

Retencja na terenach zurbanizowanych

Aby tworzyć odporne i przyjazne dla środowiska miasta przyszłości, konieczne jest przyjęcie holistycznego podejścia w inżynierii wodnej, uwzględniającego aspekty ekologiczne i społeczne. W artykule przedstawiono współczesne metody retencji wody w miastach, podkreślając znaczenie zrównoważonego rozwoju oraz innowacyjnych technologii. Zwrócono uwagę na modelowanie matematyczne w projektowaniu systemów retencyjnych, wskazując na konieczność przechodzenia od metod uproszczonych do precyzyjnych modeli probabilistycznych, uwzględniających zróżnicowanie opadów w czasie i przestrzeni. Podkreślono także wagę korzystania z zaawansowanych narzędzi komputerowych i platform symulacyjnych.



Anna Sosnowska

Politechnika Warszawska,
Wydział Instalacji
Budowlanych, Hydrotechniki
i Inżynierii Środowiska



Paweł Falaciński

Politechnika Warszawska,
Wydział Instalacji
Budowlanych, Hydrotechniki
i Inżynierii Środowiska

Współczesne miasta stają przed coraz większymi wyzwaniami w kontekście rozwoju urbanizacji i zmian klimatu. Postęp cywilizacyjny oraz zmiana oczekiwań społecznych sprawiają, że ludzie chcą mieszkać blisko wody i zieleni, jednocześnie nie rezygnując z przywilejów nowoczesnego miasta. Z tych względów odwodnienie tere-

nów miejskich nie może w dalszym ciągu opierać się jedynie na zwiększaniu przepustowości kanalizacji deszczowej. Należy poprawiać elastyczność istniejących systemów i ich współpracę z rozwiązaniami zrównoważonymi, wchodzącymi w skład tzw. zielono-niebieskiej infrastruktury.

Nowoczesne systemy powinny spełniać funkcje obejmujące lokalną retencję wód

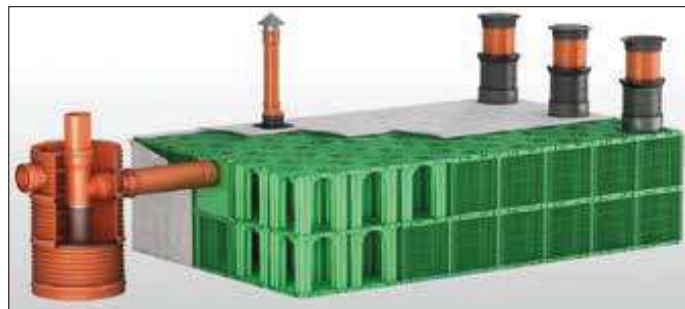
opadowych, czasowe jej magazynowanie połączone z infiltracją do gruntu, a także możliwościami wykorzystania wody deszczowej, np. do celów gospodarczych, zarówno w okresie suszy, jak i podczas nawalnych opadów.

NA CZYM POLEGA RETENCJA?

W odniesieniu do środowiska wodnego retencja oznacza tymczasowe zatrzymanie, zgromadzenie wody. Najczęściej z retencjonowaniem wody kojarzą się ogromne zbiorniki utworzone przez przegrodzenie doliny rzeki stopniem wodnym – zaporą. Tego rodzaju obiekty



Rys. 1. Przykład zbiornika retencyjnego szczelnego [4]



Rys. 2. Schemat zbiornika infiltracyjnego [5]

nie mają jednak zastosowania w zlewniach zurbanizowanych.

Zlewnię zurbanizowaną można zdefiniować jako obszar, na którym teren został w istotny sposób poddany działalności antropogenicznej, na skutek czego pojawiły się zmiany w charakterze tej zlewni [1]. Inna definicja, bardziej ogólna, mówi o tym, że w zlewni zurbanizowanej istotny jest udział powierzchni nieprzepuszczalnych. W tym kontekście można wywnioskować, że retencja miejska rządzi się nieco innymi regułami niż klasyczna.

Istota procesów pozostaje niezmienna, jednak specyfika obszaru miejskiego, w sensie zagospodarowania terenu, wymaga nieco innego podejścia. Wszystkie działania dotyczące stworzenia systemu przejmowania i zagospodarowania wód opadowych wraz z niezbędną infrastrukturą na terenach zurbanizowanych określa się mianem hydrotechniki miejskiej.

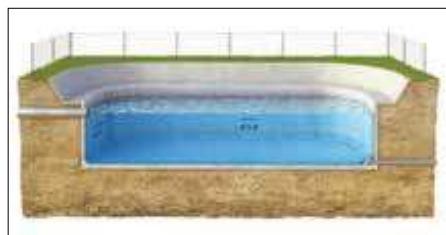
Podstawowym, matematycznym ujęciem procesów zachodzących w zlewni w kontekście obiegu wody jest **równanie chwilowego bilansu wodnego**. Całkowita ilość wody, która znajdzie się w zlewni na skutek jakiegoś epizodu opadowego, podlega wielu zjawiskom. Część wody zostaje zużyta na intercepcję (zatrzymywanie wody na powierzchni roślin), część na ewapotranspirację (odparowanie wody do atmosfery), inna część na infiltrację (wnikanie wody w grunt), kolejna na retencję, a pozostała odpływa ze zlewni. To właśnie retencja jest etapem, który można najłatwiej modyfikować w celu ograniczenia odpływu

ze zlewni. Jest to o tyle istotne, że wspomaga łagodzenie niekorzystnych zmian klimatu obserwowanych w ostatnich latach.

Retencja wody na obszarach zurbanizowanych może się odbywać za pośrednictwem obiektów podziemnych i powierzchniowych. W grupie obiektów technicznych podziemnych wymienia się zbiorniki podziemne szczelne

(rys. 1) lub infiltracyjne (rys. 2). Różnią się one od siebie materiałem, z którego zostały wykonane, oraz wyposażeniem w dodatkowe elementy. Zbiorniki retencyjne szczelne dzieli się z kolei na przepływowe (najczęściej jednokomorowe) oraz przelewowe (wielokomorowe, nowej generacji) [3].

Dużo większe jest zróżnicowanie obiektów powierzchniowych. Podstawowym obiektem służącym do retencjonowania wody jest oczywiście zbiornik, lecz mnogość rozwiązań jest dużo większa niż w przypadku obiektów podziemnych. Oprócz zbiorników szczelnych (rys. 3) oraz infiltracyjnych (fot. 1) wyróżnia się także zbiorniki odprowadzające [6]. Dodatkowo do obiektów powierzchniowych służących do retencjonowania wody można zaliczyć ogrody deszczowe,



Rys. 3. Zbiornik retencyjny betonowy [4]



Fot. 1. Przykład zbiornika otwartego retencyjno-infiltracyjnego [7]



Fot. 2. Dach zielony na wiacie przystankowej w Warszawie [8]

oczka wodne, dachy zielone (fot. 2) i inne rozwiązania z grupy zielono-niebieskiej infrastruktury, które w ostatnim czasie zdobywają coraz większą popularność. Rozwiąza-

nia powierzchniowe, oprócz podstawowej roli związanej z retencjonowaniem wody, mogą także pełnić funkcję krajobrazową czy rekreacyjną.



Rys. 4. Schemat obniżenia krawężnika [15]



Rys. 5. Schemat niecki chłonnej [15]



Fot. 3. Ogród deszczowy na terenie Politechniki Gdańskiej [16]

EWOLUCJA POSTAW W PROJEKTOWANIU

Chociaż gromadzenie wód opadowych wraz z ich późniejszym wykorzystaniem ma swoje początki już w prehistorii [9], to główny nurt w projektowaniu infrastruktury miejskiej przez długie lata był inny niż obecnie. Początkowo, gdy intensywnie przebiegała rozbudowa miast i infrastruktury im towarzyszącej, wody opadowe traktowano na równi ze ściekami komunalnymi. W związku z tym celem inżynierów miejskich było jak najszybsze ujęcie i odprowadzenie wód opadowych poza obszar miasta, z wykorzystaniem rurociągów kanalizacyjnych.

Istotna zmiana nastąpiła na początku XXI w., gdy w Ramowej Dyrektywie Wodnej zdefiniowano wodę jako zasób o skończonej dostępności, który należy chronić i traktować w sposób szczególny. Od tego momentu w krajach zachodnich zaczęły się pojawiać dokumenty planistyczne zawierające zalecenia i zbiory dobrych praktyk dotyczących korzystania z wody ogólnie, a także zrównoważonego zagospodarowania wód opadowych.

Wraz z rozwojem nowego spojrzenia na wodę, zwłaszcza tę w miastach, zaczęto rozwijać takie koncepcje jak rozwiązania przyjazne naturze oraz błękitno-zielona infrastruktura, które nadal są głównym trendem w projektowaniu infrastruktury miejskiej. Nowoczesna postawa w projektowaniu polega na stosowaniu takich rozwiązań, które prowadzą do osiągnięcia celów inżynierskich, ale równocześnie pozwalają uwzględnić aspekty przyrodnicze i społeczne. Do tej pory już w kilku polskich miastach (Bydgosz- czy [10], Wrocławiu [11], Gdańsku [12] i Łodzi [13]) wprowadzono w życie zalecenia lub dokumenty zawierające katalogi czy standardy rozwiązań technicznych z zakresu zielono-niebieskiej infrastruktury. Publikowane są także poradniki dla miast, których autorami są fundacje o charakterze ekologicznym [14, 15].

Wprowadzanie w przestrzeń miejską odpowiednio zaprojektowanych elementów

zielonych czy błękitno-zielonych gwarantuje nie tylko złagodzenie skutków intensywnych powodzi czy suszy, ale także pozytywnie wpływa na lokalny mikroklimat. Pomaga łagodzić efekt miejskich wysp ciepła, poprawia walory estetyczne krajobrazu oraz wpływa na lepsze samopoczucie mieszkańców.

Do grupy błękitno-zielonych rozwiązań pozwalających zwiększyć retencję w miastach można zaliczyć wiele różnorodnych działań, poczynając od tak niepozornych jak obniżanie krawężników przy chodnikach i ulicach (rys. 4), przez stosowanie rowów i niecek chłonnych w rejonach ulic czy torowisk (rys. 5), kończąc na całych systemach zbiorników i ogrodów deszczowych (fot. 3).

NOWOCZESNE METODY OBLICZENIOWE

Podobnie jak zmienia się zakres działania inżynierskiego w odniesieniu do retencji miejskiej, tak samo zmienia się metodyka projektowania elementów re-

tencjonujących wodę. Dotychczas popularne było korzystanie z jednej, uniwersalnej dla całego obszaru kraju formuły do określenia maksymalnego natężenia przepływu wywołanego opadem – wzoru Błaszczyka z roku 1954. Metoda ta była prosta i nie wymagała dużego nakładu pracy, jednak – jak wykazali liczni naukowcy, m.in. w [17] – wykorzystanie modelu Błaszczyka do obliczenia natężenia deszczy miarodajnych powoduje

Obecnie najdokładniejszym sposobem określania opadów maksymalnych jest korzystanie z bazujących na wieloletnich danych pomiarowych modeli probabilistycznych, takich jak projekt PMASTP [18] czy Polski Atlas Natężeń Deszczów (PANDa) [19].

Projektowanie zbiorników retencyjnych w nowoczesnym ujęciu powinno się opierać na wykorzystaniu narzędzi komputerowych, które pozwalają

W zlewni zurbanizowanej istotny jest udział powierzchni nieprzepuszczalnych.

znaczące zaniżenie tych wartości w porównaniu z innymi modelami opracowanymi w latach późniejszych, zarówno lokalnymi, jak i regionalnymi. To z kolei może powodować niedoszacowanie wymiarów elementów kanalizacji deszczowej, w tym zbiorników retencyjnych.

na przeprowadzanie symulacji obejmujących cały wachlarz warunków obliczeniowych. Zwłaszcza w przestrzeni intensywnie zurbanizowanej, gdzie infrastruktura podziemna jest mocno rozbudowana, ważne jest, aby realizować inwestycje, które opierają się na rzetelnie





PODSUMOWANIE

W obliczu wyzwań, jakie stoją przed inżynierami w kontekście rozwoju współczesnych miast, istotne jest dążenie do intensyfikacji działań promujących gospodarkę cyrkularną. Ważne jest, aby problematyka bezpiecznego zagospodarowania wód opadowych w przestrzeni miejskiej była postrzegana w sposób nowoczesny przez całe społeczeństwo, a przede wszystkim przez osoby zaangażowane w podejmowanie decyzji administracyjnych.

Jednym z istotnych wyzwań nowoczesnej hydrotechniki miejskiej jest to, aby na bazie licznych, istniejących już katalogów dobrych praktyk stworzyć ogólnokrajowe wytyczne, które mogłyby

przeprowadzonych, wielowariantowych modelach hydrodynamicznych, uwzględniających zmienność warunków w czasie.

Może się wydawać, że takie podejście będzie generowało większy nakład pracy. Jednak w obecnych czasach inżynierowie mają dostęp (zarówno darmowy, jak i odpłatny) do wielu programów czy platform internetowych wspomagających wielowariantowe analizy oraz projektowanie poszczególnych elementów infrastruktury wodnej (np. SCALGO Life Poland albo WaterFolder). Równocześnie nie oznacza to, że korzystanie z nich jest obowiązkowe.

Przykład obliczeń dotyczących projektowania zbiornika w terenie zurbanizowanym, które uwzględniały wielowariantowe podejście oraz cały zestaw danych opadowych, a jednocześnie bazowały na obliczeniach wykonanych w arkuszu kalkulacyjnym, został przedstawiony w artykule [20].

być implementowane w całym kraju. Kluczowa jest również zmiana w postrzeganiu zasobów wodnych, którymi dysponujemy. Nie będzie to możliwe bez uświadomienia wszystkich interesariuszy o konieczności jej wprowadzenia. Istotny jest aspekt edukacyjny, który powinien być realizowany począwszy od szkoły podstawowej i w konsekwencji szczegółowo rozwijany na uczelniach wyższych. ■

Literatura

1. K. Weinerowska-Bords, *Wpływ uproszczeń na obliczanie spływu deszczowego w zlewni zurbanizowanej*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2010.
2. K. Banasik, *Wyznaczanie wzebrzeń powodziowych w małych zlewniach zurbanizowanych*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2009.

3. A. Kotowski, *Podstawy bezpiecznego wymiarowania odwodnień terenów*, t. II: *Obiekty specjalne*, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa 2015.
4. Materiały firmy Ecol-Unicon, <https://ecol-unicon.com/zbiorniki-betonowe/zbiorniki-retencyjne-hydrozone-benefit/> (dostęp: 5.03.2025).
5. Materiały firmy Pipelife, <https://www.pipelife.pl/Infrastruktura/woda-deszczowa/stormbox-II.html> (dostęp: 5.03.2025).
6. J. Królikowska, A. Królikowski, *Wody opadowe. Odprowadzanie, zagospodarowanie, podczyszczanie i wykorzystanie*, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa 2019.
7. Materiały firmy Inmel, <https://inmel.pl/budowa-drogi-ekspresowej-s5-obwodnica-skwierzyn/> (dostęp: 5.03.2025).
8. <https://warszawa.naszemiasto.pl/wiecej-zielonych-przystankow-w-warszawie-zamiast-zwyklego/ar/c1-8426737> (dostęp: 10.03.2025).
9. S. Yannopoulos, I. Giannopoulou, M. Kaifa-Saropoulou, *Investigation of the Current Situation and Prospects for the Development of Rainwater Harvesting as a Tool to Confront Water Scarcity Worldwide*, „Water”, t. 11 (10), 2019.
10. *Katalog zielono-niebieskiej infrastruktury*, MWiK w Bydgoszczy i Arup, 2017.
11. Miasto Wrocław, <https://www.wroclaw.pl/zielony-wroclaw/katalog-dobrych-praktyk-zlap-deszcz> (dostęp: 5.03.2025).
12. Materiały firmy Gdańskie Wody, <https://www.gdmel.pl/dla-inwestorow/wytyczne-dla-projektantow> (dostęp: 5.03.2025).
13. I. Wagner, M. Zalewski, *Ecology as a basis for the sustainable city strategic planning: Focus on Lodz, Poland*, „Reviews in Environmental Science and Bio/Technology” nr 8 (3), 2009, s. 209–217.
14. Ecologic Institute, Fundacja Sendzimira, *Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu w miastach. Katalog techniczny*, 2019.
15. Fundacja Sendzimira, *Zrównoważony rozwój. Zastosowania. Woda w mieście*, 2014.
16. Politechnika Gdańska, <https://pg.edu.pl/aktualnosci/2023-10/ogrod-deszczowy-20-w-gdansk-powstal-na-pg> (dostęp: 5.03.2025).
17. A. Kotowski, *Podstawy bezpiecznego wymiarowania odwodnień terenów*, t. 1: *Sieci kanalizacyjne*, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa 2015.
18. B. Ozga-Zieliński, *Modele probabilistyczne opadów maksymalnych o określonym czasie trwania i prawdopodobieństwie przewyższenia – Projekt PMAXTP*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2022.
19. P. Licznar, J. Zaleski, *Metodyka opracowania Polskiego Atlasu Natężeń Deszczów (PANDa)*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2020.
20. P. Falański, A. Sosnowska, *Zagospodarowanie wód opadowych na terenie centrum logistycznego z zastosowaniem nowoczesnych metod obliczeniowych*, „Gospodarka Wodna” nr 9/2023.