

*Zenobiusz Dmowski, Halina Dzieżyc, Kazimierz Chmura*

**PORÓWNANIE POTRZEB WODNYCH  
BURAKA CUKROWEGO OKREŚLONYCH PRZEZ  
SUMĘ OPADÓW ORAZ LICZBĘ DNI Z OPADEM**

**COMPARISON OF WATER NEEDS  
OF SUGAR BEET DETERMINED BY PRECIPITATION  
TOTAL AND NUMBER OF DAYS WITH RAINFALL**

**Streszczenie**

Dane dotyczące plonu buraków cukrowych pochodziły ze Stacji Oceny Odmian położonych w południowo-zachodniej Polsce. Stosując metodę regresji wielorakiej z interakcjami zbudowano modele plonu korzeni i liści buraka cukrowego a także procentowej zawartości cukru w korzeniach, w których zmiennymi objaśniającymi była suma opadów w okresie kwiecień-czerwiec i lipiec-wrzesień lub liczba dni z opadem w ww. okresach. Optymalnym dla uzyskania najwyższych plonów korzeni buraka okazał się układ czynników: opad kwiecień-czerwiec 222 mm (najwyższy badany) i opad lipiec-wrzesień – 260 mm (nieco wyższy od średniej). W przypadku liczby dni z opadem optymalne wartości to – 35 dni w okresie IV-VI (wartość niższa od średniej) i 50 dni w okresie VII-IX (wartość bliska maksymalnej badanej). Plon korzeni był najniższy przy najniższych badanych wartościach sum opadów w obydwu okresach (122 i 152 mm) a także w przypadku, gdy najwyższej liczbie dni z opadem okresu wiosennego (46) towarzyszyła niska liczba dni z opadem okresu letniego (33).

Dla plonu liści najkorzystniejszym układem czynników okazały się maksymalne badane sumy opadów zarówno okresu wiosennego jak i letniego (odpowiednio 222 mm i 322 mm) oraz maksymalna liczba dni z opadem w obu tych okresach (46 i 55). Najmniej korzystnymi układami zarówno dla modelu z sumami opadów jak i modelu z liczbą dni z opadem okazały się wartości najwyższe zmiennych objaśniających w okresie IV-VI (odpowiednio 222 mm oraz 46 dni) i najniższe (odpowiednio 122 mm i 33 dni) w okresie VII-IX.

Zawartość cukru w korzeniach buraków cukrowych była największa przy niskich (149 mm) opadach wiosennych i minimalnych opadach okresu letniego (152 mm). Optymalna z punktu widzenia tego parametru plonu liczba dni z opa-

dem w okresie IV-VI to 46 dni (maksymalna badana) i w okresie VII-IX – 33 dni (minimalna badana). Zawartość cukru była natomiast najmniejsza przy najniższych opadach okresu wiosennego i najwyższych okresu letniego oraz maksymalnej liczbie dni z opadem w tych okresach.

**Słowa kluczowe:** burak cukrowy, potrzeby wodne, opad, zawartość cukru

### *Summary*

*The data on sugar beet yield were taken from Stations of Cultivar Assessment situated in south-west Poland. Using the method of multiple regression with interactions, models of root and leaf yield and sugar content percentage were constructed, where the independent variables were precipitation total in the periods April-June and July-September or the number of days with rainfall in the stated periods. The optimum for obtaining highest yields of beetroots proved to be the set of factors: rainfall April-June 222 mm (the highest studied) and rainfall July-September 260 mm (a bit higher than average). As regards the number of days with rainfall, the optimum values were 35 days in the period IV-VI (values lower than average) and 50 days in VII-IX (value close to the maximal studied). The yield of roots was lowest with the lowest precipitation totals in both the periods (122 and 152 mm), and also when the highest number of days with rainfall in the spring season (46) was accompanied by low number of days with rainfall in the summer period (33).*

*For the yield of leaves the best set of factors proved to be the maximum precipitation totals studied, both those of the spring and summer period (222 and 322 mm, respectively) and the maximum number of days with rainfall in both the periods (46 and 55). The least favorable sets, both for the model with precipitation total and the one with number of days with rainfall, proved to be the highest values of the independent variables in the period IV-VI (222 mm and 46 days, respectively), and the lowest (122 mm and 33 days, respectively) in the period VII-IX.*

*Sugar content in sugar beetroots was highest with low (149 mm) spring precipitation and minimum summer precipitation (152 mm). The optimum, from the point of view of that parameter, number of days with rainfall in IV-VI was 46 days (maximal studied) and in VII-IX – 33 days (minimal studied). However, sugar content was smallest with lowest precipitation of the spring period and highest of the summer period, and maximum number of days with rainfall in both the periods.*

**Key words:** *sugar beet, water needs, precipitation, sugar content*

### **WSTĘP**

Badania dotyczące potrzeb opadowych roślin uprawnych, w tym buraków cukrowych, dostarczają zwykle informacji o optymalnej sumie opadów w miesiącach, dekadach bądź fazach rozwoju czy całym okresie wegetacyjnym [Dzieżyc i in., 1987, Potrzeby wodne..., 1989, Nowak, 2006, Panek, 1993, Wiśniewski, 1991]. Pomijany jest natomiast rozkład opadów, którego miarą może być np. liczba dni z opadem. W modelach opad-plon nie uwzględnia się jednocześnie

wielkości opadu i liczby dni z opadem, ponieważ te dwa parametry są zwykle skorelowane. Interesującym wydaje się zatem porównanie potrzeb wodnych uzyskanych z modelu, gdzie zmienne objaśniające stanowią sumy opadów z wynikami z modelu, gdzie plon objaśniany jest przez zmienne reprezentujące liczbę dni z opadem. Porównania takiego dokonano dla buraka cukrowego uprawianego w południowo-zachodniej Polsce uwzględniając trzy parametry plonu: masę korzeni, masę liści i zawartość cukru w korzeniach.

## MATERIAŁ I METODY

Dane pochodziły ze Stacji Oceny Odmian zlokalizowanych w południowo-zachodniej Polsce: Zybiszów, Tarnów i Głubczyce. Uwzględniono następujące odmiany buraka cukrowego: Alyssa, Kujawska, Lupus, Tristan, Elan, Cassandra, Leo, Dojana, Saskia, Diadem, Cordelia, Nilla, Kutnowska, uprawiane na glebach kompleksu pszennego bardzo dobrego i dobrego w latach 1989-2005.

Badano zmienność plonu korzeni i liści buraka cukrowego a także procentowej zawartości cukru w korzeniach pod wpływem dwóch parametrów opadu: sumy opadów i liczby dni z opadem, rozważanych w okresie wiosennym (kwiecień-czerwiec) - mniejszych potrzeb wodnych i w okresie letnim (lipiec-wrzesień) – krytycznym ze względu potrzeby wodne [Nowak, 2006]. Uwzględniono trend czasowy.

Zbudowano 6 funkcji regresji o następującej postaci:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_{11}x_1^2 + b_2x_2 + b_{22}x_2^2 + b_3x_3 \quad (1)$$

gdzie:

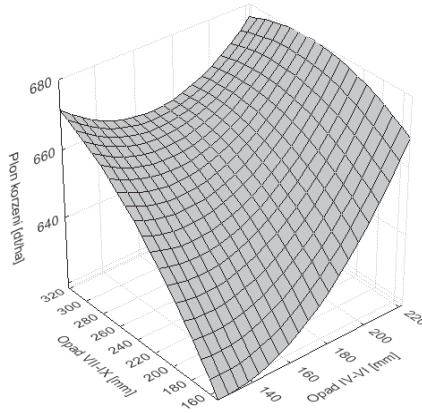
- $y$  – plon korzeni ( $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) / plon liści ( $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) / zawartość cukru (%),
- $x_1$  – suma opadów (mm) / liczba dni z opadem (w miesiącach kwiecień-czerwiec),
- $x_2$  – suma opadów (mm) / liczba dni z opadem (w miesiącach lipiec-wrzesień),
- $x_3$  – rok badań
- $b_i, b_{ii}$  – współczynniki regresji.

Obliczenia dla plonu korzeni buraków i zawartości cukru przeprowadzono na zbiorze 153 przypadków a plonu liści na zbiorze 113 przypadków.

Na podstawie równań regresji wykreślono funkcje zależności plonu korzeni, plonu liści i zawartości cukru od sumy opadów lub liczby dni z opadem w okresie wiosennym i letnim. Zakresem zmienności opadów i liczby dni z opadem IV-VI i VII-IX była średnia  $\pm$  odchylenie standardowe. Wyznaczono wartość plonu dla układów czynników i określono układ optymalny i najmniej korzystny. Zbadano jaki jest optymalny opad i liczba dni z opadem okresu letniego przy różnych wartościach tych czynników w okresie wiosennym.

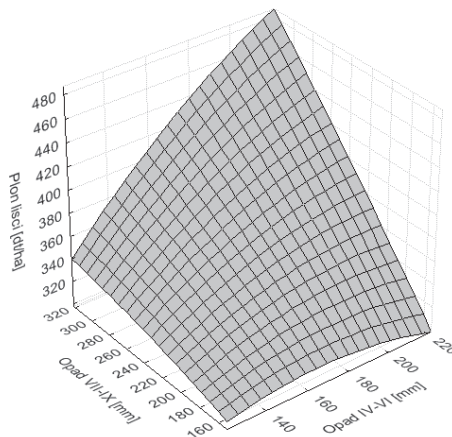
## WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Plon korzeni buraka cukrowego był modyfikowany zarówno przez opady w okresie kwiecień-czerwiec jak i lipiec-wrzesień badane w zakresie odpowiednio 122-222 mm i 152-322 mm (rysunek 1).



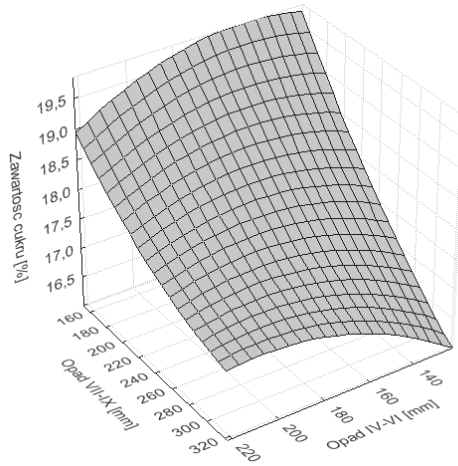
**Rysunek 1.** Zależność plonu korzeni buraka cukrowego od opadu kwiecień-czerwiec i lipiec-wrzesień

**Figure 1.** Dependence of sugar beet roots yielding on April-June and July-September precipitation

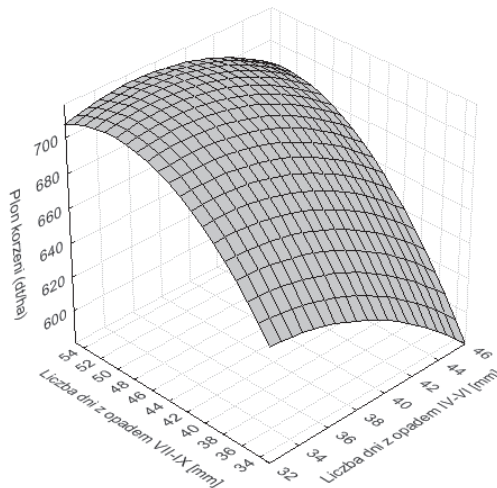


**Rysunek 2.** Zależność plonu liści buraka cukrowego od opadu kwiecień-czerwiec i lipiec-wrzesień

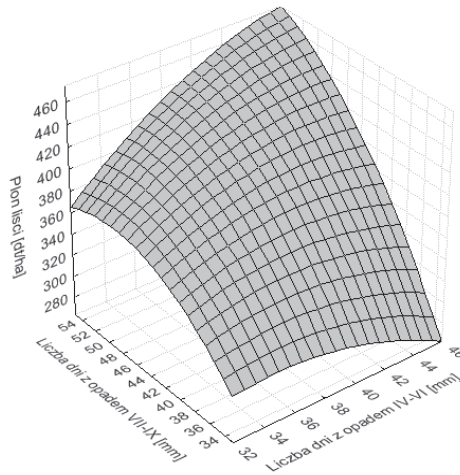
**Figure 2.** Dependence of sugar beet leaves yielding on April-June and July-September precipitation



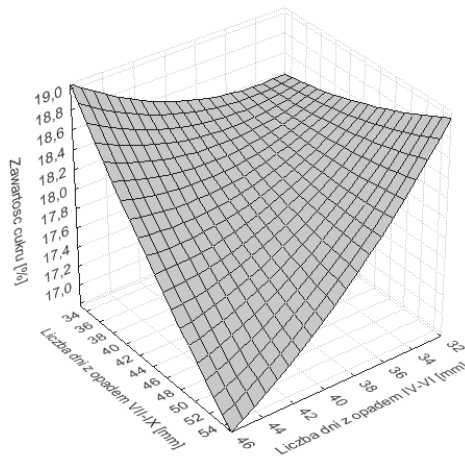
**Rysunek 3.** Zależność zawartości cukru w korzeniach buraka cukrowego od opadu kwiecień-czerwiec i lipiec-wrzesień  
**Figure 3.** Dependence of sugar contents in sugar beet roots on April-June and July-September precipitation



**Rysunek 4.** Zależność plonu korzeni buraka cukrowego od liczby dni z opadem w okresie kwiecień-czerwiec i lipiec-wrzesień  
**Figure 4.** Dependence of sugar beet roots yielding on days with rainfall in April-June and July-September



**Rysunek 5.** Zależność plonu liści buraka cukrowego od liczby dni z opadem w okresie kwiecień-czerwiec i lipiec-wrzesień  
**Figure 5.** Dependence of sugar beet leaves yielding on number of days with rainfall in April-June and July-September



**Rysunek 6.** Zależność zawartości cukru w korzeniach buraka cukrowego od liczby dni z opadem w okresie kwiecień-czerwiec i lipiec-wrzesień  
**Figure 6.** Dependence of sugar contents in sugar beet roots on number of days with rainfall in April-June and July-September

Masa korzeni ( $680 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) uzyskana w warunkach optymalnych, przy opadzie okresu wiosennego 222 mm (maksymalny badany) i letniego 260 mm była o 9,9 % wyższa od plonu przy wartościach najmniej korzystnych tj. 122 i 152 mm (minimalne opady obu okresów). Dekadowe potrzeby opadowe buraków cukrowych dla zlewni górnej Odry wg Dzieżyca i in. [1987] zsumowane dla okresu wiosennego wynosiły 177 mm a letniego 252 mm. Zsumowane optymalne opady miesięczne wg Klatta [Potrzeby wodne..., 1989] to, odpowiednio: 160 mm i 240 mm a wg Wiśniewskiego [1991] dla gleb średnich 140 mm i 290 mm. Według cytowanych autorów optymalny opad wiosenny był znacząco niższy od wartości uzyskanych w badaniach.

Przy niskich i średnich wartościach opadu wiosennego najwyższe plony korzeni uzyskiwano przy najwyższych opadach letnich 322 mm, natomiast gdy opad wiosenny był wysoki najkorzystniejszym opadem letnim było 260 mm (tab. 1).

**Tabela 1.** Plon buraka cukrowego i zawartość cukru w korzeniach w zależności od sumy opadów okresów kwiecień-czerwiec i lipiec-wrzesień

**Table 1.** Sugar beet yield and sugar content in roots a dependent on April-June and July-September sum of precipitation

Badany czynnik		Opad VII-IX (mm)			Optymalny opad VII-IX dla ustalonego opadu IV-VI (mm)	Układ optymalny opadów IV-VI i VII-X (mm/mm)	Najmniej korzystny układ opadów IV-VI i VII-IX (mm/mm)
		Minimalny 152	Średni 237	Maksymalny 322			
Plon korzeni $\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$							
Opad IV-VI (mm)	Minimalny 122	619	652	671	322	222/260	122/152
	Średni 172	630	652	660	322		
	Maksymalny 222	668	679	676	260		
Plon liści $\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$							
Opad IV-VI (mm)	Minimalny 122	304	326	340	322	222/322	222/152
	Średni 172	314	374	427	322		
	Maksymalny 222	298	396	487	322		
Zawartość cukru %							
Opad IV-VI (mm)	Minimalny 122	19,7	17,6	16,0	152	149/152	122/322
	Średni 172	19,7	18,1	17,0	152		
	Maksymalny 222	18,9	17,7	17,1	152		

Liczba dni z opadem, badana w zakresie 32-46 dni dla opadu kwiecień-czerwiec i 33-55 dni dla opadu lipiec-wrzesień, modyfikowała plon korzeni buraka cukrowego silniej niż sumy opadów (rys. 4.). Plon uzyskany w najkorzystniejszych warunkach 35 dni wiosną i 50 dni latem wynosił  $718 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$  i był o 24% wyższy od plonu przy najmniej korzystnym układzie tych czynników: 46 dni w okresie wiosennym (maksymalna badana) i 33 dni w okresie letnim (minimalna badana). Najbardziej korzystna liczba dni z opadem w okresie letnim w niewielkim stopniu zależała od liczby dni z opadem, które wystąpiły w okresie wiosennym (tab. 2).

**Tabela 2.** Plon buraka cukrowego i zawartość cukru w korzeniach w zależności od liczby dni z opadem okresów kwiecień-czerwiec i lipiec-wrzesień

**Table 2.** Sugar beet yield and sugar content in roots as dependent on number of days with precipitation in April-June and July-September periods

Badany czynnik		Liczba dni z opadem VII-IX			Optymalna liczba dni z opadem w okresie VII-IX dla ustalonej liczby dni z opadem okresu IV-VI	Układ optymalny liczby dni z opadem w okresach IV-VI i VII-X	Najmniej korzystny układ liczby dni z opadem w okresach IV-VI i VII-X
		Minimalna 33	Średnia 44	Maksymalna 55			
Plon korzeni $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$							
Liczba dni z opadem w okresie IV-VI	Minimalna 32	647	708	707	49	35/50	46/33
	Średnia 39	629	701	712	51		
	Maksymalna 46	581	664	687	54		
Plon liści $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$							
Liczba dni z opadem w okresie IV-VI	Minimalna 32	305	369	365	48	46/55	46/33
	Średnia 39	302	404	438	55		
	Maksymalna 46	262	402	474	55		
Zawartość cukru %							
Liczba dni z opadem w okresie IV-VI	Minimalna 32	18,4	18,6	19,0	55	46/33	46/55
	Średnia 39	18,5	18,0	17,7	33		
	Maksymalna 46	19,1	17,8	16,8	33		

Sumy opadów badanych okresów modyfikowały w znaczącym stopniu plon liści buraka cukrowego (rys. 2). Najwyższe plony -  $487 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$  osiągane były przy najwyższych badanych wartościach zarówno opadu okresu wiosennego jak i letniego. Inne układy opadu IV-VI i VII-IX skutkowały zmniejszeniem



masy liści, aż do 38,8% w stosunku do plonu w warunkach optymalnych. Dla wszystkich badanych opadów okresu kwiecień-czerwiec, optymalnym opadem okresu lipiec-wrzesień było 322 mm.

Podobną zależność uzyskano badając wpływ liczby dni z opadem na plon liści. Analogicznie jak w przypadku sum opadów optymalnymi wartościami były maksima okresu wiosennego i letniego, ale plon uzyskany w najmniej sprzyjających warunkach był aż o 44,7% niższy od maksymalnego wynoszącego 474 dt·ha<sup>-1</sup>. Dla minimalnej liczby dni z opadem okresu wiosennego optymalną liczbą dni z opadem okresu letniego było 48, natomiast dla średniej i wysokiej - optymalna okazała się maksymalna wartość tego parametru w okresie letnim – 55 dni.

Procentowa zawartość cukru w korzeniach buraków cukrowych była w znacznym stopniu zależna od opadów w miesiącach lipiec-wrzesień (tab. 1). Ich niskie sumy w tym okresie zapewniały wysoką zawartość cukru. Optymalnymi warunkami okazały się opady okresu wiosennego wynoszące 149 mm i okresu letniego 152 mm (minimalny). Najmniej korzystna była sytuacja, kiedy najniższym opadom okresu kwiecień-czerwiec (122 mm) towarzyszyły najwyższe opady okresu lipiec-wrzesień (322 mm). Zawartość cukru w tych warunkach była o 3,8 p.p. (tj. o 19,5%) niższa niż w układzie optymalnym.

Podobnie, istotny ujemny związek liniowy między zawartością cukru a opadem w całym okresie wegetacji uzyskali w modelu regresyjnym Niedbała i in. [2007].

Dla badanych sum opadu wiosennego optymalnym opadem letnim były 152 mm (najniższa wartość).

Zawartość cukru w korzeniach buraków cukrowych silnie kształtowała interakcja liczby dni z opadem w okresie kwiecień-czerwiec i lipiec-wrzesień. Maksymalne wartości tych dwóch parametrów powodowały obniżenie zawartości cukru o ponad 2 p.p. (tj. o 12%) w stosunku do zawartości maksymalnej osiąganey w sytuacji, gdy liczba dni z opadem była najmniejsza w okresie wiosennym albo letnim. Przy minimalnej i średniej liczbie dni z opadem w okresie wiosennym, okres letni nieznacznie modyfikował zawartość cukru, natomiast przy wysokiej liczbie dni z opadem wiosną najkorzystniejsza była najniższa badana liczba dni z opadem okresu letniego tj. 33.

## WNIOSKI

1. Zmienność plonu korzeni i liści buraka cukrowego była większa pod wpływem liczby dni z opadem niż pod wpływem sum opadów w okresach IV-VI i VII-IX. Sumy opadów modyfikowały natomiast silniej zawartość cukru w korzeniach.

2. Wyższym plonom korzeni buraków sprzyjały warunki, w których przy najmniej w jednym okresie (wiosennym lub letnim) sumy opadów przekraczały średnie. Biorąc pod uwagę liczbę dni z opadem korzystne były lata, w których w okresie letnim liczba dni z opadem była powyżej średniej.

3. Plon liści osiągał najwyższe wartości, gdy sumy opadów jak również liczba dni z opadem okresu wiosennego i letniego przyjmowały wartości wysokie.

4. Wysoką zawartości cukru w korzeniach buraków osiągnano w warunkach, w których sumy opadów VII-IX były niskie. Korzystnymi, ze względu na zawartość cukru, były też lata, w których przynajmniej w jednym okresie wiosennym lub letnim liczba dni z opadem była poniżej średniej.

## BIBLIOGRAFIA

- Dzieżyc J., Nowak L., Panek K. *Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z. 314, 1987, s. 11-33.
- Niedbała G., Przybył J. Sęk T. *Prognozowanie zawartości cukru w korzeniach buraka cukrowego z wykorzystaniem technik regresyjnych i neuronowych*. Inżynieria Rolnicza, 2 (90), 2007, s. 225-234.
- Nowak L. *Nawadnianie roślin okopowych* w Nawadnianie roślin pod red. Stanisława Karczmarczyka i Lecha Nowaka. PWRiL, 2006, s. 367-381.
- Panek K. *Opad* w Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin pod red. Józefa Dzieżycyca. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa – Wrocław, 1993, s. 149-192.
- Potrzeby wodne roślin uprawnych*. Praca zbiorowa pod red. Józefa Dzieżycyca, PWN Warszawa, 1989. ss. 420.
- Wiśniewski W. *Wymagania klimatyczne* w Produkcja buraka cukrowego pod redakcją I. Gutmańskiego, PWRiL Poznań, 1991, s. 71-83.

Prof. dr hab. inż. Zenobiusz Dmowski  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Instytut Architektury Krajobrazu  
50-363 Wrocław  
pl. Grunwaldzki 24a  
e-mail: zenobiusz.dmowski@up.wroc.pl

Mgr inż. Halina Dzieżyc  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Katedra Gospodarki Przestrzennej  
50-357 Wrocław  
ul. Grunwaldzka 53  
e-mail: halina.dziezyc@up.wroc.pl

Dr hab. inż. Kazimierz Chmura  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Instytut Architektury Krajobrazu  
50-363 Wrocław  
pl. Grunwaldzki 24a  
e-mail: kazimierz.chmura@up.wroc.pl

Recenzent: Prof. dr hab. Jacek Żarski