

WŁODZIMIERZ BANACH\*

WPLYW ZASTOSOWANIA RASTROWEJ MAPY  
CORINE LAND COVER NA ŚREDNIĄ WARTOŚĆ  
PARAMETRU CN MODELU SCSINFLUENCE OF RASTER CORINE LAND COVER MAP  
USE ON AVERAGE CN VALUE IN SCS MODEL

## Streszczenie

Do obliczania opadu efektywnego w zlewni bardzo często jest wykorzystywany model SCS. W tym modelu wielkość strat opadu uwzględniono za pomocą parametru CN, który jest określany na podstawie przepuszczalności gleb występujących w zlewni, sposobu użytkowania terenu, rodzaju upraw oraz uwilgotnienia gleb w zlewni w okresie poprzedzającym analizowany opad. Mankamentem tego modelu jest duża pracochłonność określenia pokrycia powierzchni terenu, wykonywana na podstawie map topograficznych lub ortofotomap. W artykule przedstawiono próbę wykorzystania do określenia pokrycia terenu rastrowej mapy CORINE Land Cover 2006 o rozdzielczości 100 m. Analizie poddano zmianę średniej w zlewni wartości parametru CN i maksymalnej potencjalnej retencji zlewni  $S$  obliczonej dla mapy topograficznej i rastrowej mapy CLC2006.

*Słowa kluczowe: model SCS, parametr CN, rastrowa mapa CORINE Land Cover 2006*

## Abstract

The SCS model is often used to calculate the effective rainfall in a catchment. In this model, the amount of precipitation losses is taken into account by means of the CN parameter, which is determined using soil permeability in the catchment, land use, crop type and the catchment soil moisture in the period preceding the analyzed precipitation. A shortcoming of this model is its great labour-consumption in determining land surface cover performed on the basis of topographic maps or orthophotomaps. This paper presents an attempt to determine the land cover with the use of the CORINE Land Cover 2006 raster map with a resolution of 100 m. In the paper, the analysis was made of the changes of the catchment average CN values and of the maximum potential catchment storage,  $S$ , calculated for a topographic map and the CLC2006 raster map.

*Keywords: SCS model, CN parameter, CORINE Land Cover 2006 raster map*

\* Dr inż. Włodzimierz Banach, Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Krakowska.

## 1. Wstęp

Opracowanie danych wejściowych do modelu opadu efektywnego SCS [1] jest czasochłonnym procesem przede wszystkim ze względu na opracowanie map pokrycia terenu dla różnych rodzajów gruntów. Dotychczas jako podstawę do takich opracowań stanowiły mapy topograficzne oraz ortofotomapy.

Komisja Europejska oraz instytucje współpracujące z nią potrzebują informacji o środowisku. W związku z tym powstał projekt CORINE Land Cover realizowany przez Europejską Agencję Środowiska (EEA), w tym projekty CORINE Land Cover 1990 (CLC1990), CORINE Land Cover 2000 (CLC2000) i CLC2006. Projekt ten obejmuje m.in. wykonanie mapy pokrycia terenu opracowanej na podstawie analizy zdjęć satelitarnych zarówno w formie wektorowej, jak i rastrowej. Na uwagę zasługuje fakt, że powyższe mapy są bezpłatne i łatwo dostępne w internecie [6]. Należy zadać pytanie, czy można te mapy wykorzystać w modelu SCS.

W artykule przedstawiono zastosowanie rastrowej mapy pokrycia terenu CORINE Land Cover 2006 w modelu opadu efektywnego SCS, porównując je z wynikami uzyskanymi dla mapy topograficznej [3, 4].

## 2. Model opadu efektywnego SCS (Soil Conservation Service)

Model SCS został opracowany w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej przez Służbę Ochrony Gleb (Soil Conservation Service) [1]. Podstawowym założeniem metody jest, że stosunek wysokości opadu efektywnego  $H$  do opadu całkowitego  $P$  pomniejszonego o straty początkowe  $I_a$  jest równy stosunkowi infiltracji aktualnej  $F$  do maksymalnej potencjalnej retencji zlewni  $S$ . Można to wyrazić w postaci równania:

$$\frac{H}{P - I_a} = \frac{F}{S} \quad (1)$$

$$H = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (2)$$

gdzie:

$H$  – opad efektywny [mm],

$P$  – opad całkowity [mm],

$I_a$  – straty początkowe [mm],

$F$  – infiltracja aktualna [mm],

$S$  – maksymalna potencjalna retencja zlewni [mm].

Wysokość opadu efektywnego, sumowana w przedziale czasu od 0 (rozpoczęcie opadu) do  $t$  (chwila bieżąca) wynosi:

$$H(t) = \begin{cases} 0 & \text{gdy } P(t) - 0,2S \leq 0,0 \\ \frac{(P(t) - 0,2S)^2}{P(t) + 0,8S} & \text{gdy } P(t) - 0,2S > 0,0 \end{cases} \quad (3)$$

gdzie:

- $t$  – czas [h],
- $H$  – sumowana wysokość opadu efektywnego w czasie od 0 do  $t$  [mm],
- $P$  – sumowana wysokość opadu średniego w czasie od 0 do  $t$  [mm],
- $S$  – maksymalna potencjalna retencja zlewni [mm]

$$S = 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (4)$$

Straty początkowe oraz pozostałe straty (zmienne w czasie) w modelu zostały uwzględnione za pomocą parametru CN – numer krzywej (*Curve Number*). Określany jest on na podstawie przepuszczalności gleb występujących w zlewni, sposobu użytkowania terenu, rodzaju upraw oraz uwilgotnienia gleb w zlewni w okresie poprzedzającym analizowany opad.

W zależności od możliwości powstawania odpływu powierzchniowego wyodrębniono cztery grupy gleb oznaczonych „A”, „B”, „C” i „D”. W warunkach Polski powyższy podział gleb jest trudny do zastosowania. Podział taki dla naszych warunków na podstawie nazw gleb zdefiniowanych przez Polskie Towarzystwo Gleboznawcze oraz na podstawie informacji literaturowych dotyczących składu mechanicznego i wartości współczynników infiltracji gleb został opracowany przez Ignara [5], co umożliwi wykorzystanie map glebowo-rolniczych opracowanych dla terenu Polski w modelu SCS.

Wartości parametru CN zostały stabelaryzowane (odnoszą się do przeciętnych warunków wilgotnościowych) [1]. Warunki te określane są jako *Antecedent Moisture Conditions* (AMC) lub też jako początkowe warunki wilgotności (PWW).

### 3. Klasy pokrycia terenu w programie CORINE Land Cover (CLC)

W projekcie CORINE Land Cover klasy pokrycia terenu zostały zorganizowane w trzech poziomach. W pierwszym poziomie znajduje się pięć głównych typów pokrycia globu ziemskiego. Poziom drugi stanowi piętnaście, a trzeci czterdzieści cztery klasy pokrycia terenu.

W ramach Unii Europejskiej poziom trzeci został wykorzystany do opracowania pokrycia terenu we wszystkich krajach członkowskich. Typy pokrycia terenu w tym poziomie różnią się od rodzajów pokryć terenu w modelu SCS, niektóre z nich są bardziej (np. lasy), inne mniej szczegółowe (np. drogi, rodzaje zabudów).

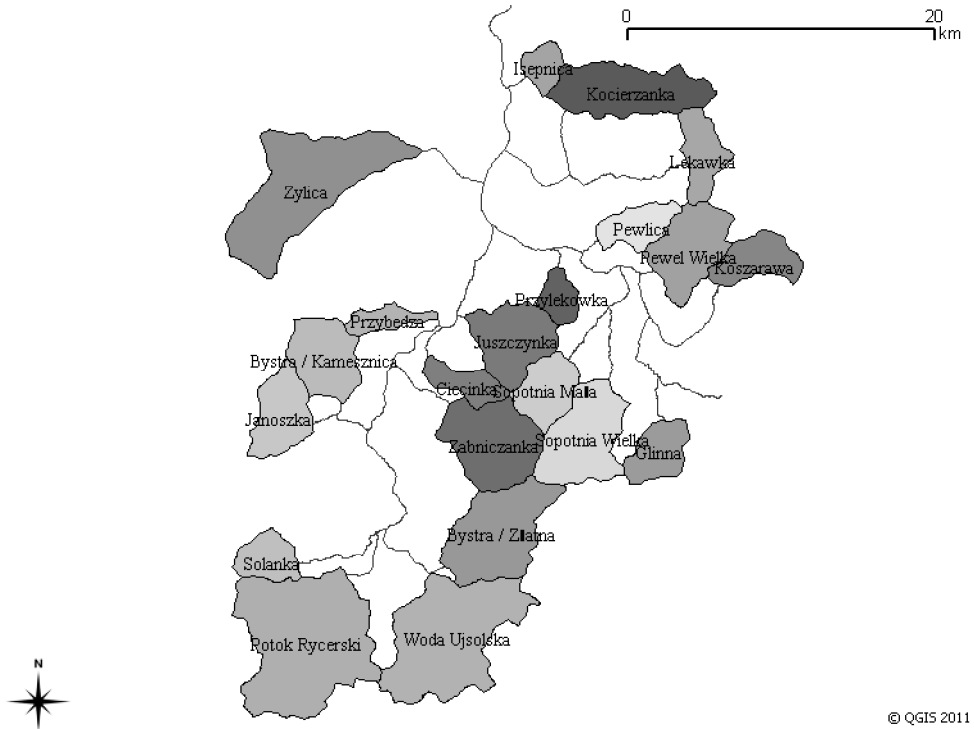
## 4. Eksperyment numeryczny

### 4.1. Dane wejściowe

Do analizy wybrano 21 zlewni cząstkowych w górnej partii zlewni rzeki Soły (rys. 1) o powierzchni do 65 km<sup>2</sup>. Wykorzystano mapy:

- gleb Polski w skali 1:300 000 do określenia rodzajów gleb,
- topograficzne w skali 1:25 000 do określenia rodzajów pokrycia terenu.

W celu wykonania analiz drugą mapę pokrycia terenu stanowiła rastrowa mapa CORINE Land Cover 2006 o rozdzielczości 100 m.



Rys. 1. Zlewnie wybrane do wykonania analiz  
 Fig. 1. Catchments selected for analysis

#### 4.2. Opracowanie danych

Po wykonaniu digitalizacji map topograficznych (układ współrzędnych 1992) i głębokich wyznaczono (tab. 1):

- granice zlewni,
- obszary gleb w zlewniach wg klasyfikacji SCS,
- zagospodarowanie powierzchni terenu na wyszczególnionych obszarach gleb.

Do wykonania powyższych czynności zastosowano program AutoCAD 2011 oraz bezpłatny program Quantum GIS 1.6.0. [8]. Każdej wprowadzonej linii lub poligonowi przypisano atrybuty zgodne z legendą wykorzystanych map.

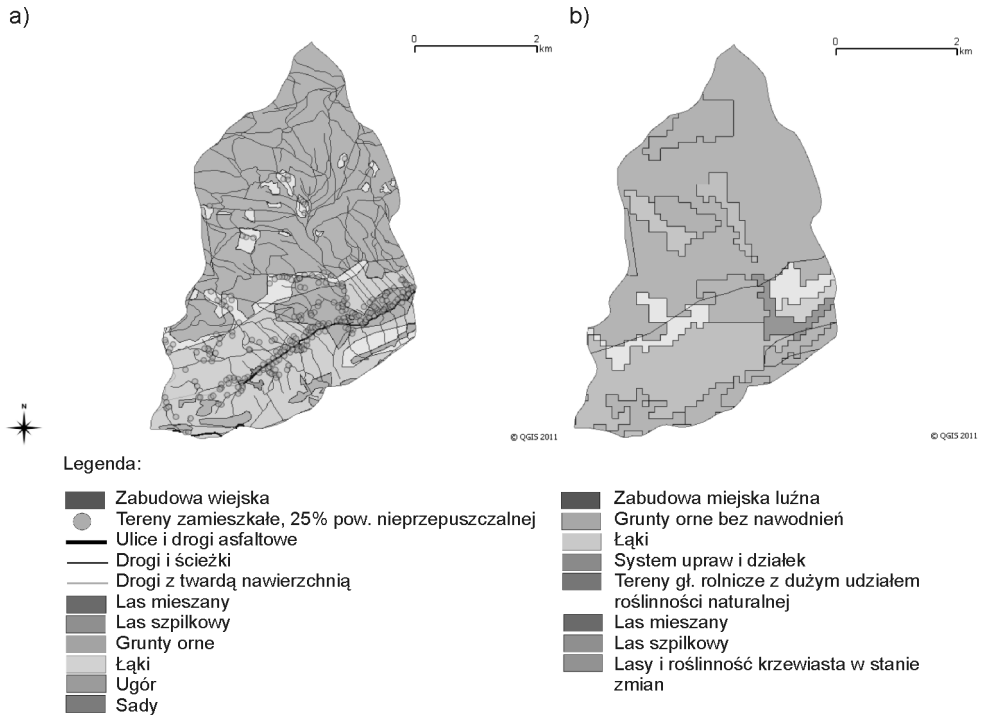
Posługując się rastrową mapą CORINE Land Cover 2006 [7], dokonano jej poligonizacji, a następnie za pomocą narzędzi geoprocesingu programu Quantum GIS wyznaczono pokrycie powierzchni terenu, opierając się na uprzednio wyznaczonych obszarach gleb.

Dla przykładu na rysunku 2 przedstawiono zagospodarowanie powierzchni terenu dla zlewni rzeki Juszczynki uzyskane na podstawie mapy topograficznej oraz rastrowej mapy CORINE Land Cover 2006.

Tabela 1

## Podstawowe parametry charakteryzujące zlewnię

Lp.	Nazwa zlewni	Powierzchnia zlewni [km <sup>2</sup> ]	Długość cieków głównego [km]	Powierzchnia gleb wg klasyfikacji SCS [km <sup>2</sup> ]			
				A	B	C	D
1	Bystra/Kamesznica	19,768	6,69	–	0	19,236	0,532
2	Bystra/Złatna	33,568	10,312	–	1,542	32,026	0
3	Cięcinka	9,038	6,572	–	0	7,919	1,119
4	Glinna	12,336	4,455	–	0,381	11,657	0,298
5	Isepnica	6,346	3,264	–	0	6,346	0
6	Janoszka	17,466	6,502	–	0	17,353	0,113
7	Juszczynka	22,067	7,621	–	0,459	16,135	5,473
8	Kocierzanka	28,879	11,019	–	0	28,879	0
9	Koszarawa	13,724	8,398	–	0,751	12,973	0
10	Łękawka	12,804	3,82	–	0,333	12,471	0
11	Pewel Wielka	22,692	7,754	–	0,536	17,543	4,613
12	Pewlica	11,029	6,31	–	0	11,029	0
13	Przybędza	6,694	6,738	–	0	6,088	0,606
14	Przyłkówka	6,850	3,912	–	0,064	6,786	0
15	Potok Rycerski	65,920	12,54	–	0,449	65,471	0
16	Solanka	10,536	5,423	–	0	10,536	0
17	Sopotnia Mała	14,638	5,923	–	0	14,638	0
18	Sopotnia Wielka	28,337	9,087	–	1,867	26,47	0
19	Woda Ujsolska	52,051	10,674	–	0,65	51,401	0
20	Żabniczanka	29,354	8,136	–	1,208	28,146	0
21	Żylica	52,256	17,693	–	1,882	48,965	1,409



Rys. 2. Zagospodarowanie powierzchni terenu zlewni Juszczynki uzyskane na podstawie:  
a) mapy topograficznej, b) rastrowej mapy CORINE Land Cover 2006

Fig. 2. Landuse of Juszczynka catchment from: a) topographical map,  
b) CORINE Land Cover 2006 raster map

#### 4.3. Wyniki obliczeń

Na podstawie opracowanych map gleb i map pokrycia powierzchni terenu w oparciu o tabele wartości parametru CN [1, 2] dla średnich warunków wilgotnościowych (AMC II) obliczono dla każdej zlewni średnią wartość tego parametru ze wzoru:

$$CN_{\text{sr}} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot CN_i)}{A} \quad (5)$$

gdzie:

- $A$  – powierzchnia zlewni [km<sup>2</sup>],
- $n$  – wartość będąca sumą liczby rodzajów pokrycia terenu na każdej z występujących klas gleb w danej zlewni [-],
- $A_i$  – powierzchnia danego pokrycia terenu  $i$  znajdującego się na określonej klasie gleby [km<sup>2</sup>],
- $CN_i$  – wartość parametru CN dla danego pokrycia terenu  $i$  znajdującego się na określonej klasie gleby [-].

Obliczenia wykonano dla map pokrycia terenu otrzymanych na podstawie mapy topograficznej oraz rastrowej mapy CORINE Land Cover 2006 (tab. 2).

Tabela 2

**Średnie wartości parametru CN oraz wartości potencjalnej retencji zlewni S**

Lp.	Nazwa zlewni	Wartość średnia parametru CN [-] obliczona na podstawie mapy		Błąd względny CN [%]	Maksymalna potencjalna retencja zlewni S [mm] obliczona na podstawie CN z mapy		Różnica $S_{top} - S_{CLC}$ [mm]	Błąd względny S [%]
		topograficznej	CLC2006		topograficznej	CLC2006		
1	Bystra/Kamesznica	74,53	76,34	-2,43	86,81	78,73	8,08	9,31
2	Bystra/Złotna	74,34	74,99	-0,87	87,67	84,73	2,93	3,34
3	Cięcinka	78,10	77,82	0,36	71,22	72,41	-1,19	-1,67
4	Glinna	74,24	75,02	-1,04	88,11	84,58	3,53	4,01
5	Isepnica	75,02	75,25	-0,31	84,57	83,53	1,05	1,24
6	Janoszka	75,93	76,98	-1,38	80,50	75,96	4,55	5,65
7	Juszczynka	78,34	77,91	0,55	70,21	72,02	-1,81	-2,57
8	Kocierzanka	73,85	73,37	0,65	89,95	92,21	-2,25	-2,50
9	Koszarawa	76,96	75,96	1,30	76,05	80,39	-4,34	-5,70
10	Łękawka	76,63	76,73	-0,13	77,47	77,05	0,42	0,54
11	Pewel Wielka	78,69	79,60	-1,15	68,78	65,11	3,67	5,33
12	Pewlica	77,82	78,05	-0,29	72,39	71,45	0,94	1,30
13	Przybędza	74,80	75,15	-0,47	85,58	83,97	1,60	1,87
14	Przyłkówka	78,00	77,20	1,03	71,65	75,03	-3,38	-4,72
15	Rycerski	74,76	74,85	-0,13	85,78	85,32	0,45	0,53
16	Solanka	76,26	76,55	-0,38	79,06	77,79	1,27	1,61
17	Sopotnia Mała	74,01	74,58	-0,77	89,20	86,57	2,63	2,95
18	Sopotnia Wielka	73,80	74,74	-1,27	90,19	85,86	4,33	4,80
19	Woda Ujsolska	75,15	74,62	0,71	83,98	86,41	-2,43	-2,90
20	Żabniczanka	74,23	75,39	-1,56	88,17	82,91	5,26	5,97
21	Żylica	75,89	77,49	-2,10	80,69	73,80	6,90	8,55

Dla każdej z analizowanych zlewni obliczono również wartość maksymalnej potencjalnej retencji zlewni  $S$ . Zależy ona od wartości parametru CN i warunkuje wysokość opadu efektywnego  $H$ .

Porównanie średnich wartości parametru CN obliczonych na podstawie mapy topograficznej i rastrowej mapy CORINE Land Cover 2006 w oparciu o błąd względny obliczony jako:

$$B = \frac{CN_{sr\ top} - CN_{sr\ CLC}}{CN_{sr\ top}} \cdot 100 \quad (6)$$

gdzie:

$CN_{sr\ top}$  – średnia wartość parametru CN obliczona na podstawie mapy topograficznej [-],

$CN_{sr\ CLC}$  – średnia wartość parametru CN obliczona na podstawie rastrowej mapy CORINE Land Cover [-],

wykazuje niewielkie jego wartości (do 2,5%), natomiast na uwagę zasługuje fakt, że w 75% przypadków średnia wartość parametru CN obliczona wg mapy CLC2006 jest większa niż wartość obliczona na podstawie mapy topograficznej. Wynika to z różnic w kategoriach zagospodarowania powierzchni terenu. Według mapy topograficznej wyróżniono 12 klas pokrycia terenu, w tym trzy dotyczące infrastruktury drogowej. Rastrowa mapa CLC2006 (w której wyróżniono 11 kategorii zagospodarowania powierzchni terenu) pomija ten typ zagospodarowania, ma natomiast bardziej rozbudowany podział gruntów ornych. Pomimo różnic w klasyfikacji zagospodarowania powierzchni terenu, niewielkie różnice średniej wartości parametru CN obliczonego dla mapy topograficznej i rastrowej CLC2006 wynikają także z rodzaju gruntów występujących na obszarze zlewni. Zlewnie, dla których wykonywano analizy, są zlewniami górskimi pokrytymi głównie glebami klasy „C” i „D” (wg SCS) o niskiej przepuszczalności. Wiąże się to z niewielkimi różnicami między wartościami parametru CN dla różnych rodzajów pokryć powierzchni terenu.

Dokonując analizy wartości maksymalnej potencjalnej retencji zlewni  $S$  obliczonej wg średnich wartości parametru CN dla mapy topograficznej i rastrowej CLC2006, mimo niewielkich różnic między nimi, można zauważyć różnice sięgające 10%. W przypadku obliczenia opadu efektywnego modelem SCS dla małych wartości sumy opadu średniego w zlewni (niewiele przekraczających wartość maksymalnej potencjalnej retencji zlewni  $S$ ) może oznaczać to wystąpienie dość znacznego błędu. Oczywiście wraz ze zwiększaniem się sumy opadu średniego w zlewni wartość tego błędu będzie się zmniejszać.

## 5. Wnioski

Podsumowując wyniki uzyskane w trakcie eksperymentu numerycznego, można stwierdzić, że:

- mimo różnic w rodzajach klas zagospodarowania terenu wyodrębnionych z mapy topograficznej i rastrowej mapy CORINE Land Cover 2006 średnie wartości parametru CN nie wykazują błędu względnego większego niż 2,5%,
- błąd względny wartości maksymalnej potencjalnej retencji zlewni  $S$  obliczonej dla obydwu typów analizowanych map nie przekracza 10%.



Można zatem stwierdzić, że rastrowa mapa CORINE Land Cover 2006 może być stosowana w modelu SCS do określania rodzajów zagospodarowania powierzchni terenu w zlewniach charakteryzujących się gruntami o niskiej przepuszczalności.

Wykorzystanie mapy CLC2006 pozwala na:

- znaczące skrócenie czasu opracowywania mapy pokrycia powierzchni terenu,
- korzystanie z bieżących wartości pokryć terenu dzięki wykonywanym aktualizacjom mapy.

## Literatura

- [1] Banasik K., *Model sedimentogramu wezbrania opadowego w małej zlewni rolniczej*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1994.
- [2] Ciepeliowski A., Dąbkowski S., *Metody obliczeń przepływów maksymalnych w małych zlewniach rzecznych*, Oficyna Wydawnicza Projprzem – EKO, Bydgoszcz 2006.
- [3] Crăciun A.I., Haidu I., Bilașco Ș., *The SCS-CN model Assisted by G.I.S. – Alternative Estimation of the Hydric Runoff in Real Time*, Geographia Technica, Cluj University Press, No. 1, 2007.
- [4] Jenicek M., *Runoff Changes in Areas Differing in Land-Use in the Blanic River – Application of the Deterministic Model*, Journal of Hydrology and Hydromechanics, Vol. 57, No. 3, 2009, 154-161.
- [5] Ignar S., *Metoda SCS i jej zastosowanie do wyznaczania opadu efektywnego*, Przegląd Geofizyczny, XXXIII, z. 4, 1988.
- [6] <http://www.eea.europa.eu> (7.12.2011).
- [7] <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster-1> (7.12.2011).
- [8] <http://www.qgis.org> (7.12.2011).