

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 59, 2013: 27–35
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 59, 2013)
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 59, 2013: 27–35
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 59, 2013)

Adam BOGACZ, Przemysław WOŹNICZKA

Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Institute of Soil Science and Environmental Protection, Wrocław University
of Environmental and Life Sciences

Ewa BURSZTA-ADAMIAK, Karolina KOLASIŃSKA

Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Institute of Environmental Engineering, Wrocław University of Environmental and Life
Sciences

Metody zwiększania retencji wodnej na terenach zurbanizowanych Methods of enhancing water retention in urban areas

Słowa kluczowe: retencja wodna, wody opadowe, bioretencja, dach zielony, substrat

Key words: water retention, stormwater, bioretention, green roof, growing media

Wprowadzenie

Postępujący rozwój i urbanizacja terenów dotychczas niezabudowanych wpływają na kształtowanie odpływu ze zlewni. Uszczelnianie kolejnych terenów powoduje wzrost ilości odprowadzanych wód do odbiorników, gdyż zmniejsza się retencja wodna zlewni. W tych warunkach wody opadowe w większości nie zasilają wód podziemnych, nie są też miejscowo zagospodarowywane ani odpowiednio wykorzystywane przez rośliny. W ten sposób dochodzi do marno-

wania cennych zasobów wodnych. Aby temu przeciwdziałać na terenach zurbanizowanych, gdzie woda deszczowa wymaga odprowadzania, coraz częściej jako uzupełnienie rozwiązań tradycyjnych proponowane są nowe, bardziej ekologiczne rozwiązania, zwane zrównoważonymi systemami drenażu. Jednym ze sposobów takiego gospodarowania wodami opadowymi jest zastosowanie systemów bioretencji, czyli powierzchni chłonnych i retencyjnych z zastosowaniem roślinności. Należą do nich m.in. ogrody deszczowe oraz pasaże roślinne, których zastosowanie przyczynia się do poprawy lokalnych warunków hydrologicznych, a przy odpowiednim utrzymaniu – także do podniesienia estetycznych walorów otoczenia, poprawy jakości

wód oraz ekokompensacji przyrodniczej na terenach zabudowywanych. Do tego typu systemów zaliczane są dachy porośnięte roślinnością, czyli tzw. dachy zielone. O ich możliwościach retencyjnych decydują: warstwa drenażowa oraz substraty stanowiące podłoże dla roślin.

W artykule przedstawiono charakterystyki wybranych systemów bioretencji oraz wyniki wstępnych badań dotyczących oceny możliwości zaspokojenia potrzeb wodnych roślin i panujących stosunków wodno-powietrznych w substratach stosowanych na dachach zielonych. Wyniki analiz własnych zostały odniesione do wymagań projektowych uwzględnianych w wytycznej FLL oraz danych podawanych przez producenta substratów.

Przykłady systemów bioretencji

Systemy bioretencyjne to inaczej powierzchnie chłonne i retencyjne wykonane w formie obniżenia terenu z zastosowaniem drenażu podziemnego, porośnięte roślinnością. Na powierzchniach bioretencyjnych wody opadowe są zagospodarowywane w procesie infiltracji, gdzie część wody trafia wprost do gruntu bezpośrednio w czasie opadu lub po czasowej retencji, a część wykorzystywana jest przez rośliny tak, aby w efekcie końcowym trafić do atmosfery w procesie transpiracji. Bioretencja to coraz powszechniejszy sposób urządzenia terenów przyulicznych i ogrodów przydomowych (Suligowski 2008, Suligowski i Gudelis-Taraszkiewicz 2003) Zalicza się do niej m.in.: muldy chłonne, zbiorniki infiltracyjne, ogrody deszczowe,

powierzchnie bioretencyjne, pasáže roślinne oraz dachy zielone.

Muldy chłonne to powierzchniowe urządzenia o przekroju poprzecznym w kształcie półkola. Posiadają niewielki spadek dwustronny do środka, a w dnie znajduje się najczęściej drenaż wykonany z rury drenarskiej, obsypanej żwirem. Mogą być wykonane jako powierzchnie trawiaste lub z umocnionym dnem narzutem lub inną powierzchnią ażurową.

Zbiorniki infiltracyjne to powierzchniowe urządzenia w postaci ukształtowanych otwartych zbiorników ziemnych, pod których powierzchnią znajduje się warstwa gruntu, najczęściej torfu, obsianego mieszanką traw. Ten typ urządzeń jest stosowany w przypadku powierzchni odwadnianych większych niż dla muld chłonnych i rowów (Słyś 2008). Głównym zadaniem zbiorników jest wyrównywanie i redukcja natężenia dopływu wód opadowych. Skuteczność oczyszczania jest stosunkowo duża dzięki obsadzeniu dna i brzegów roślinnością (Gudelis-Taraszkiewicz 2008).

Ogrody deszczowe mają formę zagłębień terenowych o niewielkiej głębokości, obsadzonych zazwyczaj rodzimymi gatunkami roślin (Burszta-Adamiak 2011). Bezpośrednio pod dnem znajduje się warstwa przepuszczalnego gruntu lub żwiru. Na powierzchni ogrodu deszczowego zaleca się położenie warstwy ściółki (mulczu). Pozwala ona na zachowanie ciepła, wilgotności i przewiewności gleby, a także działa jako warstwa kumulująca dla zanieczyszczeń. Ogrody deszczowe są wykorzystywane głównie do zagospodarowania wód opadowych pochodzących z powierzchni o wielkości do 1 ha lub mniejszych. Z tych względów nadają się jako rozwiązania do przyjęcia

splywów z dachów i podjazdów na prywatnych posesjach oraz z parkingów, podjazdów i ciągów pieszo-jezdných.

Pasaże roślinne to tereny z ukształtowanym dnem, na których gęsto posadzone jest roślinność wodolubna. Oczyszczają one wodę dzięki zastosowanej roślinności oraz procesom zachodzącym w ożywionej warstwie gruntu. Pasaże roślinne zajmują niewielką powierzchnię, posiadają uszczelnione dno (Geiger i Dreiseitl 1999).

Dachy zielone to układy wielowarstwowe. Przy tradycyjnym wykonaniu na dachu budynku na warstwie konstrukcyjnej (nośnej) kładzie się warstwę hydroizolacji, zapewniającą wodoodporność oraz odporność na pleśnie i grzyby, a następnie termoizolację, warstwę ochronną oraz warstwę drenażową. Na samej górze w układzie warstw dachów zielonych położona jest warstwa wegetacyjna (substrat + rośliny). Dachy zielone mogą być intensywne i ekstensywne. Systemy zazielenienia intensywnego, z trawnikami, obszarami dla roślin, ścieżek i powierzchni przeznaczonych do wypoczynku, są formowane i użytkowane w podobny sposób jak ogrody. Dachy ekstensywne natomiast porastają mało wymagającymi roślinami, przeważnie niskopiennymi, nie umieszcza się na nich elementów małej architektury typu ławki, oczka wodne itp., a użytkowanie związane jest głównie z potrzebą dokonania przeglądu lub konserwacji. Różnica w przeznaczeniu dachów zielonych intensywnych i ekstensywnych ma także odzwierciedlenie w grubości stosowanych substratów. W przypadku dachów intensywnych warstwa substratu może dochodzić nawet do 2,0 m, a na dachu ekstensywnym jest to najczęściej war-

stwa o miąższości 0,10–0,20 m. Wady i zalety wybranych systemów bioretencji wraz ze wskazaniem możliwych miejsc ich zastosowania przedstawiono w tabeli 1.

Właściwości substratów

Właściwości dobieranych substratów w obu formach zazielenienia dachów (intensywne i ekstensywne) powinny zapewnić zarówno optymalne warunki dla rozwoju roślin (dostarczenie przyswajalnych składników pokarmowych oraz powietrza i wody), jak i bezpieczny odpływ wody do warstwy drenażu w przypadku jej nadmiaru (np. w czasie długotrwałych lub intensywnych opadów). W celu zachowania tych właściwości substraty dachowe wykonuje się z minerałów niasiękliwych, takich jak: lawa wulkaniczna, perlit, pumeks, wermikulit, zeolit i chalcedon, z materiałów otrzymywanych sztucznie, jak keramzyt czy popiołoryty, lub z materiałów otrzymywanych z recyklingu, tj. z czerwonej cegły kruszonej i żużlu. Surowce te zapewniają dużą porowatość, odgrywają ważną rolę w zwiększaniu wodoprzepuszczalności substratu oraz decydują o ciężarze objętościowym podłoża wegetacyjnego. Oprócz składników mineralnych substraty dachowe zawierają substancje organiczne w postaci torfu czy kompostu (Köhler i Poll 2010, Kunka 2011).

Wszystkie materiały i mieszanki użyte w podłożu dachowym powinny spełniać wytyczne określone przez Niemieckie Towarzystwo Naukowo-Badawcze Krajobrazu i Rolnictwa FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.), które są zbiorem zaleceń stanowiących punkt

TABELA 1. Wady i zalety oraz miejsca stosowania wybranych systemów bioretencji
 TABLE 1. The advantages and disadvantages and the areas of usage of the chosen bioretention systems

Nazwa systemu System name	Zalety Advantages	Wady Disadvantages	Miejsce zastosowania Place of implementation
Zbiorniki infiltracyjne Infiltration tanks	dobra możliwość konserwacji urządzenia dobre warunki gromadzenia wód opadowych łatwość wkomponowania w krajobraz	możliwość samouszczelnienia dna przy niewłaściwej konserwacji urządzenia	pobocza dróg parkingi ulice
Ogrody deszczowe Rain gardens	wysokie walory estetyczne prosta konstrukcja łatwość wykonania	możliwość samouszczelnienia dna przy niewłaściwej konserwacji urządzenia	prywatne posesje parkingi ulice
Powierzchnie bioretencyjne Bioretention area	duża zdolność oczyszczania spływów opadowych	potrzeba kontroli i ciągłego monitoringu stanu zanieczyszczenia	tereny o większej powierzchni pobocza dróg
Pasaże roślinne Plant area	duża zdolność do oczyszczania wód deszczowych, szczególnie latem	mała powierzchnia, dlatego istnieje potrzeba stosowania urządzeń magazynujących wodę przed jej oczyszczeniem mała pojemność retencyjna	pobocza dróg
Dachy zielone Green roofs	wysoka skuteczność retencyjna stanowią powierzchnię biologicznie czynną poprawiają mikroklimat tłumią hałas podwyższają odporność ogniową budynku, na którym jest wykonany dach zielony ochrona dachu przed bezpośrednim działaniem promieni UV	ciężar wszystkich warstw dachu może dochodzić nawet do $500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ możliwość skraplania pary wodnej na zewnątrz możliwość przebicia izolacji przez korzenie roślin kosztowne nakłady na konserwację w przypadku dachów intensywnych wysoka cena zakładania dachów zielonych	dachy domów jednorodzinnych, wielorodzinnych, użyteczności publicznej, centrów handlowych tarasy dziedzińce

Źródło: Na podstawie: Geiger i Dreiseitl 1999, Cler 2004, Marzejon 2009.
 Source: Based on Geiger and Dreiseitl 1999, Cler 2004, Marzejon 2009.

odniesienia dla projektantów, wykonawców oraz osób zajmujących się pielęgnacją dachów zielonych nie tylko na terenie Niemiec, ale także w większości krajów Europy i świata. Zgodnie z wytycznymi FLL maksymalna pojemność

wodna powinna utrzymywać się w granicach 35–65% w prawidłowo wykonanym substracie stosowanym na dachy ekstensywne oraz 45–65% w substracie stosowanym na dachach intensywnych. Pojemność powietrzna mierzona przy

tym potencjale powinna osiągać wartości powyżej 10% (przy pF 1,8 zarówno dla dachu ekstensywnego, jak i intensywnego nie powinna być mniejsza niż 20). W praktyce właściwości fizyczne substratów ulegają ciągłej zmianie wraz z upływem okresu ich eksploatacji (Carter i Keeler 2008, Nagase i Dunnett 2011). Z czasem podłoże zmniejsza swoją objętość (np. poprzez mineralizację substancji organicznej), a przez to traci pojemność wodną, porowatość, co przekłada się na pogorszenie warunków wzrostu dla roślin.

Metodyka badań

Próbki substratów pobierano z trzech stanowisk badawczych stanowiących modele dachów zielonych typu ekstensywnego (roślinność + substrat + pozostałe warstwy konstrukcyjne) o wymiarach wewnętrznych 2,20/1,00/0,21 m (długość/szerokość/wysokość), nachylonych pod kątem 4°. Stanowiska były zlokalizowane na dachu budynku Centrum Naukowo-Dydaktycznego (CND) Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. W konstrukcjach dachów zielonych zastosowano trzy typy substratów (tab. 2). Wszystkie substraty są powszechnie stosowane w praktyce budowlanej zarówno w terenach zurbanizowanych, jak i zurbanizowanych. Miąższość zastosowanych substratów była jednakowa i wynosiła 10 cm.

Zdolności retencyjne substratów oznaczono przy użyciu bloków piaskowych i kaolinowo piaskowych firmy Eijkelkamp w zakresie pF 0–2,7 oraz komór Richarda w zakresie pF 3,2–4,2. Substraty do badań właściwości wodnych pobrano w stanie naturalnym

w trzech powtórzeniach do cylindrów Kopecky'ego o pojemności 100 cm³. Kapilarna pojemność wodna (KPW) jest to taki stan uwilgotnienia gleby, który osiąga ona po podsiąku kapilarnym (KPW = pF 0). Wartość ta jest niekiedy zbliżona do wilgotności odpowiadającej porowatości ogólnej. Wilgotność gleby przy pF 4,7 wyznaczano dla maksymalnej higroskopowej pojemności wodnej metodą Nikolajewa. Efektywną retencję użyteczną (ERU) wyliczono na podstawie wilgotności dla pF 1,8–3,7, a potencjalną retencję użyteczną (PRU) – dla wartości pF 1,8–4,2, według wytycznych FLL. Zawartość węgla ogólnego oznaczono w aparacie CS-MAT poprzez analizę gazów. Zawartość substancji organicznej wyliczono, stosując przelicznik 1,724.

Wyniki badań

Właściwości wodne substratów określone poprzez krzywą sorpcji wody (krzywa pF) pozwalają określić zdolności retencyjne, w tym ilość i jakość wody zarówno dostępnej, jak i niedostępnej dla roślin. Właściwości te są zależne głównie od składu granulometrycznego gleb, zawartości substancji organicznej, składu ilościowego i jakościowego minerałów ilastych, porowatości oraz innych czynników (Kowalik 1972).

W badanych substratach połowa pojemności wodna, czyli ilość wody pozostająca po odcieku grawitacyjnym, wynosiła od 22,4% dla próbek B do 37,4% dla próbki A objętości substratu. Zawartość wody kapilarnej, która występuje w porach glebowych i w zdecydowanej większości jest dostępna dla roślin w badanych substratach, kształtowała się następująco: najwięcej wody kapilarnej

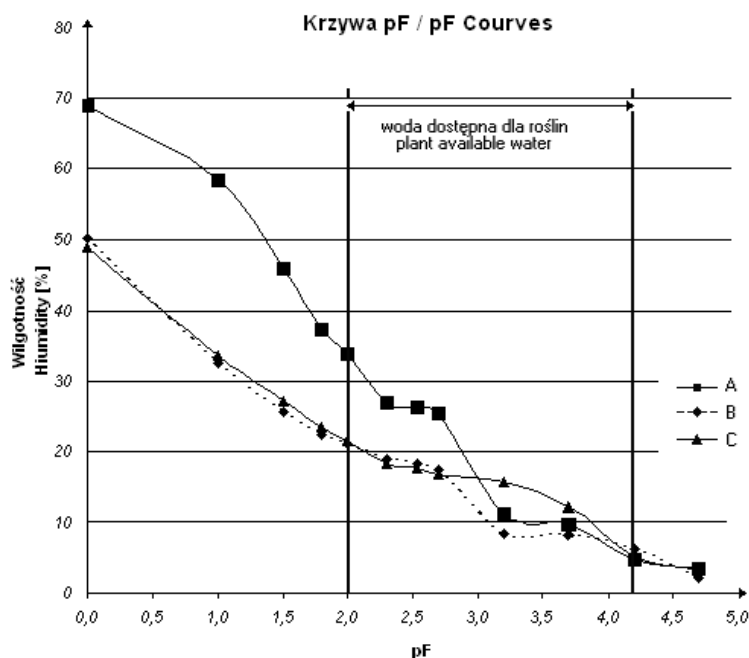
TABELA 2. Właściwości substratów (według danych producenta) oraz roślinność na dachach
 TABLE 2. Growing media characteristics (according to producer's data) and vegetation on green roofs

Parametry Parameters	Substrat A Substrate A	Substrat B Substrate B	Substrat C Substrate C
Porowatość ogólna Total porosity	> 60–70% obj.	> 60–70% obj.	–
Maksymalna pojemność wodna Maximum water capacity	≥ 20% obj.	≥ 35% obj.	16,4% obj.
Zawartość substancji organicznych Organic mater content	1–3% masy	3–8% masy	4% masy
Skład substratu Composition of substrate	ława, pumeks, keramzyt, żużel, cegła kruszona, nawóz, kompost	ława, pumeks, nawóz, sadzonki roślin trawnikowych	kruszone łupki porowate o frakcji 2–10 mm
Charakterystyka produktu Product specification	podłoże drenazowo-wegetacyjne na dachy zielone ekstensywne do zastosowania w układzie jednowarstwowym na dachach płaskich (o nachyleniu 0–5°)	podłoże wegetacyjne na dachy zielone ekstensywne do zastosowania w układzie wielowarstwowym na dachach płaskich (o nachyleniu 0–5°) oraz w układzie jednowarstwowym na dachach skośnych (o nachyleniu powyżej 5°)	materiał drenazowy na dachy ekstensywne i intensywne
Roślinność porastająca dach zielony Plant of green roofs	rojnik odm. Othello	rozchodnik ostry odm. Golden Queen, kostrzewa Niedźwiedzie futro	rozchodnik ostry odm. Golden Queen

stwierdzono w substracie A, gdzie ilość ta wynosiła 68,9% objętości substratu, a najmniej – w substratach B i C, odpowiednio 50,4 i 49,1% objętości substratu (rys. 1).

Istotnym parametrem z punktu widzenia zaopatrzenia roślin w wodę jest potencjalna retencja użyteczna (PRU), czyli całkowita ilość wody dostępnej dla roślin, oraz efektywna retencja użyteczna (ERU), czyli ilość wody, która może zostać wykorzystana przez rośliny w procesach biologicznych. Wartość wskaźnika PRU w badanych próbkach kształtowała się w szerokim przedziale liczbowym się-

gającym od 16,1% dla próbki B do ponad dwukrotnie większej wartości, wynoszącej 32,6%, dla próbki A. Analiza wskaźnika ERU również wskazuje na największą zawartość wody produktywnej dla próbki A – 27,6%. Kolejne substraty rozpatrywane pod względem wartości wskaźnika ERU to B i C – osiągnęły odpowiednio 14,1 i 11,4% całkowitej objętości gleby. Analiza zawartości wody dostępnej dla roślin wykazała, iż najlepszy pod tym względem okazał się substrat A, w którym stwierdzono 85% wody produktywnej dla roślin w stosunku do całości wody dostępnej (PRU). Nieznacznie większą wartość ob-



RYSUNEK 1. Właściwości wodne podłoży dachowych – krzywe pF
 FIGURE 1. Water characteristics of roof growing media – pF curves

serwowano dla substratu B – 88%, natomiast znacząco gorsze wyniki stwierdzono dla substratu C – 62% (tab. 3).

Biorąc pod uwagę wszystkie opisane powyżej parametry określające właściwości wodne próbek substratów, należy stwierdzić, że najlepsze właściwości posiada próbka A, która charakteryzuje się znacząco większą wartością wody dostępnej dla roślin w porównaniu z pozostałymi badanymi próbkami. W próbce tej aż 85% to woda, którą rośliny mogą pobrać w procesach budowy biomasy. Ponadto próbka A charakteryzuje się największą ilością makroporów (> 30 μm) i związaną z nią przepuszczalnością wodną w stosunku do pozostałych badanych próbek. Kolejnymi próbkami uszeregowanymi pod względem właściwości wodnych są próbki C i B.

Zestawiając wyniki wilgotności substratów przy określonych wartościach pF badanych próbek z wytycznymi FLL, stwierdzono, iż maksymalna pojemność wodna (pF = 0) utrzymuje się w wyznaczonych granicach dla prawidłowo wykonanych substratów na dachy zielone. Napowietrzenie substratów jest prawidłowe, gdyż wartości wilgotności przy pF 1,8 przekraczają granicę ustaloną na poziomie 20% objętości substratów. Różne właściwości wodne substratów są zależne m.in. od zawartości próchnicy glebowej. Wartość maksymalnej pojemności wodnej podawana przez producenta odbiega znacznie od wartości uzyskanej po zastosowaniu substratu do doświadczenia. Zróżnicowanie to związane jest najprawdopodobniej ze zmianą natury fizycznej substratu w wy-

TABELA 3. Zawartość wody w podłożach dachowym przy określonej jednostce pF
 TABLE 3. Water contents in growing media according to specified unit pF

Próbka Sample	Zawartość wody przy pF [%v/v] Water content at specific pF Value													
	0	1,0	1,5	1,8	2,0	2,3	2,54	2,7	3,2	3,7	4,2	4,7	ERU	PRU
A	68,9	58,4	45,9	37,4	33,8	27,0	26,2	25,5	11,1	9,8	4,8	3,5	27,6	32,6
B	50,4	32,5	25,6	22,4	21,1	18,8	18,1	17,3	8,4	8,3	6,3	2,2	14,1	16,1
C	49,1	33,5	27,0	23,5	21,4	18,1	17,6	16,6	15,6	12,1	5,2	3,1	11,4	18,3

Objaśnienia/Explanations:

ERU – efektywna retencja użyteczna / Effective water retention (pF 1,8–3,7).

PRU – potencjalna retencja użyteczna / Potential water retention (pF 1,8–4,2).

niku jego interakcji, m.in. z warunkami atmosferycznymi.

Zawartość substancji organicznej w badanych substratach była zbliżona, z wyjątkiem próbki C, w której wynosiła ona 245 g·kg⁻¹ i była klasyfikowana już jako utwór organiczny. Pozostałe próbki zaklasyfikowano do wysoko próchnicznych (tab. 3). Sytuacja ta mogła być związana z tworzeniem się – zwłaszcza po kilku latach – poziomów darniowych, silnie poprzerastanych korzeniami roślinności trawiastej. Taką możliwość zaobserwowali w swojej pracy Köhler i Poll (2010). Duża zawartość materii organicznej nie powodowała jednak poprawy retencyjności gleb i dostępności wody dla roślin.

Wnioski

Przeprowadzone badania i analizy pozwoliły na wyciągnięcie następujących wniosków końcowych:

1. Systemy bioretencyjne są jednym z rodzajów rozwiązań drenażu zrównoważonego, pozwalające na zmniejszenie i spowolnienie spływów powierzchni-

wych. Ich dodatkowe zalety, tj. możliwość podczyszczania spływów, aspekty krajobrazowe i estetyczne, czynią te systemy cennym uzupełnieniem przestrzeni zabudowywanych.

2. Podłoża przeznaczone na dachy zielone muszą spełniać wysokie wymagania dotyczące m.in. właściwości fizycznych. Od dobrych substratów dachowych wymaga się zapewnienia wystarczającej ilości składników pokarmowych dla roślin przy jednoczesnym zapewnieniu maksymalnej zdolności zatrzymywania wody opadowej.

3. Duża zawartość materii organicznej w badanych substratach (powyżej 20%) nie powodowała poprawy zdolności retencyjnych i dostępności wody dla roślin.

4. Badane substraty spełniają wytyczne zgodnie z FLL pod względem zdolności retencyjnych materiałów przeznaczonych na dachy zielone.

5. Celowe wydaje się kontynuowanie badań, na podstawie których możliwe będzie sformułowanie bardziej precyzyjnych wniosków dotyczących zmian właściwości substratów wraz z upływem okresu eksploatacji dachów zielonych.

Literatura

- BURSZTA-ADAMIAK E. 2011: Zagospodarowanie spływów opadowych za pomocą systemów bioretencji. *Rynek Instalacyjny* 3: 91–93.
- CARTER T., KEELER A. 2008: Life-cycle cost – benefit analysis of extensive vegetated roof systems. *J. Environ.* 87: 350–363.
- CLER M.L. 2004: Stormwater Best Management Practice Design Guide. *Vegetative Biofilters* 2: EPA/600/R-04/121A.
- GEIGER W., DREISEITL H. 1999: Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO, Bydgoszcz.
- GUDELIS-TARASZKIEWICZ K. 2008: Zagrożenia spowodowane złym odwodnieniem – jak ich uniknąć. *Zesz. Nauk-Tech. SITK RP* 141: 27–38.
- KÖHLER M., POLL P.H. 2010: Long-term performance of selected old Berlin greenroofs in comparison to younger extensive greenroofs in Berlin. *Ecol. Engineering* 36: 722–729.
- KOWALIK P. 1972: Podstawy teoretyczne pomiarów potencjału wody glebowej. *Probl. Agrofiz.* 2: 25–30.
- KUNKA M. 2011: Substraty dachowe. Wybrane właściwości fizykochemiczne podłoży do dachów zielonych i ogrodów dachowych. *Dachy płaskie* 3: 24–26.
- MARZEJON K. 2009: Alternatywne metody zagospodarowania wody deszczowej. Zysk z retencji. *Mag. Instal.* 7–8: 56–57.
- NAGASE A., DUNNETT N. 2011: The relationship between percentage of organic matter in substrate and plant growth in extensive green roofs. *Landsc. Urban Planning.* 103: 230–236.
- SŁYŚ D. 2008: Retencja i infiltracja wód deszczowych. Wyd. Ofic. Wyd. Politach, Rzeszów.
- SULIGOWSKI Z., GUDELIS-TARASZKIEWICZ K. 2003: Infiltracja do gruntu – alternatywa dla tradycyjnej kanalizacji wód opadowych. *Przeg. Komun.* 5: 76–77.
- SULIGOWSKI Z. 2008: Alternatywa dla wód opadowych. *Wod. Kan.* 4: 54–55.

Streszczenie

Metody zwiększania retencji wodnej na terenach zurbanizowanych. Wraz ze wzrostem uszczelnienia zlewni wzrasta ilość

odpływających wód. Dla przeciwdziałania tym niekorzystnym zmianom konieczne staje się podejmowanie działań mających na celu zwiększenie retencji wodnej. Do tego celu służą rozwiązania techniczne, m.in. ogrody deszczowe oraz dachy zielone. W artykule przedstawiono charakterystyki wybranych systemów bioretencji oraz wyniki wstępnych badań dotyczących oceny możliwości zaspokojenia potrzeb wodnych roślin i panujących stosunków wodno-powietrznych w substratach stosowanych na dachach zielonych.

Summary

Methods of enhancing water retention in urban areas. With the tightening of catchment areas the amount of drained water increases. To counteract these changes, it is essential to take actions aiming at increasing water retention. Technical resolutions which serve this purpose include among others rain gardens and green roofs. The article presents the characteristics of the chosen systems of bioretention as well as the results of preliminary research concerning the capability of satisfying the water needs of plants and the water – surface relations in growing media used in green roofs.

Aythors' addresses:

Adam Bogacz, Przemysław Woźniczka
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska
ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław
Poland
e-mail: adam.bogacz@up.wroc.pl
przemyslaw.wozniczka@up.wroc.pl
Ewa Burszta-Adamiak, Karolina Kolaszińska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Inżynierii Środowiska
pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław
Poland
e-mail: ewa.burszta-adamiak@up.wroc.pl
karolina.kolasinska@up.wroc.pl