

# Spis treści

|                                                                                                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Wprowadzenie .....</b>                                                                        | <b>7</b>   |
| <b>1. Wpływ urbanizacji na obieg wody .....</b>                                                  | <b>9</b>   |
| 1.1. Oddziaływanie obszarów zurbanizowanych na środowisko wodne .....                            | 10         |
| 1.2. Wpływ zmian klimatu na gospodarkę wodną w obszarach zurbanizowanych .....                   | 18         |
| 1.3. Wody opadowe w krajobrazie miejskim .....                                                   | 21         |
| Literatura .....                                                                                 | 23         |
| <b>2. Systemy odwodnienia miast .....</b>                                                        | <b>25</b>  |
| 2.1. Klasyfikacja systemów kanalizacyjnych .....                                                 | 26         |
| 2.2. Porównanie systemów kanalizacyjnych .....                                                   | 30         |
| 2.3. Standardy odwodnienia dla systemów kanalizacyjnych .....                                    | 36         |
| 2.4. Metody określania standardów odwodnienia .....                                              | 40         |
| Literatura .....                                                                                 | 47         |
| <b>3. Dane o opadach do projektowania i modelowania miejskich<br/>systemów odwodnienia .....</b> | <b>49</b>  |
| 3.1. Pomiar opadów .....                                                                         | 50         |
| 3.2. Wymagania dotyczące danych o opadach .....                                                  | 53         |
| 3.3. Modele opadów .....                                                                         | 55         |
| 3.5. Rzeczywiste dane o opadach .....                                                            | 61         |
| 3.6. Przestrzenna zmienność opadów .....                                                         | 63         |
| 3.7. Dane o opadach do wymiarowania urządzeń retencyjnych .....                                  | 68         |
| 3.8. Dane o opadach do wymiarowania indywidualnych urządzeń retencyjnych .....                   | 74         |
| Literatura .....                                                                                 | 80         |
| <b>4. Modele spływu powierzchniowego z terenów zurbanizowanych .....</b>                         | <b>84</b>  |
| 4.1. Metody bilansowania spływu powierzchniowego .....                                           | 85         |
| 4.2. Modele symulacyjne spływu powierzchniowego .....                                            | 89         |
| 4.2.1. Powierzchnia, kształt i spadek zlewni .....                                               | 92         |
| 4.2.2. Stopień uszczelnienia zlewni .....                                                        | 96         |
| 4.2.3. Wyznaczanie strat hydrologicznych .....                                                   | 101        |
| Literatura .....                                                                                 | 104        |
| <b>5. Model przepływu w systemach kanalizacyjnych .....</b>                                      | <b>107</b> |
| 5.1. Przepływy ze zwierciadłem swobodnym .....                                                   | 108        |
| 5.2. Przepływy ciśnieniowe w systemach kanalizacyjnych .....                                     | 112        |
| 5.3. Wpływ rzeczywistych warunków eksploatacyjnych na działanie systemów<br>odwodnienia .....    | 117        |
| 5.4. Obiekty na sieciach odwodnienia .....                                                       | 118        |
| 5.4.1. Przelewy .....                                                                            | 119        |
| 5.4.2. Regulatory przepływu .....                                                                | 121        |
| 5.4.3. Separatory przepływu w kanalizacji półrozdzielczej .....                                  | 123        |
| 5.4.4. Zbiorniki retencyjne .....                                                                | 126        |
| 5.5. Podsumowanie .....                                                                          | 131        |
| Literatura .....                                                                                 | 132        |

|                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>6. Zanieczyszczenie wód opadowych .....</b>                                                    | <b>136</b> |
| 6.1. Źródła zanieczyszczeń wód opadowych .....                                                    | 136        |
| 6.2. Charakterystyka wskaźników zanieczyszczeń wód opadowych .....                                | 139        |
| 6.3. Skład jakościowy spływów opadowych .....                                                     | 143        |
| 6.4. Modelowanie stężeń zanieczyszczeń w spływach opadowych .....                                 | 148        |
| 6.4.1. Modelowanie kumulacji zanieczyszczeń na zlewni .....                                       | 149        |
| 6.4.2. Modele spłukiwania zanieczyszczeń .....                                                    | 151        |
| 6.4.3. Transport zanieczyszczeń w systemach kanalizacyjnych .....                                 | 153        |
| 6.5. Wymagania prawne w odniesieniu do spływów opadowych .....                                    | 158        |
| 6.5.1. Kanalizacja ogólnospławna .....                                                            | 158        |
| 6.5.2. Kanalizacja deszczowa .....                                                                | 161        |
| 6.6. Oczyszczanie wód i ścieków opadowych .....                                                   | 163        |
| 6.6.1. Podstawy obliczania osadników wód deszczowych .....                                        | 166        |
| 6.6.2. Charakterystyki sedimentacyjne zawiesiny zawartej<br>w wodach opadowych .....              | 169        |
| 6.7. Podsumowanie .....                                                                           | 174        |
| Literatura .....                                                                                  | 175        |
| <b>7. Koncepcje rozwoju miejskich systemów odwodnienia .....</b>                                  | <b>180</b> |
| 7.1. Koncepcje rozwoju zarządzania wodami opadowymi na świecie .....                              | 181        |
| 7.2. Techniczne sposoby realizacji zrównoważonego rozwoju systemów<br>odwodnienia .....           | 186        |
| 7.2.1. Urządzenia stosowane u źródła formowania się spływu .....                                  | 190        |
| 7.2.2. Urządzenia do transportu wód opadowych .....                                               | 191        |
| 7.2.3. Urządzenia stosowane na zlewni do kontroli przepływu<br>i oczyszczania wód opadowych ..... | 194        |
| 7.3. Nietechniczne aspekty zrównoważonego rozwoju systemów odwodnienia .....                      | 200        |
| 7.3.1. Zagadnienia prawne i planistyczne .....                                                    | 201        |
| 7.3.2. Programy edukacji społecznej .....                                                         | 204        |
| 7.3.3. Koszty utrzymania infrastruktury odwodnienia .....                                         | 206        |
| 7.4. Modelowanie działania urządzeń mikroretencyjnych .....                                       | 209        |
| 7.5. Podsumowanie .....                                                                           | 216        |
| Literatura .....                                                                                  | 217        |
| <b>8. Urządzenia do infiltracji wód opadowych .....</b>                                           | <b>221</b> |
| 8.1. Klasyfikacja urządzeń infiltracyjnych .....                                                  | 221        |
| 8.2. Modele infiltracji wód opadowych .....                                                       | 224        |
| 8.3. Wymiarowanie urządzeń infiltracyjnych .....                                                  | 231        |
| 8.4. Analiza efektywności urządzeń infiltracyjnych dla wybranych aglomeracji .....                | 235        |
| Literatura .....                                                                                  | 244        |
| <b>9. Gospodarcze wykorzystanie wód opadowych .....</b>                                           | <b>246</b> |
| 9.1. Klasyfikacja i budowa systemów gospodarczego wykorzystania<br>wód opadowych .....            | 250        |
| 9.2. Zasady wymiarowania systemów do gospodarczego wykorzystania wody .....                       | 254        |
| 9.2.1. Bilansowanie zużycia wody .....                                                            | 255        |
| 9.2.2. Bilansowanie opadów .....                                                                  | 260        |

|                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.3. Badania efektywności systemów wykorzystania wód opadowych dla wybranych aglomeracji .....  | 262        |
| 9.3.1. Efektywność w zakresie pokrycia zapotrzebowania na wodę .....                            | 263        |
| 9.3.2. Efektywność w zakresie redukcji odpływu do systemów odwodnienia .....                    | 266        |
| 9.4. Podsumowanie .....                                                                         | 272        |
| Literatura .....                                                                                | 273        |
| <b>10. Zielone dachy w gospodarce wodnej miast .....</b>                                        | <b>276</b> |
| 10.1. Klasyfikacja i budowa zielonych dachów .....                                              | 277        |
| 10.2. Korzyści wynikające z zastosowania zielonych dachów .....                                 | 282        |
| 10.3. Zdolność retencyjna zielonych dachów .....                                                | 287        |
| 10.4. Badanie sezonowej efektywności zielonych dachów w polskich aglomeracjach .....            | 294        |
| 10.5. Podsumowanie .....                                                                        | 301        |
| Literatura .....                                                                                | 302        |
| <b>11. Rola systemów kanalizacyjnych w koncepcji zrównoważonego rozwoju .....</b>               | <b>305</b> |
| 11.1. Kontrola podłączenia odwadnianych powierzchni z uwzględnieniem ich zanieczyszczenia ..... | 305        |
| 11.2. Monitoring i modelowanie sieci odwodnienia z uwzględnieniem mikroretencji .....           | 308        |
| 11.3. Retencja kanałowa w systemach kanalizacyjnych .....                                       | 314        |
| 11.4. Budowa sieciowych urządzeń retencyjnych .....                                             | 318        |
| 11.5. Sterowanie w czasie rzeczywistym .....                                                    | 327        |
| Literatura .....                                                                                | 332        |
| <b>Podsumowanie .....</b>                                                                       | <b>337</b> |