

*Antoni T. Miler*

**WPLYW ZMIAN UŻYTKOWANIA TERENU  
NA ODPIŁY WYWEZBRANIOWE Z OBSZARÓW  
O ZNACZNYM ZALESIENIU ROZTOCZA ŚRODKOWEGO**

---

***INFLUENCE OF LAND USE CHANGES TO FLOOD  
OUTFLOWS FROM AREAS WITH LARGE  
AFFORESTATION OF THE ROZTOCZE ŚRODKOWE***

**Streszczenie**

Ocenę wpływu zmian użytkowania terenu na odpływy wezbraniowe z obszarów o znacznym zalesieniu Roztocza Środkowego wykonano bazując na metodzie SCS-CN. Metoda ta pozwala wyliczyć z opadu całkowitego opad efektywny odpowiadający za odpływ bezpośredni. Oryginalna metoda SCS-CN opracowana została w zasadzie dla zlewni użytkowanych rolniczo [National Engineering Handbook 1956, 1985]. W niniejszej pracy zastosowano ideę adaptacji metody dla warunków leśnych [Okoński 2006; Okoński, Miler 2010]. Główny parametr metody –  $CN$  jest funkcją m.in. sposobu użytkowania terenu. Wartość empiryczną parametru  $CN_{emp}$  obliczono bazując na pomiarach hydrometeorologicznych wezbrań deszczowych, w reprezentatywnej dla Roztocza Środkowego, zlewni w Nadleśnictwie Tomaszów Lubelski, Leśnictwa Bełzec. Relacja pomiędzy wartością parametru empirycznego  $CN_{emp}$  oraz wartością jego odpowiednika z metody oryginalnej stanowi podstawę idei adaptacji metody do warunków badanej zlewni. W konsekwencji można prognozować jak zmiany użytkowania terenu, np. przebudowa drzewostanów, zalesienia lub wylesienia, zmiana upraw polowych, znaczące zmiany w infrastrukturze etc., będą wpływać na odpływy wezbraniowe (zmiany retencyjności) na reprezentatywnych terenach (quasi-jednorodnych w stosunku do badanej zlewni). Analizowana zlewnia rzeki Krynica (powierzchnia 19,1 km<sup>2</sup>, lesistość 49,3%) jest reprezentatywna dla Nadleśnictwa Tomaszów Lubelski. Jest również quasi-reprezentatywna dla Roztocza Środkowego. Obszar Nadleśnictwa Tomaszów Lubelski leży w południowo-wschodniej części województwa lubelskiego i północno-wschodniej części województwa podkarpackiego. Badana zlewnia rzeki Krynicy położona jest w makroregionie Roztocza, mezoregionie Rozto-

cza Środkowego. Obszar ten zaliczany jest do IV Krainy Mazowiecko-Podlaskiej. Na terenie Nadleśnictwa Tomaszów Lubelski dominują gleby rdzawe (42,65%) oraz gleby brunatne (26,51%). Dominują zespoły lasów bukowych i grądów. Gatunkiem panującym jest sosna, która zajmuje 55,37% powierzchni leśnej, buk 19,70%, dąb 11,07%, olsza 3,49%, jodła 3,24%, grab 1,73%, brzoza 2,14%, modrzew 1,19%, zaś inne gatunki stanowią bardzo cenną domieszkę biocenotyczną. Na terenie badanej zlewni skład granulometryczny gleb jest następujący: piasek luźny 70%, piasek gliniasty 15% i piasek gliniasty na utworze gliniasto-żwirowym 15%. W okresie badań (2009-2010) średni odpływ jednostkowy wynosił  $3,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ , natomiast maksymalny i minimalny odpowiednio  $17,2$  i  $1,0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ . Obliczenia przeprowadzono na podstawie pomierzonych wezbrań deszczowych. Bazując na wartościach  $CN_{emp}$  przedstawiono scenariusze zmian odpływów wezbrańowych (zmian retencyjności) wynikających ze zmian użytkowania terenu badanej zlewni.

**Słowa kluczowe:** metoda SCS-CN, zlewnie o znacznym zalesieniu, prognoza zmian retencyjności

### Summary

*Estimation of influence of land use changes to flood outflows from afforestation areas of the Roztocze Środkowe was worked out basing on SCS-CN method. This method permits calculation from total rainfall a direct runoff as equivalent to effective rainfall. The original SCS-CN method in principle was worked out for catchments of cultivated areas [National Engineering Handbook 1956, 1985]. Present paper is focused on the idea of adaptation original method to forest conditions [Okoński 2006; Okoński, Miler 2010]. The main parameter of this method – CN is a function e.g. of land use. The empirical values of parameter  $CN_{emp}$  were calculated basing on hydro-meteorological data of flood outflows at representative catchment of the Krynica River in the Roztocze Środkowe, in the area of the Tomaszów Lubelski Forest District, the Bełżec Forest Range. The dependence between empirical value of parameter  $CN_{emp}$  and his equivalent's value from original method is a basis idea of adaptation method SCS-CN to characteristics of investigated catchment. In consequence it gives then possibility to prognoses how the change of land use, e.g. forest stand reconstruction, afforestation, deforestation, change of field culture, significant change in infrastructure etc., will influence to flood outflows (change to water retention) at a representative areas (a quasi-homogeneous in relation to investigated catchment). The analyzed catchment of the Krynica River (area  $19.1 \text{ km}^2$ , afforestation 49.3%) is representative for the Tomaszów Lubelski Forest Division and quasi-representative to the Roztocze Środkowe (Poland). The Tomaszów Lubelski Forest Division is located in south-east part of lubelskie province and north-east part of podkarpackie province. The area of investigated catchment is situated within the following units: macroregion – Roztocze, mesoregion – Roztocze Środkowe; this area belong to IV Mazowiecko-Podlaska Land. On area of the Tomaszów Lubelski Forest Division predominate the rusty soils (42.65%) as well as the brown soils (26.51%). Associations of beech forests and oak-hornbeam forests predominate. Pine is the dominant species, covering 55.37% forested area, beech is found at 19.70%, oak at 11.07%, alder at 3.49%, fir at 3.24%, hornbeam at 1.73%, birch at 2.14% and*

*larch at 1.19%, while other species constitute a highly valuable admixture in the biocenosis. On area of investigated catchment granulometric composition is following: loose sand 70%, loamy sand 15% and loamy sand on loamy gravel 15%. Average daily specific discharge (in investigation period 2009-2010) was on level  $3.4 [l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}]$ , and maximum to minimum suitably  $17.2$  to  $1.0 [l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}]$ . The calculation was conducted using data of measuring rainy flood waves. The values of  $CN_{emp}$  were a base for introducing scenarios how changes of land use at investigation catchment are influencing to flood outflows (changing water retention).*

**Key words** : SCS-CN procedure, large afforested catchment, prognosis of retention changes

## WSTĘP

Pierwotna postać metody SCS-CN (Soil Conservation Service – Curve Number) opracowana została w połowie ubiegłego wieku [National Engineering Handbook 1956; Chow 1964]. W metodzie założono równość proporcji retencji aktualnej do maksymalnej potencjalnej retencji zlewni oraz opadu efektywnego do opadu całkowitego pomniejszonego o stratę początkową. Ustalono także empirycznie, że stosunek straty początkowej do maksymalnej potencjalnej retencji wynosi zwykle 0,2 [Mishra, Singh 2003]. W konsekwencji opad efektywny wyrazić można jako prostą funkcję opadu całkowitego i maksymalnej potencjalnej retencji. Arbitralnie przyjęto dalej, iż maksymalna potencjalna retencja związana jest z bezwymiarowym parametrem  $CN \in (0, 100]$ . Zatem opad efektywny w metodzie SCS-CN wyrażony jest jako funkcja opadu całkowitego i parametru  $CN$ . Parametr ten zestawiany jest zazwyczaj tabelarycznie i ujmuje kategorię użytkowania (rodzaj pokrycia, formę zagospodarowania terenu) terenu oraz grupę glebową (skład granulometryczny). Wartość opadu efektywnego zależy również od aktualnych warunków wilgotnościowych w zlewni. Wskaźnikiem reprezentującym te warunki jest zazwyczaj suma opadów w okresie 5 dni poprzedzających analizowany opad wezbraniowy [National Engineering Handbook 1985]. Przyjęto trzy poziomy warunków wilgotnościowych zlewni AMC (Antecedent Moisture Conditions):  $AMC_I$  – gleby suche,  $AMC_{II}$  – warunki przeciętne,  $AMC_{III}$  – gleby znacznie uwilgotnione). Zatem każdemu z tych poziomów odpowiadają stosowne wartości  $CN_I$ ,  $CN_{II}$  i  $CN_{III}$ . Dla przeliczania wartości  $CN$  pomiędzy poziomami warunków wilgotnościowych zostały empirycznie ustalone stosowne zależności (np. Mishra i Singh [2003a]).

Oryginalne zestawy wartości parametrów  $CN$  opracowano dla warunków USA (m.in. Mishra i Singh [2003]). Dla warunków polskich adaptację metody SCS-CN zaproponował m.in. Ignar [1986, 1993]. Metoda była pierwotnie opracowana i testowana głównie dla obszarów użytkowanych rolniczo. Próby zastosowania metody dla obszarów leśnych były stosunkowo nieliczne (w Polsce – Cielielowski i in. [2002]; Okoński [2006]; Okoński, Miler [2010]).

Celem pracy jest przedstawienie możliwości oceny wpływu zmian użytkowania terenu na wielkości odpływów wezbraniowych (zdolności retencyjne zlewni) poprzez estymację empirycznego parametru  $CN_{emp}$  w metodzie SCS-CN, a następnie badanie jego zmienności. Przykładowe obliczenia dotyczą małej zlewni rzeki Krynica w Nadleśnictwie Tomaszów Lubelski, Roztocze Środkowe.

## METODYKA

Dysponując pomiarami hydrometeorologicznymi dotyczącymi  $N$  wezbrań w badanej zlewni można dla każdego z wezbrań obliczyć maksymalną potencjalną retencję ( $S_i$ ), wynikającą bezpośrednio z równania podstawowego metody SCS-CN:

$$S_i = 5 \cdot \left( P_i + 2 \cdot Pe_i - \sqrt{4 \cdot Pe_i^2 + 5 \cdot P_i \cdot Pe_i} \right) \quad (1)$$

gdzie:

- $P_i$  – opad całkowity dla  $i$ -ego wezbrania [mm],
- $Pe_i$  – opad efektywny dla  $i$ -go wezbrania, równy wskaźnikowi odpływu bezpośredniego [mm],
- $S_i$  – maksymalna potencjalna retencja odpowiadająca parze ( $P_i, Pe_i$ ) [mm] [Okoński 2006; Okoński, Miler 2010].

Następnie oblicza się przeciętną maksymalną potencjalną retencję ( $S_{sr}$ ) dla badanej zlewni. (Obliczenia te należy wykonywać oddzielnie dla różnych poziomów warunków wilgotnościowych AMC.)

Dalej dla przeciętnej maksymalnej potencjalnej retencji ( $S_{sr}$ ) oblicza się odpowiadający jej przeciętny parametr  $CN_{sr}$  [Hawkins 1979]; zależność ta wynika bezpośrednio z definicji parametru  $CN$ :

$$CN_{sr} = \frac{25400}{254 + S_{sr}} \quad (2)$$

gdzie:

- $CN_{sr}$  – przeciętny parametr  $CN$  [-],
- $S_{sr}$  – przeciętna maksymalna potencjalna retencja [mm].

Z założeń metody SCS-CN wynika, że wartości skrajne parametru:  $CN=1$  i  $CN=100$  nie są związane z kategorią użytkowania. Pierwsza z tych wartości odpowiada powierzchni doskonale przepuszczalnej, dla której odpływ bezpośredni nie występuje niezależnie od wysokości opadu ( $Pe=0$ ). Natomiast druga odpowiada powierzchni całkowicie nieprzepuszczalnej, dla której opad całkowity przekształca się w całości w opad efektywny ( $P=Pe$ ) [Mishra, Singh 2003].

Uwzględniając powyższe założenia dotyczące wartości skrajnych parametru  $CN$  (1 i 100) oraz przyjmując, że wartość empiryczna parametru  $CN_{emp}$  (dla warunków badanej zlewni) odpowiada  $CN_{sr}$ , można określić 3 pary korespondujących ze sobą wartości. Pozwala to na wykorzystanie uogólnionej postaci wzoru (obliczenie parametrów  $a$ ,  $b$  w równaniu (3)) opracowanego do przeliczania parametru  $CN$  według metody oryginalnej na wartości  $CN_{emp}$  dostosowane do warunków badanej zlewni [Woodward i in. 2003]:

$$CN_{emp} = \frac{100}{a \cdot \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)^b + 1} \quad (3)$$

gdzie:

- $CN_{emp}$  – empiryczny parametr  $CN$ ,
- $CN$  – parametr według metody oryginalnej (np. National Engineering Handbook [1985]),
- $a$ ,  $b$  – współczynniki.

Bazując na równaniu (3) przelicza się parametry  $CN$  według metody oryginalnej (tj. wartości z całej tabeli) na parametry  $CN_{emp}$  uwzględniające warunki odpływu z badanej zlewni.

Wartość parametru  $CN$  oczywiście oblicza się jako średnią ważoną, biorąc pod uwagę procentowe udziały gatunków gleb w pokrywie glebowej oraz procentowe udziały roślin w szacie roślinnej zlewni (na gruntach ornych, ugorach, łąkach i pastwiskach oraz w lasach).

## WYNIKI

Analizy wpływu zmian użytkowania terenu na odpływy wezbraniowe przeprowadzono na podstawie wyników szczegółowych badań hydrometeorologicznych, w quasi-reprezentatywnej dla Rostocza Środkowego, zlewni rzeki Krynica znajdującej się na terenie Nadleśnictwa Tomaszów Lubelski. Zlewnia ta zajmuje powierzchnię 19,1 km<sup>2</sup> i w dużym stopniu jest zalesiona (49,3%). Badana zlewnia rzeki Krynicy położona jest w makroregionie Rostocza, mezoregionie Rostocza Środkowego (Kondracki 2001). Obszar ten zaliczany jest do IV Krainy Mazowiecko-Podlaskiej [Trampler i in. 1990].

Nadleśnictwo Tomaszów Lubelski leży w południowo-wschodniej części województwa lubelskiego i północno-wschodniej części województwa podkarpackiego. Na terenie Nadleśnictwa Tomaszów Lubelski dominują gleby rdzawe (42,65%) oraz gleby brunatne (26,51%). Drzewostany charakteryzują się dużym bogactwem pod względem przyrodniczym, złożoną budową oraz różnorodnością

gatunkową. Dominują zespoły lasów bukowych i grądów. Gatunkiem panującym jest sosna, która zajmuje 55,37% powierzchni leśnej, buk 19,70%, dąb 11,07%, olsza 3,49%, jodła 3,24%, grab 1,73%, brzoza 2,14%, modrzew 1,19%, zaś inne gatunki stanowią bardzo cenną domieszkę biocenotyczną [Operat 2010]. Na terenie badanej zlewni skład granulometryczny gleb (gatunek gleb) jest następujący: piasek luźny 70%, piasek gliniasty 15% i piasek gliniasty na utworze gliniasto-żwirowym 15%. Obecnie tereny badanej zlewni rzeki Krynica użytkowane są następująco: tereny zalesione 49,3%, grunty orne 35,7%, łąki (użytki zielone) 5%, nieużytki, w tym tereny zabudowane 10%.

W okresie badań (2009-2010) średni odpływ jednostkowy wynosił  $3,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ , natomiast maksymalny i minimalny odpowiednio  $17,2$  i  $1,0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$  [Miler, Bronikowski 2010].

W tabeli 1 zestawiono syntetyczną charakterystykę 5-ciu pomierzonych wezbrań deszczowych, przy poziomie warunków wilgotnościowych  $AMC_I$  ( $P_{5d} < 13 \text{ mm}$ ) - gleby suche.

**Tabela 1.** Charakterystyka wezbrań w badanej zlewni  
**Table 1.** Characteristics of flood waves in the investigated catchment

L.p.	$P_{5d}$ [mm]	$P$ [mm]	$Pe$ [mm]	$\alpha_w$ [%]	$Q_p$ [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ]	$Q_m$ [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ]	$S$ [mm]
1.	3	145	2,19	1,51	18,2	79,2	546,5
2.	4	93	1,83	1,97	28,0	79,2	336,3
3.	8	111	2,45	2,21	28,0	110,7	393,5
4.	0	113	3,46	3,06	22,4	146,6	375,8
5.	12	142	4,64	3,27	41,1	116,4	465,7

Oznaczenia:

$P_{5d}$  – suma opadów w okresie pięciu dni poprzedzających opad całkowity (wezbraniowy), total 5-day rainfall antecedent to flood total rainfall,

$P$  – opad całkowity, flood total rainfall,

$Pe$  – opad efektywny, effective rainfall,

$\alpha_w$  – współczynnik odpływu wezbraniowego, flood runoff coefficient,

$Q_p$  – przepływ odpowiadający podstawie fali wezbraniowej, initial discharge,

$Q_m$  – przepływ maksymalny, maximum of discharge,

$S$  – maksymalna potencjalna retencja, obliczana wg. metody SCS-CN, maximum potential storage, calculated by SCS-CN method:

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

$CN$  – wartość parametru według metody oryginalnej, parameter value according to original method (np. e.g. National Engineering Handbook [1985]).

Opady efektywne utożsamiano ze wskaźnikami odpływu fal wezbraniowych, po odjęciu wskaźników odpływu związanych z podstawami fal.

Wartość parametru  $CN$  według metody oryginalnej dla badanej zlewni (obliczona jako średnia ważona) wynosi  $52,82 \approx 53$  ( $AMC_{II}$ ).

Obliczona wartość  $CN_{sr} = 37,49$  (równanie 2) została przeliczona na przeciętne warunki wilgotnościowe  $AMC_{II}$  (wg. Mishra i Singh [2003a])

$$CN_{II} = \frac{2,281 \cdot CN_I}{1 + 0,01281 \cdot CN_I} \quad (5)$$

i wynosi  $57,77 \approx 58$ .

Następnie obliczono parametry równania (3):  $a = 0,822331$  oraz  $b = 1,04257$  (pakiet Statistica 9.0, Modele zaawansowane → Estymacja nieliniowa → Regresja użytkownika (3)).

Wartości parametru  $CN$  według metody oryginalnej SCS-CN dla przeciętnych warunków wilgotnościowych ( $AMC_{II}$ ) podają m.in. Okoński i Miler [2010].

Bazując na równaniu (3) przeliczono wartości parametru  $CN$  odnoszące się do metody oryginalnej SCS-CN na wartości empiryczne  $CN_{emp}$ , związane ze zlewnią badanego cieką (tab.2).

## DYSKUSJA

Przyjmując hipotetycznie wystąpienie klęsk ekologicznych na obszarach zalesionych takich jak pożary, gradacje owadzie, wiatrolomy i wiatrowały, których skutkiem jest znaczne zmniejszenie poszycia leśnego, można przewidywać zmiany zdolności retencyjnych jakie nastąpią w zlewni rzeki Krynica.

Dla zlewni o obecnym procencie zalesienia (49,3%) przy zadrzewieniu równym 1 parametr  $CN_{emp}$  przyjmuje wartość 53,1 (przy  $AMC_{II}$  – tabela 2).

W przypadku całkowitego wylesienia spowodowanego np. pożarami, a następnie założeniem nowej uprawy leśnej (do 3 lat) parametr  $CN_{emp}$  przyjmuje wartość 67,4.

Gdyby po pożarach grunty te zastały ekstensywnie zagospodarowane rolniczo (uprawy roślin okopowych lub zbożowe, niska kultura uprawy) to parametr  $CN_{emp}$  przyjąłby wartość 75,8.

Dla powierzchni z wiatrolomami w wiatrowałami  $CN_{emp}$  równe jest 63,4, podobną wartość  $CN_{emp}$  (63,9) przyjmuje dla powierzchni uszkodzonych np. w wyniku pojawienia się szkodników pierwotnych, gdzie zadrzewienie może spaść do 0,1.

Gdyby wszystkie grunty orne i użytki zielone w badanej zlewni zostały zalesione, przy zadrzewieniu 1, to parametr  $CN_{emp}$  miałby wartość 39,4.

Wraz ze zmniejszeniem się lesistości zwiększa się odpływ efektywny a tym samym spadają możliwości retencyjne zlewni.

Wartość  $CN_{emp}$  zmienia się też znacząco wraz ze zmianą poziomu warunków wilgotnościowych zlewni AMC. Dla poziomu  $AMC_I$  (gleby suche)  $CN_{emp}$  wynosi 37,5, a dla poziomów:  $AMC_{II}$  (warunki przeciętne) i  $AMC_{III}$  (gleby znacznie uwilgotnione) odpowiednio 57,8 i 76,2 (wg wzorów przeliczeniowych Mishra i Singh 2003a).

**Tabela 2.** Empiryczne wartości parametru  $CN_{emp}$  dla zlewni rzeki Krynica (dla  $AMC_{II}$ )

**Table 2.** Empirical values of  $CN_{emp}$  parameter for the Krynica River catchment (for  $AMC_{II}$ )

Kategoria użytkowania Land use	Zadrzewienie Density of trees	Grupy glebowe Soil group			
		A	B	C	D
Drzewostany Forest stand	0,1	50	71	81	86
	0,2	48	70	80	86
	0,3	45	68	79	85
	0,4	42	67	78	84
	0,5	40	65	77	83
	0,6	38	64	77	83
	0,7	36	63	77	82
	0,8	32	62	76	82
	0,9	30	61	76	81
	≥ 1	28	60	75	81
Uprawy leśne do 3 lat Forest planting till 3 years		57	75	85	89
Uprawy leśne powyżej 3 lat Forest planting more 3 years		51	71	81	86
Halizny do 3 lat Failplaces till 3 years		53	73	83	87
Halizny powyżej 3 lat Failplaces more 3 years		47	69	79	85
Powierzchnie wiatrołomów i wiatrowałów Areas of windfalls and windthrows		49	70	76	86
Pożarzyska leśne (pożar całkowity) Burned forest area (total burn)	0,1-0,3	50	71	81	86
	0,4-0,6	42	68	78	84
	≥ 0,7	38	63	77	82
Murawy przemysłowe Industrial swards		56	76	85	88
Zarośla przemysłowe Industrial shrubs		48	70	80	86
Ugory trawiaste Grassy fallows		55	75	84	87
Uprawy roślin okopowych niska kultura uprawy Row crops poor cultivation		77	85	91	93
Uprawy roślin okopowych wysoka kultura uprawy Row crops good cultivation		72	82	88	92
Uprawy zbożowe niska kultura uprawy Small grain poor cultivation		70	80	87	91
Uprawy zbożowe wysoka kultura uprawy Small grain crops good cultivation		68	79	86	90
Pastwiska Pastures		54	74	83	87
Obszary osiedlowe wiejskie Rural settlements		64	78	86	89
Bagna Swamps		99			
Wody otwarte Surface water		100			



Przyjmując przykładowo, opad całkowity ( $P$ ) na poziomie 100 mm, przy poziomie przeciętnym warunków wilgotnościowych ( $AMC_{II}$ ), współczynnik odpływu wezbraniowego ( $\alpha_w$ ) w zależności od zmiany użytkowania zlewni z obecnego na najbardziej niekorzystny pod względem zdolności retencyjnych (uprawy roślin okopowych i zbożowych, niska kultura uprawy), ulega prawie trzykrotnemu (2,7 razy) wzrostowi.

## WNIOSKI

1. Procedura adaptacji wartości parametru  $CN$  przyjętych w metodzie oryginalnej do warunków fizycznogeograficznych danej zlewni jest stosunkowo prosta i może być podstawą oceny jak zmiana użytkowania zlewni wpływa na jej zdolności retencyjne – zmianę wielkości fal wezbraniowych.

2. Przykładowe obliczenia wykonano dla małej zlewni o znacznym zalesieniu w Nadleśnictwie Tomaszów Lubelski. Jest ona quasi-reprezentatywna dla zlewni Roztocza Środkowego. Stwarza to możliwość ewentualnego zastosowania obliczonej wartości parametru  $CN_{emp}$  dla innych podobnych zlewni w tym regionie.

3. Wartości parametru  $CN_{emp}$  mogą być podstawą opracowywania bardziej obiektywnych scenariuszy zmian stosunków wodnych wynikających ze zmian w użytkowaniu terenu.

## BIBLIOGRAFIA

- Ciepielowski A., Wójcik J., Banasik K. *Adaptation of the SCS unit hydrograph method to the conditions in Polish forests*. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Hydro-Science and Engineering (ICHE), Warsaw 2002, 1-10.
- Chow V.T. *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York 1964.
- Hawkins R.H. *Runoff curve numbers from partial area watersheds*, Proc. American Society of Civil Engineering, 105(IR4), 1979.
- Ignar S. *Określanie opadu efektywnego metodą SCS*. Maszyn. Kat. Bud. Wod. SGGW. Warszawa 1986.
- Ignar S. *Metodyka obliczania przepływów wezbraniowych w zlewniach nieobserwowanych*, Wyd. SGGW, Rozpr. Nauk. i Monogr., Warszawa 1993.
- Kondracki J. *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
- Miler A.T., Bronikowski A. *Water relations in forested areas in the Tomaszów Lubelski Forest Division. Infrastructure and Ecology of Rural Areas*. Commission of Technical Rural Infrastructure, Polish Academy of Sciences, Cracow Branch, No. 11, 2010, 23-30.
- Mishra S.K., Singh V.P. *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2003.
- Mishra S.K., Singh V.P. *SCS-CN Method. Part I: Derivation of SCS-CN-Based Models*. Acta Geophys. Pol. 51, 2003a, 1:107-123.
- National Engineering Handbook*. Hydrology, Section 4, US Dept. of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington D.C. 1956.

- National Engineering Handbook*. Hydrology, Section 4, US Dept. of Agriculture, National Resources Conservation Service, Washington D.C. 1985.
- Okoński B. *Modelowanie odpływu bezpośredniego w zależności od stanów pokrycia zlewni leśnej*. Seria Rozpr. Nauk. Zesz., 374, Wyd. AR, Poznań 2006.
- Okoński B., Miler A.T. *Adaptacja metody SCS-CN dla obliczania opadu efektywnego w zlewniach leśnych*. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, vol. 68, tom 1, Hydrologia w inżynierii i gospodarce wodnej (pod red. B. Więzika), 2010, 143-152.
- Operat Urządzenia Gospodarstwa Leśnego dla Nadleśnictwa Tomaszów Lubelski* opracowany na okres 01.01.2010 – 31.12.2019, 2010.
- Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A. *Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych*. PWRiL Warszawa 1990.
- Woodward D.E., Hawkins R.H., Jiang R., Hjelmfelt A.T., Van Mullem J.A., Quan D.Q. *Runoff Curve Number Method: Examination of the Initial Abstraction Ratio* [w:] (P.Bizier, A.DeBarry eds.) World Water and Environmental Resources Congress Proceedings, Philadelphia 24-26.06.2003, (2003) A.S.C.E./ E.W.R. I.

Prof. dr hab. inż. Antoni T. Miler  
Katedra Inżynierii Leśnej  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
60-623 Poznań  
ul. Mazowiecka 41  
tel./fax +48 61 848 73 66  
e-mail: amiler@up.poznan.pl