

Antoni T. Miler

**WPLYW EWENTUALNYCH ZMIAN UŻYTKOWANIA
TERENU NA ODPLYWY WEZBRANIOWE
Z REPREZENTATYWNEJ ZLEWNI LEŚNEJ
POJEZIERZA KRAJEŃSKIEGO**

***INFLUENCE OF POSSIBLE LAND USE CHANGES TO
FLOOD OUTFLOWS FROM REPRESENTATIVE FOREST
CATCHMENT OF THE KRAJEŃSKIE LAKELAND***

Streszczenie

Ocenę wpływu zmian użytkowania terenu na odpływy wezbraniowe z terenów leśnych Pojezierza Krajeńskiego 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 Pojezierza Krajeńskiego, zlewni leśnej w Nadleśnictwie Lipka, Leśnictwie Biskupice. 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 położona jest w III-ciej Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, 2-giej Dzielnicy Pojezierza Krajeńskiego, należy do mezoregionu Wysoczyzny Krajeńskiej. Powierzchnia zlewni wynosi 182,26ha, z czego 174,02ha (95%) to tereny leśne, pozostałe 8,24ha – 5% stanowią grunty orne i łąki. Dominującym

rodzajem gleby są gleby rdzawe (ok. 86% powierzchni zlewni). Głównymi typami siedliskowymi w lasach są bory świeże (Bśw) i bory mieszane świeże (BMśw) (ok. 90% powierzchni leśnej zlewni). Głównym gatunkiem lasotwórczym jest sosna zwyczajna (93% powierzchni leśnej). Długość cieku nr 17-86-1 odprowadzającego wodę ze zlewni wynosi 1540 m. Średni dobowy odpływ jednostkowy (w okresie badań 2004-2006) wynosił 6,4 [$l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$], a minimalny i maksymalny odpowiednio 2,5 i 25,5 [$l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$]. Obliczenia przeprowadzono na podstawie 14-tu pomierzonych wezbrań deszczowych. Bazując na wartościach CN_{emp} przedstawiono scenariusze zmian odpływów wezbraniowych (zmian retencyjności) wynikających ze zmian użytkowania terenu badanej zlewni.

Słowa kluczowe: metoda SCS-CN, zlewnie leśne, prognoza zmian retencyjności

Summary

*Estimation of influence of land use changes to flood outflows from afforestation areas of the Krajeńskie Lakeland 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 river no. 17-86-1 in the Krajeńskie Lakeland, in the area of the Lipka Forest District, the Biskupice 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 is located in the III Wielkopolsko-Pomorska Land, the Two Krajeńskie Lakeland District, the Wysoczyzna Krajeńska mesoregion (Poland). The investigated catchment cover the area of 182.26ha; 174.02ha – 95% covered by forests, and 8.24ha – 5% arable land and meadows. The dominant soils are rusty soils (about 86% of catchment area) and similar. The dominant forest habitat types are: fresh coniferous forest (sign Bśw – in Polish standards) and fresh mixed coniferous forest (BMśw) – about 90% of catchment afforestation area. Main species at afforestation area is ordinary pine (*Pinus sylvestris* L.) (93% of forest area). The length of the watercourse no. 17-86-1 channelling the water from the catchment is 1540m. Average daily specific discharge (in investigation period 2004-2006) was on level 6.4 [$l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$], and minimum to maximum suitably 2.5 to 25.5 [$l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$]. The calculation was conducted using data of 14 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, forest 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, 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 – Cielieński i in. [2002]; Okoński [2006]; Okoński, Miler [2010]).

Celem pracy jest przedstawienie możliwości oceny wpływu zmian użytkowania terenu na wielkość 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 leśnej w Nadleśnictwie Lipka, Pojezierze Krajeńskie.

METODYKA

Dysponując pomiarami hydrometeorologicznymi dotyczącymi N wezbrań w badanej zlewni można dla każdego z wezbrań obliczyć maksymalną poten-

cjalną 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 przekształcany jest 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).

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Analizy wpływu zmian użytkowania terenu na odpływy wezbraniowe przeprowadzono na podstawie wyników szczegółowych badań hydrometeorologicznych, w reprezentatywnej dla Pojezierza Krajeńskiego, zlewni niewielkiego ciek (zapisanego w ewidencji pod numerem 17-86-1), znajdującej się na terenie Nadleśnictwa Lipka w południowej części leśnictwa Biskupice. Tereny te według obowiązującego podziału Polski na krainy i dzielnice przyrodniczo-leśne [Tramplera i in. 1990] należą do III Krainy Wielkopolsko-Pomorskiej, 2-giej Dzielnicy Pojezierza Krajeńskiego, mezoregionu Wysoczyzny Krajeńskiej [Kondracki 2001].

Dawniej teren ten był w większości użytkowany rolniczo, przez mieszkańców nieistniejącej już dziś miejscowości Grudnia. Po II wojnie światowej tereny uprawowe zalesiono. Powierzchnia wyznaczonej zlewni wynosi 182,26ha, z czego 174,02ha (95%) to tereny leśne, pozostałe 5% stanowią grunty orne i łąki. Dominującym rodzajem gleby są gleby rdzawe. Występują one na ok. 86% powierzchni zlewni. Zgodnie z opisem taksacyjnym głównymi typami siedliskowymi są bory świeże (Bśw) i bory mieszane świeże (BMśw), zajmują one łącznie 90% powierzchni leśnej zlewni. Głównym gatunkiem lasotwórczym jest sosna zwyczajna. Drzewostany sosnowe stanowią aż 93% powierzchni leśnej, pozostałe 7% to lasy olchowe i świerkowe [Opis taksacyjny 2002; Plan urządzania 2002]. Długość ciek nr 17-86-1 odprowadzającego wodę ze zlewni wynosi 1540 m. Średni dobowy odpływ jednostkowy (w okresie badań 2004-2006) wynosił $6,4 [l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}]$, a minimalny i maksymalny odpowiednio 2,5 i $25,5 [l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}]$ [Miler i in. 2008]. W tabeli 1 zestawiono syntetyczną charakterystykę 14 pomierzonych wezbrań deszczowych, przy poziomie warunków wilgotnościowych AMC_I (najczęściej występujących w okresach wegetacyjnych). Wezbrania te opisano szczegółowo w pracy Milera i Drobiewskiej [2007].

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 (grupa glebowa B, zdrzewienie 0,7) wynosi 58 (dla AMC_{II}) [Okoński, Miler 2010].

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

L.p.	P [mm]	Pe [mm]	α_w [%]	S [mm]
1.	6,7	0,11	1,64	24,9
2.	44,3	0,77	1,74	163,4
3.	5,9	0,11	1,86	21,5
4.	13,7	0,30	2,19	48,6
5.	10,7	0,50	4,67	32,2
6.	11,4	0,09	0,79	46,5
7.	20,0	0,47	2,35	70,1
8.	23,2	0,57	2,46	80,6
9.	13,2	0,17	1,29	50,9
10.	19,8	0,25	1,26	76,5
11.	12,3	0,45	3,66	39,3
12.	17,1	0,48	2,81	57,9
13.	9,6	0,41	4,27	29,5
14.	17,1	0,86	5,03	50,4

Oznaczenia (Notation):

P - opad całkowity, flood total rainfall,

Pe - opad efektywny, effective rainfall,

α_w - współczynnik odpływu wezbraniowego ($Pe/P \cdot 100\%$), flood runoff coefficient,

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]).

Obliczona wartość $CN_{sr}=81,78$ (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 91,00.

Następnie obliczono parametry równania (3): $a = 0,155642$ oraz $b = 1,404820$ (pakiet Statistica 8.0, Zaawansowane modele liniowe i nieliniowe → Estymacja nieliniowa → Funkcja estymowana (3)).

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

Tabela 2. Empiryczne wartości parametru CN_{emp} dla zlewni ciek nr 17-86-1 (dla AMC_{II})

Table 2. Empirical values of CN_{emp} parameter for the river no. 17-86-1 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	82,9	94,2	97,2	98,3
	0,2	81,2	93,9	97,0	98,2
	0,3	79,4	93,1	96,8	98,0
	0,4	76,4	92,7	96,5	97,8
	0,5	74,1	91,9	96,3	97,6
	0,6	71,7	91,5	96,0	97,6
	0,7	69,0	91,0	96,0	97,4
	0,8	64,6	90,5	95,8	97,4
	0,9	61,4	90,0	95,8	97,2
	≥ 1	57,9	89,5	95,5	97,2
Uprawy leśne do 3 lat Forest planting till 3 years		87,8	95,5	98,0	98,8
Uprawy leśne powyżej 3 lat Forest planting more 3 years		83,7	94,2	97,2	98,3
Halizny do 3 lat Failplaces till 3 years		85,2	94,9	97,6	98,5
Halizny powyżej 3 lat Failplaces more 3 years		80,2	93,5	96,8	98,0
Powierzchnie wiatrolomów i wiatrowałów Areas of windfalls and windthrows		82,1	93,9	95,8	98,2
Pożarzyska leśne (pożar całkowity) Burned forest area (total burn)	0,1-0,3	82,9	94,2	97,2	98,3
	0,4-0,6	76,4	93,1	96,5	97,8
	$\geq 0,7$	71,7	91,0	96,0	97,4
Murawy przemysłowe Industrial swards		87,2	95,8	98,0	98,7
Zarośla przemysłowe Industrial shrubs		81,2	93,9	97,0	98,2
Ugory trawiaste Grassy fallows		86,5	95,5	97,8	98,5
Uprawy roślin okopowych niska kultura uprawy Row crops poor cultivation		96,0	98,0	99,1	99,4
Uprawy roślin okopowych wysoka kultura uprawy Row crops good cultivation		94,6	97,4	98,7	99,2
Uprawy zbożowe niska kultura uprawy Small grain poor cultivation		93,9	97,0	98,5	99,1
Uprawy zbożowe wysoka kultura uprawy Small grain crops good cultivation		93,1	96,8	98,3	98,9
Pastwiska Pastures		85,9	95,2	97,6	98,5
Obszary osiedlowe wiejskie Rural settlements		91,5	96,5	98,2	98,8
Bagna Swamps		99,9			
Wody otwarte Surface water		100			

Objaśnienie (Explanation):

Grupa glebowa – gatunek gleby dla polskich standardów
(Soil group – soil texture for Polish standards) [Ignar 1993]

Bazując na równaniu (3) przeliczono wartości parametru CN odnoszące się do metody oryginalnej SCS-CN na wartości empiryczne CN_{emp} , związane ze zlewnią badanego ciekę nr 17-86-1 (tab.2).

Obecnie obszar gdzie zlokalizowana jest zlewnia badanego ciekę nr 17-86-1 pokryty jest w 89% sosną. Drzewostany złożone z monokultur sosnowych są mniej odporne na czynniki zewnętrzne (biotyczne, abiotyczne, antropogeniczne). Przyjmując hipotetycznie występowanie klęsk ekologicznych na tym obszarze takich jak pożary, gradacje owadzie, wiatrołomy i wiatrowały, których skutkiem jest znaczne zmniejszenie posycia leśnego, jesteśmy w stanie przewidzieć zmiany zdolności retencyjnej jakie nastąpią w zlewni. Dla zlewni o zadrzewieniu równym 1 parametr CN_{emp} przyjmuje wartość 89,5. W przypadku całkowitego wylesienia spowodowanego pożarami, a następnie założeniem nowej uprawy leśnej (do 3 lat) parametr CN_{emp} przyjmuje wartość 95,5. Gdyby po pożarach grunty zastały ekstensywnie zagospodarowane rolniczo (uprawy roślin okopowych niska kultura uprawy), co już miało miejsce w przeszłości, to CN_{emp} przyjąłby wartość 98,0. Dla powierzchni z wiatrołomami w wiatrowałami CN_{emp} równe jest 93,9, a dla powierzchni uszkodzonych np. w wyniku pojawienia się szkodników pierwotnych sosny, gdzie zadrzewienie może spaść do 0,1, CN_{emp} wynosiłby 94,2. Wraz ze zmniejszeniem się zalesienia zwiększa się odpływ efektywny a tym samym spada możliwość retencyjna danej zlewni.

W najbliższym czasie, według planów urządzania lasu, nie jest planowana istotna przebudowa drzewostanów w Nadleśnictwie Lipka, na którego terenie położona jest badana zlewnia. Niemniej oszacowana wartość CN_{emp} może stanowić podstawę do prognozy jw.

Wartość CN_{emp} zmienia się też znacząco wraz ze zmianą poziomu warunków wilgotnościowych zlewni AMC. Dla poziomu AMC_I (gleby suche) CN_{emp} wynosi 82, a dla poziomów: AMC_{II} (warunki przeciętne) i AMC_{III} (gleby znacznie uwilgotnione) odpowiednio 91 i 96 (wg wzorów przeliczeniowych Mishra i Singh [2003a]).

Przyjmując przykładowo, opad całkowity (P) na poziomie 50 mm, przy poziomie przeciętnym warunków wilgotnościowych (AMC_{II}), współczynnik odpływu wezbraniowego (α_w) w zależności od zmiany użytkowania zlewni z obecnego (drzewostany z zadrzewieniem 0,7) na najbardziej niekorzystny pod względem zdolności retencyjnych (uprawa roślin okopowych, niska kultura uprawy), ulega względnej zmianie o około +50%.

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. Quasi-reprezentatywność dla Pojezierza Krajeńskiego badanej zlewni leśnej, głównie względem warunków siedliskowych, gatunku dominującego i wieku drzewostanów oraz gleb, stwarza możliwość ewentualnego zastosowania obliczonej wartości parametru CN_{emp} dla innych podobnych zlewni w tym regionie.

3. Opracowywanie scenariuszy zmian stosunków wodnych wynikających ze zmian w użytkowaniu terenu jest stosunkowo trudne lub obarczone dużym błędem np. metoda zlewni analogów, proponowana w pracy metoda wydaje się być stosunkowo obiektywną i prostą dla tychże opracowań.

BIBLIOGRAFIA

- Ciepielowski A., Wójcik J., Banasik K. *Adaptation of the SCS unit hydrograph method to the conditions in Polish forests*. Proceedings of the 5th 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., Drobiewska E. *Modification of direct runoff in small forest catchment of the Krajeńskie Lakeland as a result of the watercourse development*. Infrastructure and Ecology of Rural Areas, PAN Oddz. W Krakowie, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi. Nr 3, 2007, 87-97.
- Miler A.T., Kamiński B., Czerniak A., Grajewski S., Okoński B., Stasik R., Drobiewska E., Krysztofiak A., Poszyler-Adamska A., Korzak M. *Ochrona obszarów mokradłowych na terenach leśnych*. Monografia (ISBN 978-83-7160-507-9), Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu 2008.
- 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. Więżnika), 2010, 143-152.
- Opis taksacyjny dla Nadleśnictwa Lipka – szczegółowe dane inwentaryzacji lasu wg stanu na dzień 01.01.2002*, (2002), Urządzenie Lasu Usługi T. Pędziwiatr, Toruń (maszynopis).
- Plan urządzenia gospodarstwa leśnego dla Nadleśnictwa Lipka – opis ogólny*. Urządzenie Lasu Usługi T. Pędziwiatr, Toruń (maszynopis), 2002.

- 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
ul. Mazowiecka 41
60-623 Poznań
e-mail: amiler@up.poznan.pl