

Marcin NIEMIEC<sup>1</sup>

## ZAWARTOŚĆ WAPNIA, MAGNEZU, SODU, FOSFORU I POTASU W WODZIE SPŁYWAJĄCEJ Z DACHÓW O RÓŻNYCH POKRYCIACH

### CONTENT OF CALCIUM, MAGNESIUM, SODIUM, PHOSPHORUS AND POTASSIUM IN WATER RUN-OFF FROM ROOFS COVERED DIFFERENT MATERIALS

**Abstrakt:** Celem pracy było określenie stężenia wapnia, magnezu, sodu, fosforu i potasu w wodach spływających z dachów domów z różnym pokryciem na tle ich zawartości w wodzie deszczowej. Dane literaturowe wskazują, że skład chemiczny wody deszczowej może znacznie się zmieniać w wyniku kontaktu z pokryciem dachowym. Badaniem objęto 22 dachy domów jednorodzinnych lub małych budynków, pełniących funkcje siedzib firm handlowo-usługowych. Jako tła do badań użyto wody opadowej zebranej w dwóch losowo wybranych miejscach na terenie obszaru badań. Badania przeprowadzono na terenach o niskiej antropopresji, aby jak najlepiej uchwycić wpływ rodzaju pokrycia dachowego na kształtowanie się chemizmu wód. Obszar badań zlokalizowany był we wsi Lusławice w powiecie tarnowskim w województwie małopolskim. Badania obejmowały dachy najczęściej występujące w badanym terenie: dachówka cementowa, dachówka ceramiczna, pokrycie bitumiczne, blacha ocynkowana niemalowana oraz malowana, blacha miedziana, a także eternit. W badanych próbkach wód oznaczono zawartość wapnia, fosforu, magnezu, sodu oraz potasu. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że woda spływająca z badanych dachów w każdym przypadku zawierała większe ilości badanych pierwiastków w porównaniu z wodą deszczową, przy czym na przykład średnia zawartość magnezu w wodzie spływającej z dachówki cementowej była prawie dziesięciokrotnie większa niż w wodzie deszczowej, w przypadku dachówki ceramicznej było to prawie 5 razy więcej, natomiast woda z pokryć bitumicznych zawierała około 3 razy więcej magnezu, zaś woda z blach ocynkowanej i powlekanej zawierała około 6 razy więcej tego pierwiastka w porównaniu z wodą deszczową. Także w przypadku pozostałych pierwiastków największe współczynniki wzbogacenia odnotowano w wodach z pokryć cementowych (dachówka i eternit), następnie z blach ocynkowanych i powlekanych, a najmniejsze wzbogacenie odnotowano w wodach z dachów o pokryciach z dachówek ceramicznych.

**Słowa kluczowe:** wody opadowe, zanieczyszczenia, spływy z dachów, sól, potas, wapń, magnez, fosfor

Jakość wód deszczowych ma duże znaczenie w kształtowaniu się chemizmu wód powierzchniowych i podziemnych. Na terenach o niskim poziomie antropopresji zanieczyszczenia zawarte w opadach atmosferycznych, pochodzące z dalekiego transportu atmosferycznego, mogą stanowić główny czynnik pogarszający jakość środowiska wodnego [1]. Głównymi źródłami zanieczyszczeń wód opadowych są gazy i pyły pochodzące z przemysłu oraz ze spalania paliw. Rozwój urbanizacji i zwiększanie współczynnika antropopizacji terenów prowadzi do zwiększania powierzchni nieprzepuszczalnych terenów, które cechują się większym wpływem powierzchniowym i znacznie obniżoną zdolnością retencji wody. Systemy zbierania i magazynowania wód spływających z dachów są licznie wprowadzane w krajach rozwiniętych na całym świecie. Takie kraje, jak Niemcy, Dania, Indie, Japonia i Australia, są liderami w tworzeniu małych instalacji zbierania wody deszczowej z dachów w ramach indywidualnych gospodarstw domowych [2]. Wody z dachów mogą stanowić źródło wody wykorzystywanej

<sup>1</sup> Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, al. A. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, tel. 12 662 43 47, fax 12 662 48 41, email: niemiec@o2.pl

w gospodarstwach domowych. W krajach ubogich w zasoby wodne wody z dachów często wykorzystuje się w celach pitnych, jak na przykład w Australii czy Nowej Zelandii [3]. W Polsce także coraz częściej zwraca się uwagę na możliwości zagospodarowania wód zbieranych z pokryć dachowych. Nieodpowiednia jakość wód deszczowych może niestety dyskwalifikować ją do wykorzystania [4].

Celem badań było określenie wpływu rodzaju pokrycia dachowego na chemizm wód opadowych na terenach o małym poziomie antropopresji. Drugim celem badań była ocena jakości wody spływającej z dachów z punktu widzenia możliwości jej wykorzystania.

### **Materiał i metody badań**

Wodę do analiz zbierano z dachów we wrześniu i październiku 2009 roku z 22 dachów z budynków domów jednorodzinnych lub zabudowań gospodarczych zlokalizowanych we wsi Lusławice w powiecie tarnowskim w województwie małopolskim. Obszar badań to tereny o małej antropopresji, co pozwoliło w większym stopniu uchwycić wpływ pokrycia dachowego na zmianę chemizmu wody deszczowej. Badaniami objęto 4 dachy pokryte dachówką cementową, 3 dachy pokryte dachówką ceramiczną, 3 dachy z pokryciem bitumicznym, 3 dachy z pokryciem blachy ocynkowanej, 2 dachy z blachy miedzianej, 3 z pokryciem blachy powlekaniej, jedna blacha malowana oraz trzy dachy pokryte eternitem falistym. Wybrane dachy zbudowane były pod kątem około  $45^\circ$  o powierzchni  $150\pm 300\text{ m}^2$  i pokrywały budynki domów jednorodzinnych lub budynków gospodarczych z wyjątkiem jednego dachu z blachy miedzianej, który pokrywał kościół w Zakliczynie nad Dunajcem. Jako tło wykorzystano wodę deszczową zbieraną bezpośrednio do naczyń polietylenowych w dwóch losowo wybranych miejscach. Wodę zbierano w okresie deszczowym, po długotrwałych deszczach, aby wyeliminować wpływ zanieczyszczeń pyłowych na chemizm wody. Zebraną wodę sączone, utrwalono przy użyciu kwasu azotowego(V) i zawartość badanych pierwiastków oznaczano metodą spektrometrii emisji atomowej w indykatorywnie wzbudzonej plazmie argonowej przy użyciu spektrometru Jobin Yvon 384. Jakość metod analitycznych weryfikowano za pomocą wewnętrznego materiału odniesienia.

### **Wyniki i dyskusja**

Uzyskane wyniki badań świadczą, że woda deszczowa może znacznie zmieniać skład chemiczny podczas spływu z dachów o różnych pokryciach. Pomimo bardzo krótkiego czasu kontaktu wody z dachem następuje ługowanie składników z materiałów tworzących pokrycie dachowe. Zmiany jakości wód spływających z dachów zależą nie tylko od rodzaju pokrycia dachowego, ale także od parametrów fizykochemicznych wody deszczowej. Odczyn wód deszczowych w zasadniczy sposób determinuje intensywność ługowania pierwiastków z pokryć dachowych [2]. Zawartość badanych makroelementów w wodzie deszczowej była porównywalna do danych prezentowanych przez Kruszyka [5]. Średnia zawartość badanych makroelementów w wodzie deszczowej wynosiła  $0,202\text{ mg Mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ;  $1,755\text{ mg Ca} \cdot \text{dm}^{-3}$ ;  $0,289\text{ mg Na} \cdot \text{dm}^{-3}$ ;  $0,097\text{ mg K} \cdot \text{dm}^{-3}$  i  $0,0322\text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Honorio i in. [6] podają skład chemiczny opadów w Brazylii, które zawierają znacznie więcej sodu i potasu oraz mniej magnezu i wapnia niż analizowane opady. Arsene i in. [7] analizowali zawartość makroelementów w wodzie deszczowej na terenach północnej

Rumunii i stwierdzili ponad dwukrotnie więcej magnezu, wapnia i potasu oraz ponad 6 razy więcej sodu niż w analizowanych próbkach.

Zawartość magnezu i wapnia w wodzie zebranej z badanych dachów znacząco różniła się w zależności do rodzaju pokrycia. Najwięcej tych pierwiastków stwierdzono w wodzie zbieranej z dachów z pokryciem dachówki cementowej, średnio  $1,34 \text{ mg Mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  i  $18,6 \text{ mg Ca} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Współczynnik wzbogacenia wody spływającej z tego typu dachów wynosił odpowiednio 6,64 i 10,6 (tab. 1). Woda spływająca z dachu pokrytego eternitem cechowała się ponad 5-krotnym wzbogaceniem w magnez i ponad 10-krotnym wzbogaceniem w wapń. W przypadku pozostałych rodzajów dachów współczynnik wzbogacenia wody w magnez wahał się w granicach  $1,06 \div 3,68$ .

Tabela 1

Zawartość Mg, Ca, Na, K i P w wodzie deszczowej oraz spływającej z różnego rodzaju dachów oraz współczynnik wzbogacenia wody deszczowej po spływie z dachów

Table 1

The content of Mg, Ca, Na, K and P in water run-off from roofs covered different materials and enrichment coefficient of rainwater from the roofs

| Rodzaj pokrycia dachowego | Stężenie w wodzie [ $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ] |        |       |       |       | Współczynnik wzbogacenia wody deszczowej |       |      |      |       |
|---------------------------|--|--------|-------|-------|-------|--|-------|------|------|-------|
|                           | Mg   | Ca     | Na    | K     | P     | Mg                                       | Ca    | Na   | K    | P     |
| Dachówka cementowa        | 1,339  | 18,600 | 1,001 | 0,724 | 0,035 | 6,64                                     | 10,60 | 3,47 | 7,46 | 1,08  |
| Dachówka ceramiczna       | 0,551  | 5,343  | 0,403 | 0,204 | 0,029 | 2,73                                     | 3,04  | 1,40 | 2,11 | 0,90  |
| Pokrycie bitumiczne       | 0,348  | 4,177  | 0,503 | 0,378 | 0,017 | 1,73                                     | 2,38  | 1,74 | 3,90 | 0,54  |
| Blacha ocynkowana         | 0,597  | 3,458  | 0,704 | 0,268 | 0,130 | 2,96                                     | 1,97  | 2,44 | 2,76 | 4,05  |
| Blacha miedziana          | 0,595  | 2,478  | 0,802 | 0,683 | 0,064 | 2,95                                     | 1,41  | 2,78 | 7,04 | 1,99  |
| Blacha malowana           | 0,214  | 1,925  | 0,580 | 0,095 | 0,022 | 1,06                                     | 1,10  | 2,01 | 0,97 | 0,69  |
| Blacha powlekana          | 0,743  | 4,098  | 0,666 | 0,249 | 0,040 | 3,68                                     | 2,33  | 2,30 | 2,57 | 1,23  |
| Eternit falisty           | 1,039  | 17,992 | 0,931 | 0,408 | 0,417 | 5,15                                     | 10,25 | 3,22 | 4,21 | 12,96 |
| Woda deszczowa tło        | 0,202  | 1,755  | 0,289 | 0,097 | 0,032 |  |       |      |      |       |

Zawartość fosforu w wodzie deszczowej wynosiła  $32,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Woda z dachu pokrytego eternitem falistym zawierała ponad 12 razy więcej tego pierwiastka, natomiast woda z dachu z blachy ocynkowanej ponad 4 razy więcej w porównaniu z deszczówką (tab. 1). Zaobserwowano nieznaczne wzbogacenie w ten pierwiastek wody spływającej z dachu pokrytego dachówką cementową, blachą miedzianą oraz powlekaną. Zmniejszenie ilości tego pierwiastka w stosunku do deszczówki zaobserwowano w przypadku dachu pokrytego dachówką ceramiczną oraz materiałem bitumicznym.

Średnia zawartość potasu w wodzie opadowej wynosiła  $1,76 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . W przypadku wody zbieranej z dachu pokrytego dachówką cementową i blachą miedzianą zaobserwowano ponad 4-krotne zwiększenie ilości tego pierwiastka w wodzie (tab. 1). W przypadku pozostałych pokryć ilość tego pierwiastka w wodzie była nieznacznie większa niż w wodzie opadowej.

Zawartość sodu w wodzie zbieranej z dachów była dwu-, trzykrotnie większa niż w wodzie deszczowej. Nie stwierdzono zależności współczynnika wzbogacenia wody w sód od rodzaju pokrycia dachowego.

Kształtowanie się chemizmu wód deszczowych spływających z dachów o różnym pokryciu jest związane z procesem ługowania składników z powierzchni dachu.

Wykorzystanie wód z odwodnienia powierzchni dachów jest uzasadnione ekonomicznie i przyrodniczo. Gospodarowanie tymi wodami jest jednak uzależnione od ich składu i poziomu zanieczyszczenia. Badania jakości wód z odwodnień dachów pozwolą projektować systemy zbierania wód opadowych w zależności od rodzaju powierzchni, z której są zbierane [8].

### Wnioski

1. Zawartości badanych makroelementów w wodzie deszczowej nie były wysokie i nie wskazywały na antropogeniczne jej wzbogacenie. Uzyskane wyniki były podobne lub niższe niż stężenia tych pierwiastków w wodach opadowych innych rejonów świata.
2. Spływ wody z dachów powodował znaczące zmiany zawartości badanych pierwiastków w wodzie deszczowej.
3. Generalnie największe wzbogacenie wody w badane pierwiastki stwierdzono w próbkach wody pobranych z dachów z pokryciem z eternitu i z dachówki cementowej.
4. Najmniejsze zmiany zawartości badanych pierwiastków w wodzie deszczowej stwierdzono w przypadku dachów pokrytych dachówką ceramiczną, pokryciem bitumicznym oraz blachą malowaną.

### Literatura

- [1] Scholz M. *Bioresour Technol.* 2004;95(3):269-279.
- [2] Hatt BE, Deletic A, Fletcher TD. *J Environ Manage.* 2006;79(1):102-113.
- [3] Imteaz MA, Shanableh A, Rahman A, Ahsand A. *Resour Conser Recycl.* 2011;55(11):1022-1029.
- [4] Simmons G, Hope W, Lewis G, Whitmore J, Gao W. *Water Res.* 2001;35(6):1518-1526.
- [5] Kruszyk R. *Raport o stanie geoekosystemów Polski w roku 2008.* Poznań: Inspekcja Ochrony Środowiska; 2009.
- [6] Honório BAD, Horbe AMC, Seyler P. *Atmos Res.* 2010;98(2-4):416-425.
- [7] Arsene C, Olariu RI, Mihalopoulos N. *Atmos Environ.* 2007;41(40):9452-9467.
- [8] Schriewer A, Horn H, Helmreich B. *Corros Sci.* 2008;50(2):384-391.

## CONTENT OF CALCIUM, MAGNESIUM, SODIUM, PHOSPHORUS AND POTASSIUM IN WATER RUN-OFF FROM ROOFS COVERED DIFFERENT MATERIALS

Department of Agricultural and Environmental Chemistry  
Hugo Kołłątaj University of Agriculture in Krakow

**Abstract:** The aim of the study was to determine the level of calcium, magnesium, sodium, phosphorus and potassium in the waters flowing from the roofs of houses with varying degrees of coverage on the background of their contents in rain waters. Literature data indicate that the chemical composition of rainwater could enrichment of rainwater at the time of contact with the roof covering. The study included 22 roofs of houses or small trade buildings. As background to the research used rainwater collected in two randomly selected locations within the area of research. The study was conducted in areas with low human impact, in order to best capture the effect of the type of roofing material on the formation of water chemistry. Research area was located in the Lusławice in the district Tarnowski, in Malopolska province. The study included the most common roofs in the surveyed area: cement tile, ceramic tile, bituminous, unpainted galvanized metal, copper and asbestos cement. The tested water samples to determine the content of calcium, phosphorus, magnesium, sodium and potassium. The results of this study indicate that the water runs off the roofs of respondents in each case contained a greater quantity of the

analyzed elements in comparison with rainwater. The results of the study indicate, that the water run-off from the roof in each case contained higher amounts of the analyzed elements in comparison with the rainwater. The average magnesium content in water flowing from the cement tile was almost ten times higher than in rain water, in the case of ceramic tile was almost 5 times more, while water from bituminous cover contained about 3 times more magnesium, and water from galvanized and coated sheets contained about 6 times more of this element in comparison with the rainwater. Also in the case of most other elements enrichment factors found in the waters cover the cement (tile, and asbestos) then galvanized and coated, while the lowest were recorded in the enrichment of waters from the roofs of the covering of ceramic tiles.

**Keywords:** rainwater, water pollution, runoff from roofs, sodium, potassium, calcium, magnesium, phosphorus