

Pavel Urcikán, Dušan Rusnák

Kompleksowa metoda obliczania natężenia deszczu granicznego do projektowania przelewów burzowych

Sposób projektowania przelewów burzowych na kanalizacji ogólnospławnej ma bardzo istotny wpływ na jakość zrzutów, a co za tym idzie – na stan i ochronę odbiornika wód burzowych. Metody obliczania natężenia deszczu granicznego do projektowania przelewów burzowych najczęściej nie uwzględniają zanieczyszczeń odprowadzanych do odbiornika wraz z wodami (ściekami) burzowymi. W niniejszej pracy zaproponowano nowy sposób obliczania natężenia deszczu granicznego uwzględniający zanieczyszczenia odprowadzane z przelewów burzowych do odbiornika, które zależą od następujących czynników:

- stopnia zanieczyszczenia spływów powierzchniowych ze zlewni, na który wpływa rodzaj odwadnianej powierzchni (z),
- wpływu biofilmu i osadów wypłukiwanych z kanałów ściekowych (β),
- natężenia przepływu ścieków bytowych (Q_s) i stężenia ich zanieczyszczeń (c_s),
- natężenia przepływu ścieków przemysłowych (Q_p) i stężenia ich zanieczyszczeń (c_p),
- natężenia dopływu wód infiltracyjnych (Q_B) do sieci kanalizacyjnej,
- czasu dopływu ścieków ze zlewni (t_s) do przelewu burzowego,
- charakterystyki opadów, m.in. natężenia deszczu (q), rocznej sumy opadów (H_z) itp.

Zaproponowana metoda obliczania natężenia deszczu granicznego uwzględnia wszystkie powyższe czynniki oraz bilans tlenowy odbiornika, a także jego charakterystykę jakościową (wg trzech kategorii A, B i C obowiązujących na Słowacji) przy założeniu, że odbiornik ten nie jest źródłem wody przeznaczonej do spożycia. Sposób obliczania natężenia deszczu granicznego według zaproponowanej metody zilustrowano na dwóch przykładach na końcu pracy.

Przy powyższych założeniach zaproponowano obliczanie natężenia deszczu granicznego ($\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$) ze wzoru:

$$q_{mB} = a + b + f(t_s) + k_c \quad (1)$$

Zakładając, że natężenie deszczu granicznego mieści się w zakresie $q_{mB}=7+15 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, w wypadku odbiornika mającego kategorię ochrony B wartość parametru a oblicza się z następujących wzorów:

- przy rocznej sumie opadów $H_z=500+1000 \text{ mm}$:

$$a = (\beta + z)(0,01H_z^{0,6} - 0,145) + x \quad (2a)$$

- przy 15-minutowym deszczu miarodajnym o natężeniu $q_{15}=95+155 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ występującym z częstotliwością $n=1,0$:

$$a = 0,003q_{15}(\beta + z) + x \quad (2b)$$

w których współczynnik x określa wpływ intensywności czyszczenia ulic (przy czyszczeniu mechanicznym $x=1,0$, przy czyszczeniu nieregularnym $x=1,5$, przy czyszczeniu sporadycznym $x=2,0$), natomiast współczynnik z określa wpływ zanieczyszczeń powierzchniowych, którego wartość oblicza się ze wzoru:

$$z = 0,035k_M \sum_i (z_i S_{pi}) \quad (3a)$$

w którym:

k_M – współczynnik charakteryzujący wpływ liczby mieszkańców w zlewni przelewu burzowego ($k_M=0,9+0,05\ln M$)

M – liczba mieszkańców na obszarze zlewni powyżej przelewu burzowego

z_i – współczynnik charakteryzujący zlewnię (tab. 1), $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$

S_{pi} – część zlewni przelewu burzowego, którą charakteryzuje współczynnik z_i , %

Jeśli nie dysponuje się danymi o rodzaju zabudowy na obszarze zlewni przelewu burzowego, wówczas wartość współczynnika z można obliczyć ze wzoru:

$$z = \psi(6,0 + 0,3\ln M) \quad (3b)$$

w którym ψ jest średnim współczynnikiem spływu dla zlewni przelewu burzowego.

Jeśli dostępne są odpowiednie dane, wówczas wartość współczynnika a oblicza się ze wzorów (2a) lub (2b), natomiast wartość współczynnika z ze wzorów (3a) lub (3b), przy czym do dalszych obliczeń bierze się wyższe wartości obu współczynników.

Tam, gdzie kanały ściekowe układane są przeważnie równoległe do powierzchni terenu, wartość współczynnika β , określającego wpływ na odbiornik osadów i biofilmu wypłukiwanych z kanałów podczas zrzutów burzowych, zależy od spadku kanałów ściekowych oraz spadku terenu (i_p). Wartość tego współczynnika oblicza się ze wzoru:

$$\beta = 13,61 - 3,4SP_{pr} \quad (4)$$

w którym SP_{pr} oznacza średnią wartość kategorii spadku powierzchni na trasie sieci kanalizacyjnej w całej zlewni powyżej przelewu burzowego obliczoną ze wzoru:

Tabela 1. Średnie roczne wartości zanieczyszczeń w wodach deszczowych (c_d) odprowadzanych z powierzchni zlewni miejskich oraz wartości parametru z_i według typu zabudowy

Typ zabudowy miejskiej	Ładunek ChZT [4] kgO_2/ha	ψ	c_d^* , gO_2/m^3		z_i $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$
			zakres	średnia	
A	800+900	0,7+0,75	152+178	165	1,6
B	450+550	0,5+0,55	117+157	137	1,4
C	250+350	0,35+0,4	89+143	116	1,2
D	50+75	0,2+0,3	24+54	39	0,4
E	300+400	0,6+0,7	60+95	78	0,8

A – dzielnice handlowe z zabudową mieszkalną, B – dzielnice mieszkalne, osiedla satelitarne, C – zabudowa niska, D – dzielnice willowe z ogrodami, E – strefy przemysłowe, *dla średniej rocznej sumy opadów 700 mm ze 150 ombrograficznych stacji pomiarowych

$$SP_{pr} = \frac{\sum_i (S_{ri} SP_i)}{\sum_i S_{ri}} \quad (5)$$

w którym S_{ri} jest częścią zredukowanej powierzchni zlewni powyżej przelewu burzowego zaliczoną do kategorii SP_i , w zależności od średniego spadku terenu (i_p) na trasie kanałów ściekowych w całej zlewni powyżej przelewu burzowego (tab. 2).

Tabela 2. Kategorie spadku powierzchniowego (SP_i) w zależności od spadku terenu (i_p)

Spadek terenu, %	$i_p < 1$	$1 \leq i_p \leq 2$	$2 < i_p \leq 5$	$5 < i_p \leq 8$	$i_p > 8$
SP_i	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0

Jeżeli spadek terenu jest przeciwny do spadku kanałów, wówczas – ze względu na minimalne wymagane spadki kanałów ściekowych – przyjmuje się $i_p=0,1\%$. Na terenach płaskich kanały mają minimalne spadki, co powoduje intensywne gromadzenie się w nich osadów. Do nagromadzenia znacznych ilości osadów dochodzi w początkowych odcinkach sieci kanalizacyjnych o małych przekrojach oraz przed przelewami burzowymi w kolektorach doprowadzających ścieki do komór o wysokich krawędziach przelewowych. Badania przeprowadzone w Anglii wykazały występowanie osadów w około 80% odcinków kanałów ściekowych. Analizując charakterystykę ścieków z kanalizacji ogólnospławnej (tab. 3) można stwierdzić, że największy udział w zanieczyszczeniach (uwzględniając takie wskaźniki, jak ChZT, OWO, zawiesiny i azot Kjeldahla), mają osady zgromadzone w kanałach [5]. Z tego względu w proponowanej metodzie obliczania natężenia deszczu granicznego bardzo istotne znaczenie ma współczynnik β , określający wpływ osadów i biofilmu na jakość zrzutów burzowych. Nieco mniejsze znaczenie od współczynnika β w proponowanej metodzie ma współczynnik z , określający wpływ zanieczyszczeń powierzchniowych odprowadzanych z odwadniającej zlewni. Dlatego też wpływ współczynników zanieczyszczenia β i z na wartość parametru a dodatkowo koryguje się za pomocą rocznej sumy opadów (H_z) i miarodajnego natężenia deszczu trwającego 15 min z częstością $n=1$ (q_{15}).

Tabela 3. Procentowy udział zanieczyszczeń w zrzutach burzowych [5]

Wskaźnik	Osad	Biofilm	Zanieczyszczenia powierzchniowe	Ścieki bytowe
ChZT	35	23	22	20
OWO	40	22	20	18
Zawiesiny	39	20	35	6
Azot Kjeldahla	31	21	18	30

W proponowanej metodzie obliczania natężenia deszczu granicznego wpływ jakości ścieków bytowych i przemysłowych określa parametr k_c ($\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$). Wartość parametru k_c , uwzględniającego wpływ stężenia zanieczyszczeń (c_b) na podstawie ChZT ścieków innych niż deszczowe, oblicza się ze wzoru:

$$k_c = c_b/800 \quad (6)$$

w którym $\text{ChZT}=800 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ odpowiada średniemu stężeniu zanieczyszczeń w ściekach bytowych przy jednostkowej ilości tych ścieków $q_s=150 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$. Wzór (6) obowiązuje w zakresie współczynnika $k_c=0,5+3,0 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$. Jeżeli obliczona wartość k_c przekracza $3,0 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, wówczas do wzoru (1) należy wstawić $k_c=3,0 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$.

Stężenie zanieczyszczeń (c_b) jest określane najczęściej jako ChZT ścieków dopływających do oczyszczalni. Jeśli brak takich danych, wówczas wartość parametru c_b oblicza się ze wzoru:

$$c_b = \frac{c_s \sum Q_s + \sum (Q_{pi} c_{pi})}{\sum Q_s + \sum Q_p + Q_B} \quad (7)$$

w którym:

c_s – ChZT ścieków bytowych, gO_2/m^3 ($c_s=12 \cdot 10^4/q_s$)
 $\sum Q_{pi}$ – suma średnich przepływów ścieków przemysłowych z zakładów odprowadzających ścieki do sieci kanalizacyjnej powyżej przelewu burzowego, dm^3/s
 c_{pi} – stężenie zanieczyszczeń (ChZT) w poszczególnych dopływach ścieków przemysłowych, gO_2/m^3
 $\sum Q_s$ – suma średnich dopływów ścieków bytowych z całej zlewni powyżej przelewu burzowego, dm^3/s , którą oblicza się ze wzoru:

$$\sum Q_s = \frac{q_s M}{86400} \quad (8)$$

w którym:

q_s – jednostkowa ilość ścieków bytowych, $\text{dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$
 M – liczba mieszkańców na obszarze zlewni powyżej przelewu burzowego

Jeżeli ze wzoru (7) wartość $c_b > 2400 \text{ gO}_2/\text{m}^3$, wówczas do wzoru (6) należy wstawić wartość $c_b=2400 \text{ gO}_2/\text{m}^3$.

Natężenie dopływu wód infiltracyjnych do kanalizacji (Q_B , dm^3/s) oblicza się przy pomocy współczynnika infiltracji (k_i) ze wzoru:

$$Q_B = k_i Q_s \quad (9)$$

w którym $k_i=0+0,15$, w zależności od wysokości zwierciadła wód podziemnych, przy czym jeżeli zwierciadło to znajduje się poniżej poziomu dna kanałów ściekowych, wówczas $k_i=0$.

Tabela 4. Proponowane wartości parametru korekcyjnego α

Kategoria ochrony odbiornika	Natężenie deszczu $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$	Wymogi ochrony odbiornika			
		łagodne	średnie	podwyższone	przeciętne
		q_{mB} ze wzoru (1), $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$			
		$7 \leq q_{mB} < 10$	$10 \leq q_{mB} \leq 13$	$13 < q_{mB} \leq 15$	$q_{mB} = 7+15$
A	$q_{mA} = q_{mB} + \alpha$	3+4	4	4+5	
C	$q_{mC} = q_{mB} - \alpha$	(1)* 2+4	2+3	2	$q_{mC} = 5+13$

* $\alpha=1,0$ jeżeli $q_{mB}=7,0+7,9 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$

Wartość parametru określającego wpływ czasu dopływu ze zlewni przelewu burzowego ($f(t_s)$, $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$) oblicza się ze wzoru:

$$f(t_s) = 180/(t_s + 120) \quad (10)$$

w którym t_s jest czasem dopływu (min) ze zlewni przelewu burzowego, na podstawie projektu sieci kanalizacyjnej. Jeżeli czas dopływu $t_s > 100$ min, wówczas do wzoru (10) należy wstawić $t_s = 100$ min. Wraz ze wzrostem czasu dopływu następuje spłaszczenie fal przepływu ścieków deszczowych, czyli zmniejszenie liczby działań przelewów i skrócenie czasu ich działania. Dłuższe czasy dopływu umożliwiają przyjęcie mniejszych wartości natężenia deszczu granicznego.

Wartość parametru b ($\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$) oblicza się ze wzoru:

$$b = 0,8 \ln y = 0,8 \ln \left(\frac{Q_1}{Q_{270}} \frac{S_{ri}}{\sum_i S_{ri}} \right) \quad (11)$$

w którym:

Q_{270} – przepływ wody w odbiorniku trwający wraz z niższymi 270 dni w roku, dm^3/s

S_{ri} – zredukowana powierzchnia zlewni ($S_{pi}\psi$) i -tego przelewu burzowego, ha

$\sum S_{ri}$ – całkowita zredukowana powierzchnia skanalizowanej zlewni oczyszczalni ścieków, ha

Q_1 – porównawczy dopływ wód opadowych (dm^3/s) z całej skanalizowanej zlewni dla deszczu o częstotliwości występowania $n=1$, obliczony ze wzoru:

$$Q_1 = \frac{K_1 \sum S_{ri}}{\sum t_s + t_c + B_1} \quad (12)$$

w którym:

$\sum t_s$ – obliczeniowa suma czasów dopływu na trasie głównego kolektora od obrzeża zlewni do przelewu burzowego przed oczyszczalnią ścieków, min

t_c – czas koncentracji terenowej według metody granicznych natężeń, min ($t_c=5$ min)

K_1, B_1 – lokalne parametry we wzorze na natężenie deszczu $q=K_1/(t+B_1)$ o częstotliwości występowania $n=1,0$

Wzór (11) obowiązuje dla wartości logarytmowanej y (wyrażenie w nawiasie) $\geq 1,0$. Jeżeli wartość ta jest mniejsza od 1,0, wówczas do wzoru (11) należy wstawić wartość $y=1,0$.

Zastosowanie w proponowanej metodzie obliczania natężenia deszczu granicznego trzech kategorii (A, B i C) ochrony odbiornika przed zanieczyszczeniem zrzutami burzowymi wiąże się z różnym stopniem zapotrzebowania ścieków odprowadzanych z przelewów burzowych na tlen. Wzór (1) ma zastosowanie w warunkach ochrony odbiornika zaliczonego

do kategorii B, którego wody nie są wykorzystywane do spożycia. Do kategorii B należą wody odbiorników wykorzystywanych do celów rekreacyjnych i sportowych (wioślarstwo, żeglarstwo), a także przepływające przez osiedla i dzielnice mieszkaniowe w pobliżu tras spacerowych lub też mające II–III klasę czystości według kryterium tlenowego. Do kategorii A zalicza się wody odbiorników o małych przepływach lub o podwyższonych wymogach ochrony (wody wykorzystywane do kąpieli, hodowli ryb) oraz przepływających przez tereny rekreacyjne i parki lub też jeśli odbiornik na podstawie wskaźników tlenowych ma I–II klasę czystości. Do kategorii C należą wody odbiorników o dużych przepływach, których środkowe i dolne odcinki przepływają na obrzeżach miast, jeśli zainteresowanie społeczeństwa ich wykorzystaniem jest nieznaczące, a ruch wzdłuż cieku jest słaby lub też jeśli odbiornik według wskaźników tlenowych znajduje się w III–V klasie czystości.

Obliczeniowe wartości natężenia deszczu granicznego (q_{mA}) w wypadku odbiornika kategorii ochrony A należy zwiększyć (zależnie od warunków lokalnych) o 3,0+5,0 $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, natomiast w wypadku kategorii C zmniejszyć o 2,0+4,0 $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, w porównaniu z wartościami q_{mB} obliczonymi ze wzoru (1). W wypadku odbiornika kategorii B należy wprowadzić poprawkę za pomocą parametru korekcyjnego α , zgodnie z tabelą 4.

Autorzy proponują zastosowanie następujących wartości natężenia deszczu granicznego:

– w wypadku odbiornika ścieków kategorii A w zakresie $q_{mA}=10+20 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$,

– w wypadku odbiornika ścieków kategorii C w zakresie $q_{mC}=5+13 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ (dla rzek o wysokich przepływach zaleca się $q_{mC}=5+6 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$),

– w wypadku odbiornika ścieków kategorii B według wzoru (1); jeżeli obliczona wartość $q_{mB} > 15 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, wówczas należy przyjąć $q_{mB}=15 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, a jeśli wartość obliczona według wzoru (1) wynosi $q_{mB} < 7 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, wówczas należy przyjąć $q_{mB}=7,0 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$.

Wartość granicznego odpływu odprowadzanego z przelewów burzowych (Q_L , dm^3/s) do oczyszczalni ścieków w czasie deszczu oblicza się metodą deszczu granicznego według wzoru:

$$Q_L = \sum Q_{b24} + Q_m + \sum_i Q_{mi} = \sum_i Q_{b24} + q_m S_p \psi + \sum_i q_{mi} S_{pi} \psi_i \quad (13)$$

w którym:

Q_m – graniczny odpływ ze zlewni S_p o współczynniku spływu ψ , dm^3/s

S_p – powierzchnia zlewni przelewu burzowego, ha

ψ – współczynnik spływu

$\sum Q_{mi}$ – suma odpływów granicznych z przelewów burzowych znajdujących się na sieci kanalizacyjnej przed konkretnym przelewem burzowym, dm^3/s
 $\sum Q_{b24}$ – średni odpływ ścieków nie deszczowych (dm^3/s) z całej zlewni powyżej przelewu burzowego, obliczony ze wzoru:

$$\sum Q_{b24} = \sum Q_s + Q_B + \sum Q_p = (Mq_s/86400)(1 + k_i) + \sum Q_p \quad (14)$$

w którym:

$\sum Q_s$ – odpływ ścieków bytowych ze zlewni powyżej przelewu burzowego, dm^3/s

M – liczba mieszkańców na obszarze zlewni powyżej przelewu burzowego

q_s – jednostkowa ilość ścieków bytowych, $\text{dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$

Q_B – dopływ wód infiltracyjnych, dm^3/s

k_i – współczynnik infiltracji wód podziemnych ($k_i=0+0,15$)

$\sum Q_p$ – odpływ ścieków przemysłowych ze zlewni powyżej przelewu burzowego, dm^3/s

Przyjęta do projektowania przelewów burzowych wartość parametru Q_L nie może być mniejsza od wartości minimalnej $Q_L=50 \text{ dm}^3/\text{s}$. Graniczny odpływ ścieków (Q_L) obliczony ze wzorów (1) i (13) należy następnie sprawdzić za pomocą współczynnika rozcieńczenia (n_r) [2]:

$$n_r = (Q_m + \sum_i Q_{mi}) / \sum Q_{b24} \quad (15)$$

Wymaga się żeby zostały spełnione następujące warunki z uwagi na stężenie zanieczyszczeń w ściekach:

– gdy $c_b \leq 600 \text{ gO}_2/\text{m}^3$:

$$n_r \geq 7,0 \quad (16)$$

– gdy $c_b > 600 \text{ gO}_2/\text{m}^3$:

$$n_r \geq 0,017(c_b - 180) \quad (17)$$

w których c_b jest wartością ChZT ścieków przy średnim przepływie bezdeszczowym obliczoną ze wzoru (7).

Przykład 1

Na obszarze zlewni przelewu burzowego dzielnica handlowa stanowi 30% zabudowy ($z_1=1,6$; $S_{p1}=30\%$), osiedle mieszkaniowe stanowi również 30% ($z_2=1,4$; $S_{p2}=30\%$), natomiast zabudowa jednorodzinna stanowi 40% ($z_3=0,4$; $S_{p3}=40\%$). Obszar zlewni zamieszkuje 10 tys. mieszkańców ($M=10000$). Zatem wartość współczynnika określającego wpływ zagospodarowania tej zlewni, obliczona ze wzoru (3a), wyniesie $z=5,05$.

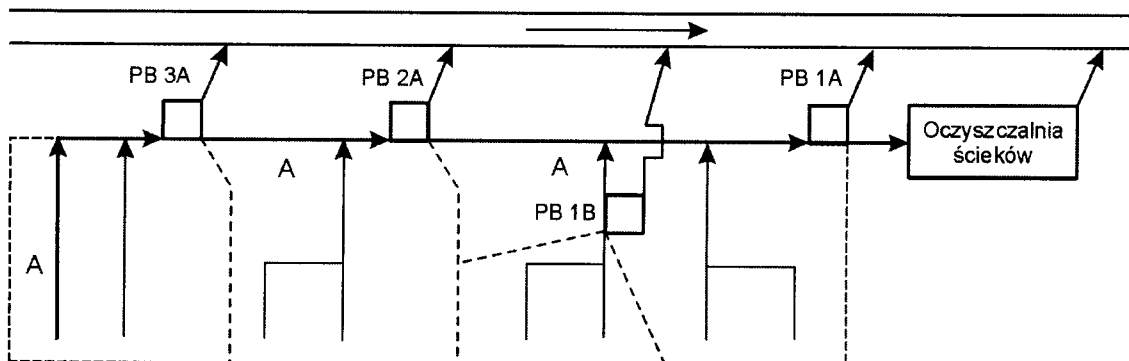
Przykład 2

Schemat sieci kanalizacyjnej oraz usytuowanie przelewów burzowych na sieci kanalizacyjnej przedstawiono na rysunku 1. Aby obliczyć natężenie deszczu granicznego (q_m) oraz graniczny dopływ (Q_L) ścieków do oczyszczalni w miejscowości mającej $M=14200$ mieszkańców przyjęto następujące dane: odbiornik III klasy czystości, o małych przepływach ($Q_{270}=50 \text{ dm}^3/\text{s}$), w górnym i środkowym odcinku zaliczony do kategorii ochrony A, zaś dolny odcinek na obrzeżu miejscowości ma kategorię ochrony C. Jednostkowa ilość ścieków bytowych $q_s=160 \text{ dm}^3/\text{M}\cdot\text{d}$, stężenie zanieczyszczeń (ChZT) w ściekach $c_s=750 \text{ gO}_2/\text{m}^3$, współczynnik infiltracji wód podziemnych $k_i=0,15$. Do sieci kanalizacyjnej w zlewni przelewów burzowych 1B i 1A doprowadzane są ścieki przemysłowe w ilości $Q_p=5 \text{ dm}^3/\text{s}$ o stężeniu zanieczyszczeń (ChZT) $c_p=2\ 200 \text{ gO}_2/\text{m}^3$. Najdłuższy czas dopływu ścieków na trasie głównego kolektora do przelewu burzowego z obszaru obsługiwanego przez oczyszczalnię ścieków $\sum t_s=54 \text{ min}$; $K_1=3090$, $B_1=5,75$.

Przelewy burzowe w obliczeniach tabelarycznych przedstawionych w tabeli 5 zostały uszeregowane zgodnie z kierunkiem przepływu ścieków, poczynając od miejsca zlewni najbardziej oddalonego od oczyszczalni ścieków.

Podsumowanie

W pracy zaproponowano kompleksową metodę obliczania natężenia deszczu granicznego, uwzględniającą charakterystyczny przepływ wody w odbiorniku (Q_{270}) oraz wpływ stopnia zanieczyszczenia zrzutów burzowych na odbiornik. Przy jej tworzeniu uwzględniono wyniki badań krajowych i zagranicznych (Niemcy, Szwajcaria i Wielka Brytania [4,5]), dotyczących projektowania przelewów burzowych. Przedstawiona metoda uwzględnia wpływ dwunastu charakterystycznych parametrów zrzutów burzowych (β , z , Q_s , c_s , Q_p , c_p , Q_B , Q_1 , Q_{270} , t_s , H_z , q_{15}) oraz uwarunkowania ochrony odbiornika (kategorie A, B i C). Wykazano, że największe znaczenie w proponowanej metodzie mają parametry określające wpływ biofilmu i osadów wpyłkiwanych z kanałów (β), zanieczyszczenia pochodzące ze spływów powierzchniowych (z), relacje między ilością ścieków a przepływem wody w odbiorniku (Q_1/Q_{270}) oraz współczynnik uwzględniający jakość ścieków bytowych i przemysłowych (k_c). Zaletą omówionej metody jest jej kompleksowość oraz możliwość uwzględnienia granicznego natężenia deszczu w szerokim zakresie $5+20 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, w zależności od wymogów ochrony odbiornika, który nie jest źródłem wody do spożycia. Wykazano, że zaproponowana metoda obliczania natężenia deszczu granicznego umożliwia projektowanie i ocenę pracy przelewów



Rys. 1. Schemat sieci kanalizacyjnej do przykładu 2

Tabela 5. Przykład obliczenia wartości q_m i Q_L w układzie czterech przelewów burzowych (według schematu na rys. 1)

Wzór	Parametr/współczynnik, jednostka	Przelew burzowy			
		3A	2A	1B	1A
	S_{ri} – zredukowana powierzchnia zlewni przelewu burzowego ($\sum S_{ri}=96,9$), ha (p)	22,0	19,4	18,0	37,5
	i_p – spadki terenu na trasie kanałów ściekowych, % (p)	2,2	0,7	5,1	0,3
	S_{pi} – (wg tab. 2)	2	1	3	1
Dla przelewu burzowego 2A: $SP_{pr}=(2\cdot 22+1\cdot 19,4)/41,4=1,53$					
Dla przelewu burzowego 1A: $SP_{pr}=(2\cdot 22+1\cdot 19,4+3\cdot 18+1\cdot 37,5)/96,9=1,6$					
(5)	SP_{pr} – średnia kategoria spadku powierzchni terenu	2,00	1,53	3,00	1,60
(4)	$\beta=13,61-3,4SP_{pr}$	6,81	8,41	3,41	8,17
	M – liczba mieszkańców (p)	3520	2540	2592	5548
	$\sum M$ – suma mieszkańców powyżej przelewu burzowego	3520	6060	2592	14200
	ψ – współczynnik spływu (p)	0,45	0,55	0,5	0,45
(3b)	$z=\psi(6+0,3\ln M)$	3,80	4,59	4,18	3,86
(2b)	$a=(z+\beta)0,003\cdot 149+x$ ($x=1,5$), $dm^3/s\cdot ha$	6,24	7,31	4,89	6,87
(8)	$\sum Q_{s24}=Q_s \sum M/86400$, dm^3/s	6,52	11,22	4,80	26,30
(8,9)	$\sum Q_{s24}+Q_B=(1+k) \sum Q_{s24}=1,15 \sum Q_{s24}$, dm^3/s	7,50	12,90	5,52	30,25
(7)	$c_b=(\sum Q_{s24}\cdot 750+5\cdot 2200)/(\sum Q_{s24}+Q_B+5)$, gO_2/m^3	652	652	1388	872
(6)	$k_c=c_b/800$ ($k_c<3,0$), $dm^3/s\cdot ha$	0,82	0,82	1,73	1,09
	t_s – czas dopływu do przelewu burzowego, min (p)	19	17	15	25
(10)	$f(t_s)=180/(t_s+120)$, $dm^3/s\cdot ha$	1,29	1,31	1,33	1,24
(12)	$Q_1=3090\cdot 96,9/(44+5+5,75)=5468,9$ dm^3/s ; $\sum t_s=44$ min				
(11)	$y=5468,9S_{ri}/(50\cdot 96,9)$; $y>1,0$	24,8	21,9	20,3	42,3
(11)	$b=0,8\ln y$, $dm^3/s\cdot ha$	2,57	2,47	2,41	2,99
(1)	$q_{mB}=a+b+f(t_s)+k_c$, $dm^3/s\cdot ha$	10,9	11,9	10,4	12,2
	Kategoria ochrony odbiornika	A*	A	A	C**
	Natężenie q_m według kategorii ochrony, $dm^3/s\cdot ha$	14,9	15,9	14,4	10,2
	Według ATV A128 [2], $dm^3/s\cdot ha$	12,95	13,14	13,33	12,40
(14)	$\sum Q_{b24}$, dm^3/s	7,50	12,90	10,52	35,25
(13)	$Q_m=Q_m S_{ri}$, dm^3/s	328,2	308,6	258,5	382,1
(13)	Q_L ($Q_L>50$), dm^3/s	335,7	649,7	269,0	1312,7
(15)	$n=(Q_m+\sum Q_{mi})/\sum Q_{b24}$ ***	43,8	49,4	24,6	36,2

(p) – według projektu sieci kanalizacyjnej

* $q_{mA}=q_{mB}+4$, ** $q_{mC}=q_{mB}-2$

***obliczone wartości n spełniają zależności (16) i (17)

burzowych, ze szczególnym uwzględnieniem liczby i objętości zrzutów, ładunku zanieczyszczeń oraz czasu zrzutów w średnim roku hydrologicznym. Procedura określania tych wielkości została opisana w pracach [6,7].

Propozycja kompleksowej metody obliczania deszczu granicznego została opracowana w ramach projektu VEGA nr 1/0310/03.

LITERATURA

1. P. URCIKÁN, D. RUSNÁK, Š. STANKO: K navrhovaniu odahčovacích komôr. Vodní hospodárství, 2001, č. 10.
2. ATV A 128 Richtlinien für die Bemessung u. Gestaltung von Regenlastungen in Mischwasserkanälen, 1992.
3. Ministry of Housing and Local Government. Technical Committee on Storm Overflows and the Disposal of Storm Sewerage. HMSO, London 1970.
4. J.B. ELLIS: Pollutional aspects of urban runoff. In: Urban Runoff Pollution [Eds. H. TORNO, J. MARSÁLEK, M. DEBORDES]. NATO ASI Series G, Ecological Sciences, Vol. 10, Springer-Verlag, Berlin 1996, pp. 1–38.
5. V. KREJCI, L. DAUBER, B. NOVAK, V. GUJER: Contribution of different sources to pollutant loads in combined sewers. Proc. 4th Int. Conf. On Urban Storm Drainage, Lausanne, Switzerland, 31, pp. 35–39.
6. P. URCIKÁN, D. RUSNÁK, Š. STANKO: Posudzovanie činnosti odahčovacích komôr. Vodohospodársky spravodajca, 2000, č. 9.
7. P. URCIKÁN, D. RUSNÁK, Š. STANKO: Stanovenie bilančných veličín na posudzovanie činnosti odl'ahčovacích komôr. Vodní hospodárství, 2001, č. 5.

Urcikan, P., Rusnak, D. A Complex Method of Calculating Critical Rain Intensity for the Needs of Storm Overflow Design. *Ochrona Środowiska* 2006, Vol. 28, No. 1, pp. 33–38.

Abstract: Making use of the results of investigations into storm overflow design (reported for Germany, Switzerland and the United Kingdom), a complex method of computing critical rain intensity is proposed. The method includes the characteristic flow (Q_{270}) in the recipient, as well as the effect of storm water pollution on the recipient. Consideration is given to the effect of 12 characteristic parameters of storm water discharge (β , z , Q_s , c_s , Q_p , c_p , Q_B , Q_1 , Q_{270} , t_s , H_z , q_{15}) and the conditions of recipient protection (Categories A, B and C). In the method proposed, the following parameters were found to be of crucial importance: β (effect of sludge washed away from the channels), z (pollution

from surface runoff), Q_1/Q_{270} (relations between wastewater amount and characteristic water flow in the recipient) and k_c (quality of domestic sewage and industrial wastewater). There are two major advantages inherent in this method: its complexity, and the possibility of considering a wide range (5 to 20 dm³/s·ha) of critical rain intensity, according to the pollution control requirements for the recipient. The study has produced the following findings: the proposed method of calculating critical rain intensity allows the design of storm overflows and the assessment of their performance, particular consideration being given to the number and volume of discharge, the load of pollutants, and the time of discharge in an average hydrological year.

Keywords: Critical rain intensity, storm overflow, wastewater discharge, pollutant load, recipient protection.