = 2,78 \cdot 10^{-5} \cdot A_E F_L$$

gdzie  $Q_L$  – przepustowość obliczeniowa „krótkiej rynny”, ułożonej poziomo w l/s,  $A_E$  – pełna powierzchnia przekroju poprzecznego rynny poniżej poziomu przelewu (mm<sup>2</sup>),  $F_L$  – współczynnik przepustowości, dla długich rynien, „nominalnie poziomych” lub nachylonych w kierunku wylotu (gdy stosunek długości rozpatrywanej rynny  $L$ , do głębokości  $W$  (pełna głębokość rynny do poziomu przelewu (tab. 6, Normy).

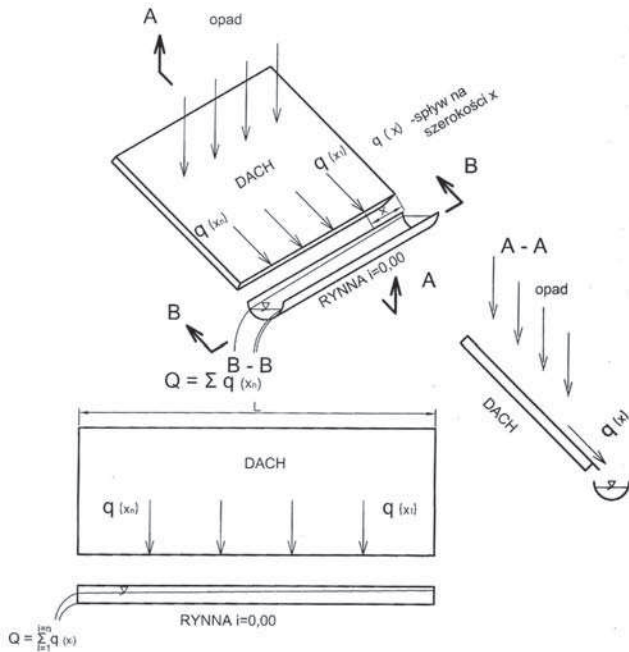
Według Autora, nie ma merytorycznej potrzeby takiego rodzaju określeń. Albo rynna jest pozioma albo nie. W artykule przedyskutowana będzie przepustowość poziomo zainstalowanej rynny, bez uciekania się do w/w terminów.

## 1. Opis przepływu wody w rynnie poziomej

Sposób w jaki woda deszczowa sływa do rynny prowadzi w konsekwencji do specyficznego wypadku odprowadzenia wód opadowych w formie przewodu z narastającym w kierunku odpływu przepływem w przewodzie (rynnie) – rys. 1.

Zjawisko to zachodzi niezależnie od tego czy rynna jest ułożona poziomo czy ze spadkiem. Oznacza to, że w rynnie zachodzi zjawisko takiego dopasowania

Obliczenie wg	Spadek	DN 100	
	i	$Q_{\max}$	$v$
	cm/m	l/s	m/s
Normy (tablica C.1)	0,5	2,9	0,50
Manninga $n = 0,012$	0,5	3,3	1,36
Colebrooka-White'a	0,5	3,3	1,34



Rys. 1. Schemat obliczeniowy rynny poziomej

głębokości, wzdłuż rynny, w każdym odcinku, aby spadek zwierciadła wody (a dokładniej linii energii) (nie spadek rynny!) wywołał odprowadzenie sumarycznej ilości wody z tego odcinka w ilości, jaka przypada na ten odcinek. Stąd w rynnie nie będzie w ogóle jednego spadku zwierciadła wody, dlatego nie da się tego zanalizować w oparciu o zasadę równowagi energii. Analiza w oparciu o zasadę równowagi momentów pomiędzy dwiema odległymi o  $\Delta x$  jest możliwa i okazała się „ważna tak w ujęciu opisowym, jak i w badaniach modelowych” – op.cit. [Ned H. C. Hwang, Carlos E. Hita „Fundamentals of Hydraulic Engineering Systems” – University of Huston, Texas].

1.1. Opis zjawiska

Zasada momentów (zmiana ilości ruchu) pomiędzy dwoma przekrojami odległymi o  $\Delta x$  orzeka, że

$$\sum F = \rho(Q + \Delta Q)(V + \Delta V) - \rho QV \quad (1.1)$$

gdzie:  $\rho$  – gęstość wody,  $V$  – prędkość wody wzdłuż  $\Delta x$ ,  $Q$  – przepływ w poprzedzającym odcinku  $\Delta x$ .

Symbol  $\Delta$  określa przyrost momentu w przyległym (w następnym) odcinku. Równanie momentów można napisać w postaci

$$\begin{aligned} & [\rho g A d^- - \rho g (A + \Delta A)(d^- + \Delta d^-)] - F_f = \\ & = \rho(Q + \Delta Q)(V + \Delta V) - \rho QV \end{aligned} \quad (1.2)$$

gdzie:  $d$  jest odległością środka ciężkości powierzchni przekroju  $A$  od zwierciadła wody,  $F_f$  jest siłą oporu wzdłuż dna przewodu.

Gdy założyć, że  $Q = Q_1$ ,  $V + \Delta V = V_2$ ,  $A = (Q_1 + Q_2)/(V_1 + V_2)$ , a  $F_f = \gamma A S_f \Delta x$ ; wówczas równanie to można uprościć do postaci

$$\Delta d = - \frac{Q_1(V_1 + V_2)}{g(Q_1 + Q_2)} \left( \Delta V + V_2 \frac{\Delta Q}{Q_1} \right) - S_f \Delta x \quad (1.3)$$

gdzie:  $\Delta d$  – przyrost głębokości,  $S_f$  – współczynnik strat na długości Darcy-Weissbacha

$$S_f = \Delta x \frac{n^2 V^2}{r^{4/3}}$$

$n$  – współczynnik szorstkości wg Manninga,  $r$  – promień hydrauliczny przekroju.

2. Obliczenie układu zwierciadła wody odprowadzanej rynną poziomą

Przeanalizowano dla celów niniejszego artykułu drożność rynny półkolistej dla przyjętego spływu na odcinku  $\Delta x$  oraz założono, że rynna ma 10 m długości. Rzędne zwierciadła wody oraz lokalne spadki zwierciadła wody obliczono co 0,5 m długości rynny.

- $D$  (średnica rynny  $D200$ ) = 0,2000 m
- $r$  (promień rynny) = 0,1000 m
- $i$  (spadek) = 0,0000
- $q(x)$  = 0,0002 m<sup>3</sup>/s/mb
- $n$  (wsp. szors. wg Manninga) = 0,0120
- $\Delta x$  = 0,5000 m
- długość rynny = 10,0000 m
- $Q$  wylotu = 0,0020 m<sup>3</sup>/s
- głębokość na wylocie = 0,0700 m

Przyjęto na wylocie (krawędzi wylotu rynny) głębokość 0,07 m (7 cm), jak w Normie. Głębokość ta jest silnie zależna od wielkości (drożności) wylotu z rynny, np. Norma, punkt 5.3.4. strona 19, 20. Obliczenie wypełnienia w wylocie (krawędzi wylotu z rynny) jest zagadnieniem nie wchodzącym w zakres niniejszego artykułu. Zakłada się, że wylot z rynny jest tak dobrany, że spływająca do niego woda z rynny (wypełnienie na krawędzi wylotu) nie ulega podpiętrzeniu ponad założone 0,07 m. Wyniki obliczeń podane są w tabeli 1.

Wyniki obliczeń prezentowane są graficznie na rysunku 2. Jak widać z tabeli i z rysunku 2, przy rynnie poziomej o promieniu  $r = 0,10$  m (DN = 200) i założonej maksymalnej głębokości jej wypełnienia na krawędzi wylotu 0,07 m i ilości wody spływającej do rynny, przekroczone zostanie maksymalne wypełnienie rynny – przyjęte tu jako 0,09 m – i woda z rynny wyleje się na długości około 9,0 m.

Analogiczne obliczenie dla rynny  $r = 0,15$  m i tej samej głębokości na wylocie dało wynik pozytywny. Oznacza to, że rynna taka odprowadzi zadaną ilość wody opadowej osiągając maksymalną głębokość na końcu

**Tabela 1.** Charakterystyka hydrauliczna rynny poziomej

Długość rynny	Głębokość d	Powierzchnia a	Suma q(x)	Prom. hydr. r	Wsp. prędk. C	Prędkość v	Δd	Spadek zw. wody
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,00	0,0700	0,00312	0,00200	0,0387	48,466	0,641		
0,50	0,0887	0,00428	0,00190	0,0461	49,908	0,444	0,0187	0,0374
1,00	0,0979	0,00486	0,00180	0,0493	50,464	0,370	0,0092	0,0184
1,50	0,1049	0,00531	0,00170	0,0515	50,829	0,320	0,0070	0,0140
2,00	0,1101	0,00564	0,00160	0,0530	51,074	0,284	0,0052	0,0105
2,50	0,1142	0,00590	0,00150	0,0541	51,248	0,254	0,0041	0,0082
3,00	0,1175	0,00611	0,00140	0,0549	51,378	0,229	0,0033	0,0066
3,50	0,1202	0,00627	0,00130	0,0556	51,478	0,207	0,0027	0,0054
4,00	0,1223	0,00641	0,00120	0,0561	51,554	0,187	0,0022	0,0044
4,50	0,1241	0,00652	0,00110	0,0565	51,614	0,169	0,0018	0,0036
5,00	0,1256	0,00661	0,00100	0,0568	51,660	0,151	0,0015	0,0029
5,50	0,1267	0,00668	0,00090	0,0570	51,696	0,135	0,0012	0,0023
6,00	0,1277	0,00674	0,00080	0,0572	51,724	0,119	0,0009	0,0018
6,50	0,1284	0,00678	0,00070	0,0573	51,746	0,103	0,0007	0,0014
7,00	0,1289	0,00682	0,00060	0,0574	51,761	0,088	0,0005	0,0011
7,50	0,1293	0,00684	0,00050	0,0575	51,773	0,073	0,0004	0,0008
8,00	0,1296	0,00686	0,00040	0,0576	51,780	0,058	0,0003	0,0005
8,50	0,1298	0,00687	0,00030	0,0576	51,785	0,044	0,0002	0,0003
9,00	0,1299	0,00687	0,00020	0,0576	51,788	0,029	0,0001	0,0002
9,50	0,1299	0,00688	0,00010	0,0576	51,789	0,015	0,0000	0,0001
10,00	0,1299	0,00688	0,00000	0,0576	51,789	0,000	0,0000	0,0000

rynny 0,11 m (w przeciwnym końcu anizeli wylot wody z rynny), przy założonej maksymalnej głębokości wypełnienia rynny 0,14 m. Zadana ilość wody odprowadziłaby rynna o promieniu 0,13 m (DN260), przy założonej głębokości wypełnienia rynny 0,12. Maksymalne wypełnienie rynny (w przeciwnym końcu anizeli wylot wody z rynny) wynosi wówczas 0,118 m.

Tę samą rynnę Ø 260 (r = 130 mm) przeliczono, wg wskazań Normy, dla 4 głębokości wypełnienia na wylocie.

1) Wypełnienie na wylocie (maksymalne) = 0,13 m – h/r = 1,0

$A_E$  = powierzchnia przy maksymalnym wypełnieniu (rynna półokrągła)  $\varnothing/2 = 26546,46 \text{ mm}^2$

$F_L$  = współczynnik przepustowości dla  $L/W = 77$  wynosi (tablica 6, strona 16 Normy) **0,96**

$Q_N$  = nominalna przepustowość rynny =  $2,78 \cdot 10^{-5} \cdot A_E F_L = 8,47 \text{ l/s}$

$$Q_L = 0,96 \cdot 8,47 = 8,14 \text{ l/s}$$

Ta ilość wody, wg obliczenia procedurą niniejszego artykułu, nie zmieści się w rynnie i wyleje się!

2) wypełnienie na wylocie = 0,10 m –  $L/W = 100$ ,  $h/r = 0,77$

$$Q_L = 5,12 \text{ l/s}$$

Ta ilość wody, wg obliczenia procedurą niniejszego artykułu, nie zmieści się w rynnie i wyleje się!

3) Wypełnienie na wylocie = 0,07 m (jak w przykładzie Autora) –  $L/W = 143 - h/r = 0,54$

$$Q_L = 2,63 \text{ l/s}$$

Ta ilość wody, wg obliczenia procedurą niniejszego artykułu, nie zmieści się w rynnie i wyleje się, ale jest bardzo bliska rozwiązania (maksymalne wypełnienie na końcu rynny = 0,137 m i niewiele przekracza maksymalne wypełnienie 0,13 m)!

4) Wypełnienie na wylocie = 0,06 m –  $L/W = 167 - h/r = 0,46$

$$Q_L = 1,92 \text{ l/s}$$

Ta ilość wody, wg obliczenia procedurą niniejszego artykułu, zmieści się w rynnie i nie wyleje się! (maksymalne wypełnienie na końcu rynny = 0,116 m). W procedurze przedstawionej przez autora  $Q = 2,00 \text{ l/s}$ , a maksymalne wypełnienie na końcu rynny = 0,118 m!

W obliczeniach wg Normy nie ma wskazówki jak zdefiniować wypełnienie na krawędzi wylotowej rynny, które nie może w poziomej rynnie być równe jej głębokości maksymalnej DN/2. O tym, że wpływ ten istnieje, świadczą nie tylko obserwacje, lecz obliczenia wg procedury przedstawionej w artykule. I tak, dla różnych głębokości na krawędzi wylotu rynny ( $h_{\text{wylotu}}$ ) i rynnie  $\varnothing 260$  ( $r = 130$ ) głębokość wypełnienia na końcu rynny zestawiona jest w tabeli 2.

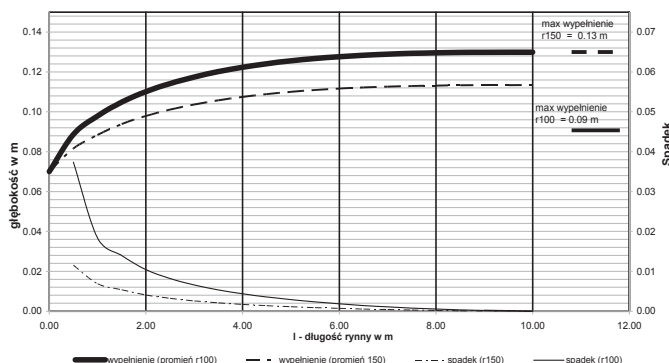
**Tabela 2.** Wypełnienie na końcu rynny dla różnych głębokości na krawędzi wylotowej rynny

$h_{\text{wylotu}}$ [m]	$h_{\text{wylotu}}/r$	$h_{\text{na końcu rynny}}$ [m]
0,08	0,615	0,121
0,09	0,692	0,124
0,10	0,769	0,129

Uwaga! W przykładzie nie posłkowano się wymiarami jakiegokolwiek rynny dostępnej na rynku. Również ilość spływającej wody  $q(x)$ , jak też długość rynny, przyjęte zostały arbitralnie. Autorowi chodziło jedynie o zwrócenie uwagi na pewien problem, jaki towarzyszy obliczeniowym aspektom odprowadzenia rynną poziomą wód opadowych z dachów.

**BIBLIOGRAFIA**

[1] Ned H. C. Hwang, Carlos E. Hita, „Fundamentals of Hydraulic Engineering Systems” – University of Huston, Texas – New Jersey 07632  
 [2] PN-EN 12056-3 – systemy kanalizacji grawitacyjnej wewnątrz budynków – część 3: Przewody deszczowe. Projektowanie układu i obliczenia – grudzień 2002



**Rys. 2.** Układ zwierciadła wody oraz spadku lokalnego zwierciadła wody w poziomej rynnie: dla  $r = 0,10 \text{ m}$  linia ciągła wytłuszczona; dla  $r = 0,15 \text{ m}$  linia przerywana wytłuszczona