

Podziemny tunel przeciwpowodziowy alternatywą kanału ulgi w Nysie

Underground flood tunnel as an alternative to the relief channel in Nysa

Streszczenie:

Artykuł podejmuje problem zabezpieczenia miasta Nysy przed skutkami powodzi. Nysa była miastem poszkodowanym w czasie powodzi w 1997 roku. W historii miasta powódź powtarzała się wielokrotnie. Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Gminy z 2009 roku przewiduje rezerwę terenu dla kanału obiegowego. Powstaje nowy, miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego dla kanału ulgi. Jednak przebieg kanału znacznie ogranicza rozwój miasta, stwarza problemy wywłaszczeń, prowadzi do konieczności budowy nowych mostów, dezorganizuje przestrzeń. W artykule przedstawiono alternatywę dla kanału ulgi w postaci podziemnego tunelu. Koncepcja pozwala uniknąć ww. uciążliwości oraz zachować harmonijny rozwój przestrzenny miasta.

Abstract:

This article discusses the problem of protecting the city of Nysa against the effects of floods. Nysa was affected during a flood in 1997. Throughout the city's history flooding has occurred repeatedly. The Study of Conditions and Directions of the Spatial Planning of the Municipality from 2009 proposes a reserve area for a relief channel. A new local land use plan is being considered for this purpose. However, the course of the channel curbs city development, creates problems for expropriations, requires construction of new bridges, and disrupts land usage. The article presents an alternative to a relief channel – an underground tunnel. This concept detours the nuisances mentioned above and preserves the harmonious spatial development of the city.

Słowa kluczowe: zabezpieczenia przeciwpowodziowe, podziemne tunele przeciwpowodziowe

Keywords: flood safety barriers, underground flood tunnels

Zagrożenia powodziowe gminy Nysa

Obszar gminy Nysa zagrożony jest okresowym występowaniem powodzi ze względu na obecność rzeki Nysy Kłodzkiej, a także jej dopływów. Górski charakter rzek powoduje, że powodzie mogą pojawiać się w sposób nagły i gwałtowny. Największe wezbrania powodziowe występują w górnym biegu zlewni rzeki Nysy Kłodzkiej i Białej Głuchołaskiej oraz w rejonie Jeziora Nyskiego. Największe poziomy wód zalewowych odnotowano na fragmencie murów tzw. Zespołu Dworu Biskupiego w Nysie w latach: 1783, 1829, 1883, 1938, 1997.

Podczas powodzi w lipcu 1997 roku doszło do całkowitego zalania doliny Nysy Kłodzkiej oraz obszaru śródmieścia miasta Nysy. Podtopieniu uległa znaczna część miasta. Zalane zostały okoliczne wioski: Kubice, Konradowa część Wyszkowa Śląskiego, Biała Nyska, Morawa, Hława, Przełek, Hajduki Nyskie i Lipowa. Powódź przyniosła olbrzymie straty materialne. Ucierpiało wielu mieszkań-

ców, woda dokonała zniszczeń miejsc pracy, spowodowała uciążliwe zawilgocenia obiektów budowlanych, spękania konstrukcji, uszkodzenia fundamentów, dróg i ulic, a także samego koryta rzeki. Funkcjonowanie obiektów użyteczności publicznej, handlu i usług uległo poważnemu zakłóceniu. Biorąc pod uwagę ogrom zniszczeń, gmina Nysa była jedną z najbardziej poszkodowanych gmin w Polsce na skutek powodzi z lipca 1997 r.

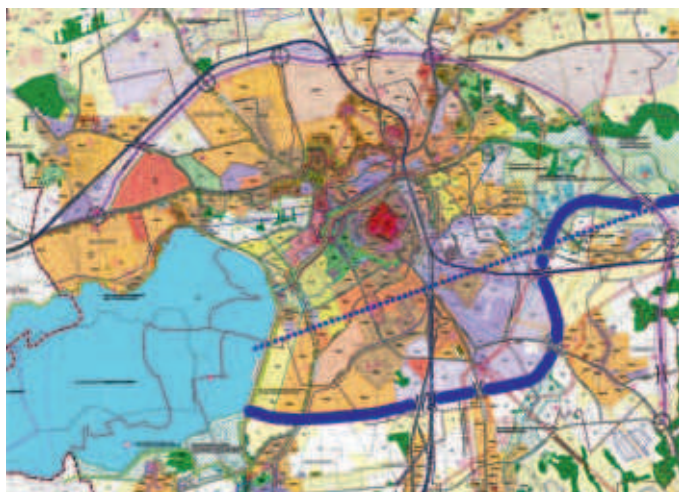
Planowane zabezpieczenia przeciwpowodziowe

Ze względu na zachowanie bezpieczeństwa przeciwpowodziowego istotne jest prawidłowe działanie i zarządzanie systemem zbiorników retencyjnych na rzece Nysy Kłodzkiej: „Nyskiego”, „Otmuchowskiego”, „Kozielna” i „Topoli”. Dokonane analizy wskazują jednak potrzebę poprawy istniejącej sytuacji poprzez budowę nowych zbiorników („Kamieniec”), zwiększenia drożności istniejącego koryta rzecznoego w obszarze miasta, a także modernizację wałów przeciwpowodziowych. Z uwagi na możliwość niebezpiecznego spiętrzenia wody w okresie

¹ dr inż. arch. b.szuba@po.opole.pl, tel. 664456170

powodzi w rejonie tamy na Jeziorze Nyskim, uważa się za niezbędne wybudowanie kanału ulgi, którym w razie zagrożenia można by odprowadzić nadmiar wody ze zbiornika.

Aktualnie opracowywana jest dokumentacja modernizacji zbiornika Nysa w aspekcie bezpieczeństwa przeciwpowodziowego przez „Hydroprojekt” Wrocław sp. z o.o. Jako bezpieczne granice zabudowy przyjęto zasięg zalewu katastrofalnej powodzi z lipca 1997 roku. Budowa kanału obiegowego, choć słuszna z punktu widzenia zabezpieczeń przeciwpowodziowych, generuje szereg problemów urbanistycznych (rys. 1).



Rys. 1. Wycinek Studium wraz z przebiegiem planowanego kanału obiegowego (gruba linia ciągła) oraz alternatywnego proponowanego przez autora tunelu żrzutowego (linia punktowa). Opracowanie autora na podstawie [1].
Fig. 1. Part of the Study with the course of planned widespread channel along (fat solid line) and of alternative proposed by author underground tunnel (spot line). Authors' drawing up on the base [1].

Kanał obiegowy jest inwestycją stwarzającą bariery rozwojowe dla południowej części miasta. Realizacja kanału pociągnie za sobą konieczność wykupu znacznej ilości gruntów. Oznacza to nie tylko koszty finansowe, ale również społeczne, związane z utratą własności, względem których wielu ludzi wiąże określone plany ich wykorzystania. Wykonanie kanału niesie za sobą konieczność realizacji nowej infrastruktury komunikacyjnej (osiem dodatkowych mostów). Budowa kanału obiegowego stwarzać będzie potencjalny ubytek wartości przyrodniczych, krajobrazowych, a także powodować zakłócenia w funkcjonowaniu ekosystemów żywych.

Nysa nie jest jedynym miastem zagrożonym okresowym występowaniem powodzi. Podobną inwestycję w postaci kanału obiegowego planuje Kraków. Jednak kanały ulgi coraz częściej są krytykowane, jako nieskuteczne i niespełniające oczekiwań, powodujące znaczne, dodatkowe

uciążliwości eksploatacyjne. Polemikę w zakresie sensowności ich stosowania podejmuje między innymi prof. dr hab. inż. Józef Dziopak, Kierownik Katedry Infrastruktury i Ekorozwoju Politechniki Rzeszowskiej [2].

Nysa, podobnie jak wiele innych miast polskich, podąża w kierunku rozwiązań jak najszybszego usuwania wód opadowych z zainwestowanych terenów. Zmniejsza się powierzchnia terenów chłonnych, przybywa różnego rodzaju kanalizacji deszczowej, z obszaru międzywała rzeki usuwa się zadrzewienie. Zubaża to krajobraz, przyczynia się do degradacji systemów przyrodniczych. Jednak szybkie usuwanie nadmiaru wód opadowych z odwadnianego terenu do coraz bardziej obciążonych deszczówką rzek może powodować problemy powodziowe na innym obszarze. Miasta powinny gospodarować wodą deszczową podobnie jak czynią to systemy przyrodnicze. Zbieranie deszczówki jest uzasadnione również ze względów ekonomicznych (wykorzystywanie wody deszczowej do celów gospodarczych, spłukiwania toalet, podlewania ogródków, etc.).

Na świecie spotyka się realizacje obiektów zaopatrzonych w dachy bezodpływowe², zbiorniki wody deszczowej, czasowo wypełnianych wodą przestrzeni zielonych służących rekreacji. Powstaje szereg rozwiązań alternatywnych dla kanalizacji wód deszczowych [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Konieczne jest wypracowanie nowej strategii w postępowaniu z wodą deszczową, skierowanej na kompleksowe zagospodarowanie wody opadowej na terenie miast. Poza środkami technicznymi wspomagającymi zatrzymanie i zagospodarowanie wody opadowej na terenie miast, w pełni zasadnym wydaje się stosowanie środków biotektonicznego kształtowania obiektów architektonicznych, w postaci szaty biologicznie czynnej roślinności wzbogacającej powierzchnie dachów, tarasów i ścian naszych domów, ogrodów zimowych, a także możliwie maksymalne wprowadzanie czynnych biologicznie przestrzeni w rejonie zamieszkiwania w postaci łąk, lasów itp. W wyniku zazieleniania ścian i dachów budynków, tworzenia w ten sposób przyrodniczych powierzchni biotopowych, można zmniejszyć zanieczyszczenie powietrza środowiska mieszkalnego, zwiększyć jego wilgotność poprzez wpływ na gospodarkę wodną i parowanie roślin. Takie traktowanie zewnętrznych powierzchni obiektów budowlanych umożliwi uzyskanie właściwego rozkładu temperatur oraz poziomu wilgotności powietrza wraz ze zwiększoną ilością tlenu przy jednoczesnym obniżeniu poziomu zawartości kurzu oraz zanieczyszczeń. Sugerowane rozwiązania powinny prowadzić do sukcesywnego przekształcania istniejącej infrastruktury kanalizacji deszczowej w system sieci zbierających wody opadowe do celów gospodarczych [9].

² Tego typu konstrukcja ma za zadanie przechwycenie wody deszczowej, a następnie umożliwienie jej odparowywania do atmosfery.

Tunel zrzutowy, jako rozwiązanie alternatywne dla Nysy

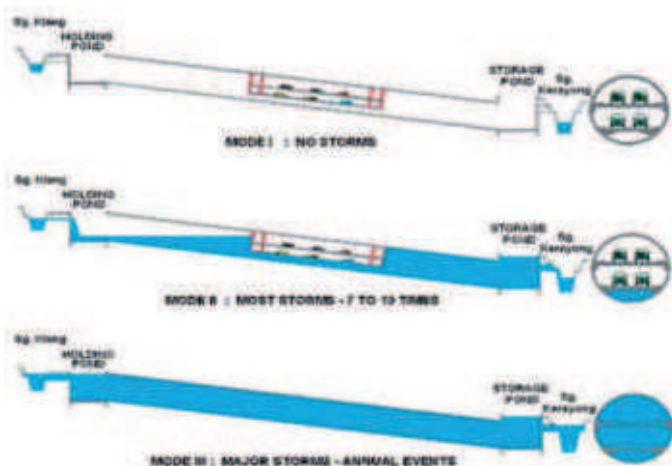
Podziemne tunele zrzutowe były realizowane w różnych miejscach na świecie. Przykładem może być tunel zrealizowany w pobliżu miejscowości Seremban w Malezji. Tunel służy do automatycznego zrzucania nadmiaru wody ze sztucznego jeziora w przypadku przekroczenia maksymalnego poziomu wody w jeziorze, co występuje często w porze deszczowej i ma związek z gwałtownymi opadami deszczu w tym czasie.

Na wyspie Penang w Malezji został wykonany tunel służący do odprowadzania wód opadowych zatapiających rejony miasta w porze deszczowej. Obiekt służy nie tylko mieszkańcom Georgetown, ale również zapewnienia komfortu przebywających w tym mieście turystom z całego świata.

Innym przykładem jest tunel o dł. 10 km służący dostawie wody pitnej do stolicy Malezji Kuala Lumpur. Tunel został wykonany przy użyciu maszyny wierzącej TBM (Tunneling Boring Machine) (rys. 2, 3) [10, 11].

W Polsce tunele dostarczające wodę do generatorów elektrowni zostały wykonane przy zbiorniku Świnna Poręba, jak również przy elektrowni szczytowo-pompowej na górze Żar w Międzybrodziu Żywieckim. Wszystkie tunele, niezależnie od funkcji jaką spełniają, zapewniają ochronę powierzchni terenu (w tym rejonów z zabytkową architekturą miast lub obiektów użyteczności publicznej) oraz poprawę infrastruktury bez ingerencji w istniejący stan zagospodarowania terenu.

Powyższe przesłanki skłaniają do poszukiwania korzystniejszego rozwiązania przeciwpowodziowego zastępują-



Rys. 2. Tunel w Kuala Lumpur. Schemat ilustrujący pracę tunelu w zależności od różnych warunków klimatycznych [10].

Fig. 2. Tunnel in Kuala Lumpur. Schematic showing how the tunnel will work in differing climatic conditions [10].

cego kanał ulgi w Nysie. Autor sugeruje możliwość zastosowania dla zbiornika nyskiego podziemnego tunelu zrzutowego, o przekroju zapewniającym przepływ wielkości wody równy do planowanego w kanale obiegowym (rys. 4).

Budowa geologiczna podłoża gruntowego Nysy posiada sprzyjający układ warstw naturalnych. Do głębokości ok. 9m pod powierzchnią terenu znajdują się nawodnione piaski, żwiry i pospółki. Poniżej zalegają na przestrzeni ok. kilkudziesięciu metrów ility, stanowiące łatwo urabialną, nienasiąkliwą skałę. Badania geologiczne podłoża gruntowego, wykonane z racji wykonywania dokumentacji projektowych w różnych częściach miasta wskazują, że przekrój geologiczny nie powinien ulegać znaczącym zmianom na trasie przebiegu tunelu.

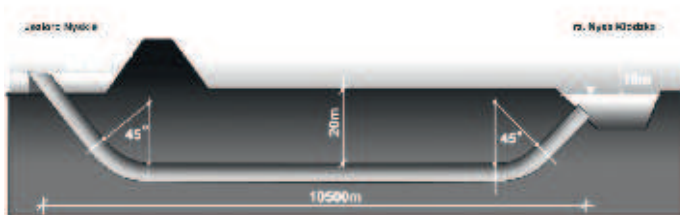
Analizy wstępne wskazują, że przewidywany tunel może być wykonany metodą urabiania mechanicznego przy zastosowaniu koparki tunelowej oraz hydraulicznego młota udarowego, stosowanego na maszynie wymiennie w miarę potrzeb. Budowa geologiczna pozwala sądzić, że do wykonania tunelu nie będzie potrzebne stosowanie materiałów wybuchowych, co stanowi znaczne ułatwienie w przypadku prowadzenia robot w terenie zabudowanym, a w szczególności specjalnie chronionym ze względu na obecność wielu obiektów zabytkowych. Pozwala to uniknąć wszelkich niekorzystnych efektów wynikających z użycia materiałów wybuchowych, takich jak wibracje gruntu, hałas czy zanieczyszczenie atmosfery toksycznymi gazami postrzałowymi. W przypadku wystąpienia zwartych skał o dużych wymiarach istnieje możliwość ich defragmentacji z zastosowaniem specjalnych materiałów pęczniących lub przy użyciu metod mechanicznych.



Rys. 3. Schemat graficzny wyjaśniający przekrój tunelu i jego wykorzystanie [11].

Fig. 3. Graphical representation of a cross-section of the tunnel [11].

Zastosowanie specjalnych maszyn do drążenia tunelu TBM – choć technicznie uzasadnione przy takich długościach tunelu – nie jest możliwe ze względów ekonomicznych. Ceny maszyn tunelowych sięgają setek milionów USD, równocześnie maszyny te, jako bardzo ciężkie, mają tendencje do zapadania się w słabym spągu, który w omawianym przypadku może występować ze znacznym prawdopodobieństwem. Wydaje się, że najprostsze usprzętowanie, jak koparki tunelowe, młoty hydrauliczne oraz ładowarki, górnicze wozy odstawcze produkcji krajowej, stanowić mogą najtańszy i w zupełności wystarczający zestaw sprzętowy. Ze względu na rodzaj skał, tunel powinien być drążony na warstwy (prawdopodobnie trzy), z odpowiednim wyprzedzeniem warstwy górnej względem środkowej i dolnej.



Rys. 4. Schemat przekroju podłużnego tunelu podziemnego. Źródło – autor.

Fig. 4. Scheme of the longitudinal cross section of the underground tunnel. Source – author.

Wstępne obliczenia hydrauliczne dla alternatywnego rozwiązania kanału obiegowego w formie syfonu na odprowadzenie wód powodziowych ze zbiornika nyskiego przedstawiają się następująco:

$Q = 874 \text{ m}^3/\text{s}$ – wydatek syfonu

$L = 10500 \text{ m}$ – długość tunelu

$H = 18 \text{ m}$ – różnica poziomów wody

Prędkość wody w przewodzie syfonowym obliczono ze wzoru [12]:

$$V = \sqrt{\frac{2gh}{1 + \sum \zeta + \sum \frac{L}{d}}} \quad (1)$$

gdzie:

g – przyspieszenie ziemskie

$\sum \zeta$ – suma strat $= \zeta_1 + 2\zeta_2$ (2)

ζ_1 – współczynnik strat ciśnienia na wlocie, przyjęto dla $\varphi = 45^\circ = 0,812$

ζ_2 – współczynnik strat na łuku $= 0,065$

$$\lambda = \frac{8g}{C^2} \quad (3)$$

C – współczynnik prędkości – przyjęto z nomogramu dla spadku $J = \frac{18}{10500} = 0,0017$

$n = 0,012$ – (współczynnik szorstkości jak dla dobrze wykonanej warstwy z betonu) i promienia hydraulicznego

$$R_h = \frac{d}{4} \quad (4)$$

d – średnica w przewodzie w [m]

Tab. 1. Zestawienie obliczeń.

Tab. 1. Comparing calculations

d [m]	Pow. przekroju F [m ²]	R _h	C	λ	Prędkość V [m/s]	Wydatek Q=VxF [m ³ /s]
10	78,5	2,5	90	0,0097	5,4	423,9
12	113	3	91	0,0095	5,87	663,31
14	153,86	3,5	92	0,0093	6,29	967,78
16	200,96	4	93	0,0091	6,68	1342,45

Źródło: opracowanie własne. Source – author.

W celu zobrazowania zagadnienia obliczenia zestawiono tabelarycznie dla kilku przekrojów (tab.1). Z uwagi na to, że przewiduje się remont koryta rzecznej, wynikiem którego przepustowość rzeki ma wynosić ok. $1400 \text{ m}^3/\text{s}$ – zatem wielkość pożądanego zrzutu uzupełniającego ma wynosić ok. $400 \text{ m}^3/\text{s}$ (łączna wymagana przepustowość cieków wodnych w czasie zagrożenia powodziowego szacowana jest na ok. $1800 \text{ m}^3/\text{s}$). Jak z powyższych obliczeń wynika średnica tunelu zrzutowego wyniosłaby ok. 10m.

Przebieg trasy tunelu można wyznaczyć najkrótszą z możliwych dróg (w stosunku do kanału obiegowego stanowiącej jego cięciwę). Sposób zabezpieczenia „syfonu”, przed ewentualnym wyplukiwaniem masy betonowej w trakcie szybkiego spływu wody powodziowej, można współcześnie oprzeć o metodę, polegającą na wykonaniu chemicznie utwardzalnej powłoki polipropylenowej. Zabezpieczenie przed niepożądanym penetrowaniem obiektu przez ludzi w postaci gęstych krat. Ochronę przed opadami atmosferycznymi można uzyskać poprzez dach w formie „kapelusza” uniesionego ponad krawędzią wydostającego się na powierzchnię lustra wody syfonu.

Koszt realizacji 1mb tunelu, określony szacunkowo, bowiem nie są znane na tym etapie szczegółowe warunki geotechniczne gruntu i związane z tym metody realizacji, wynosi od 13 tys.USD do 25 tys.USD³. Zatem, nie są to kwoty zaporowe, co więcej są porównywalne z szacowanym kosztem realizacji całości zadania kanału obiegowego.

Nowe rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe

Urobek powstały z budowy tunelu może służyć nie tylko jako materiał przydatny do podnoszenia wałów

³ Informację dotyczącą kosztów zasięgnięto na podstawie dotychczasowo realizowanych podobnych obiektów podziemnych w Azji Wschodniej, przy udziale polskich pracowników i specjalistów.

ochronnych rzeki czy też jeziora. Istnieje realna możliwość wytwarzania z niego chemoutwardzalnych bloczków nadających się do wykonania wewnętrznej okładziny tunelu. Zamiast stosowania tradycyjnej obudowy żelbetowej warto rozważyć zastosowanie metody chemoutwardzania również w przypadku zabezpieczenia tunelu przed zawaleniem. Zaletą proponowanego rozwiązania jest stabilizacja ziemi z użyciem 100% gruntu rodzimego, bez użycia cementu. Stosowane do tego celu preparaty chemiczne (w ilości ok. 3-4% wagowo) poprawiają właściwości fizykochemiczne gruntu, zwiększają jego wytrzymałość na ściskanie, a także wodoodporność. Wiązanie gruntu stosowane tą metodą następuje niezwykle szybko. Powyższe, nowe technologie mogą stać się przyczyną olbrzymich oszczędności finansowych. Metoda wytwarzania materiałów budowlanych metodą chemoutwardzania jest obecnie przedmiotem badań prowadzonych przy Instytucie Architektury PWSZ w Nysie.

Podsumowanie

Podziemny tunel zrzutowy nie generuje uciążliwości rozwojowych miasta Nysy, jak w przypadku kanału obiegowego. Jego eksploatacja występuje jedynie w okresie zagrożenia powodziowego (w okresach międzypowodziowych pozostaje suchy). Koszty konserwacji są nieporównywalnie niższe od kanału obiegowego. Dodać należy, że konstrukcja syfonowa tunelu w czasie zagrożenia powodziowego zabezpiecza miasto przed powstaniem tzw. „cofki”. Głęboko pod ziemią położony tunel nie ma wpływu na zabudowę miasta, walory krajobrazowe oraz zmiany w środowisku przyrodniczym.

Realizacja kanału podziemnego, sprzężona z modernizacją i zabezpieczeniem rzeki, może wyglądać bardzo interesująco z punktu widzenia wykorzystania urobku wydobywanego z tunelu, możliwego do wykorzystania przy pracach podnoszenia wałów ochronnych. Szacuje się, że w 95% procentach urobek będzie stanowił ił. Pozwoli to zaoszczędzić koszty związane z zakupem i transportem surowca przeznaczonego na podbudowę i podnoszenie wałów ochronnych. Współczesne możliwości technologiczne mogą skutecznie zastąpić drogie technologie żelbetowe na utwardzone chemicznie masy gruntów rodzimych – jako właściwe zabezpieczenie wykopanego tunelu.

W świetle powyższych rozważań przyjęcie rozwiązania alternatywnego dla kanału obiegowego jest słuszne ze względów ekonomicznych, planistycznych, przyrodniczych i społecznych. Poza kanałem obiegowym nie powstało ani jedno rozwiązanie alternatywne dla miasta Nysy. Tunel zrzutowy jest jednym z nich.

LITERATURA

- [1] Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania przestrzennego Gminy Nysa 2009.
- [2] Dziopak J.: Krakowski kanał ulgi nam nie ulży, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, Wrzesień – Październik 2010, 44-47, dostępny w: http://www.nbi.com.pl/assets/NBI-pdf/2010/5_32_2010/pdf/15_jozef_dziopak_kanal_ulgi.pdf [pobrano 07.05.2012].
- [3] American City & Country: Chicago digs deep to better manage stormwater, American City & Country, 1996-06-01, dostępny w: http://www.americancityandcounty.com/mag/government_chicago_digs_deep. [pobrano 07.05.2012].
- [4] Burton G.A., Pitt J.R.: Stormwater Effects Handbook: A Toolbox for Watershed Managers, Scientists, and Engineers, CRC/Lewis Publishers. New York 2001. dotzSMART (Stormwater Management And Road Tunnel), Kuala Lumpur, Malaysia, dostępny w: http://unix.eng.ua.edu/~rpitt/Publications/BooksandReports/Stormwater%20Effects%20Handbook%20by%20%20Burton%20and%20Pitt%20Book/MainEDFS_Book.html. [pobrano 07.05.2012].
- [5] Suligowski Z., Gudelis-Taraszkiewicz K.: Alternatywne rozwiązanie kanalizacji wód opadowych, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* nr 12/2003.
- [6] Suligowski Z., Gudelis-Taraszkiewicz K.: Infiltracja do gruntu – alternatywa dla tradycyjnej kanalizacji wód opadowych, *Przegląd Komunalny* nr 5/2003.
- [7] Suligowski Z., Gudelis-Taraszkiewicz K.: Propozycje w zakresie projektowania alternatywnej kanalizacji wód opadowych – część 2. *Wiadomości Izby Projektowania Budowlanego* nr 1/2005.
- [8] Schueler T., Hirschman D., Novotny M., Zielinski J.: Urban Subwatershed Restoration Manual No. 3: Urban Stormwater Retrofit Practices. Center for Watershed Protection, Washington, D.C. 2007.
- [9] Szuba B: Problem wody deszczowej w mieście, *Problemy Ekologii* nr 3 (69), maj 2008 wyd. Górnośląska Wyższa Szkoła Pedagogiczna im. Kardynała Augusta Hłonda w Mysłowicach.
- [10] Roadtraffic-technology.com.: SMART (Stormwater Management And Road Tunnel), Kuala Lumpur, Malaysia dostępny w: <http://www.roadtraffic-technology.com/projects/smart/smart8.html> [pobrano 2012.04.26].
- [11] Roadtraffic-technology.com.: SMART (Stormwater Management And Road Tunnel), Kuala Lumpur, Malaysia dostępny w: <http://www.roadtraffic-technology.com/projects/smart/smart3.html> [pobrano 2012.04.26].
- [12] Bednarczyk T.: Budownictwo wodnomelioracyjne syfony podstawy projektowania, skrypty dla szkół wyższych, Akademia Rolnicza im H. Kołłątaja w Krakowie, Kraków 1987: 9.