



Ocena wpływu zmian użytkowania terenu na odpływy wezbraniowe przy użyciu metody SCS-CN

Antoni T. Miler

Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

1. Wstęp

Pierwotna postać metody SCS-CN (Soil Conservation Service – Curve Number) opracowana została w połowie ubiegłego wieku [11, 2]. 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 [9]. 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 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 [12]. Przyjęto trzy poziomy warunków wilgotnościowych zlewni AMC_I (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 pozio-

mami warunków wilgotnościowych zostały empirycznie ustalone stosowne zależności (np. [10]).

Oryginalne zestawy wartości parametrów CN opracowano dla warunków USA (m.in. [9]). Dla warunków polskich adaptację metody SCS-CN zaproponował m.in. Ignar [4, 5]. Metoda była pierwotnie opracowana i testowana głównie dla obszarów użytkowanych rolniczo. Próby zastosowania metody dla obszarów leśnych były stosunkowo nieliczne (w Polsce [1, 13, 14]).

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 oraz analogicznie dla małej zlewni leśnej w Nadleśnictwie Lipka, Pojezierze Krajeńskie.

2. Metodyka

Bazując na danych hydrometeorologicznych 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] [13, 14].

Pozwala to obliczyć 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} [3]; 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 ($P = Pe$) [9].

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 [19]:

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

gdzie:

CN_{emp} – empiryczny parametr CN ,

CN – parametr według metody oryginalnej (np. [12]),

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 oblicza się oczywiście 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).

3. Wyniki

3.1. Zlewnia rzeki Krynica

Reprezentatywna dla Roztocza Środkowego zlewnia rzeki Krynica znajduje się na terenie Nadleśnictwa Tomaszów Lubelski. Zlewnia ta zajmuje powierzchnię 19,1 km² i w dużym stopniu jest zalesiona (49,3%). Położona jest w makroregionie Roztocza, mezoregionie Roztocza Środkowego [6]. Obszar ten zaliczany jest do IV Krainy Mazowiecko-Podlaskiej [18]. Na terenie Nadleśnictwa Tomaszów Lubelski dominują gleby rdzawe (42,65%) oraz gleby brunatne (26,51%). Dominują tu zespoły lasów bukowych i grądów. Gatunkiem panującym jest sosna, która zajmuje 55,37% powierzchni leśnej, buk 19,70%, dąb 11,07%, olśza 3,49%, jodła 3,24%, grab 1,73%, brzoza 2,14%, modrzew 1,19%, zaś inne gatunki stanowią bardzo cenną domieszkę biocenotyczną [15]. 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 zlewni rzeki Krynica użytkowane są następująco: tereny zalesione 49,3%, grunty orne 35,7%, łąki (użytki zielone) 5%, nieużytki, w tym tereny zabudowane 10%.

3.2. Zlewnia ciek 17-86-1

Reprezentatywna dla Pojezierza Krajeńskiego zlewnia niewielkiego ciek 17-86-1 znajduje się na terenie Nadleśnictwa Lipka. Powierzchnia zlewni wynosi 182,26 ha, z czego 174,02 ha (95%) to tereny leśne, pozostałe 5% stanowią grunty orne i łąki.

Tereny te według obowiązującego podziału Polski na krainy i dzielnice przyrodniczo-leśne [18] należą do III Krainy Wielkopolsko-Pomorskiej, 2. Dzielniczy Pojezierza Krajeńskiego, mezoregionu Wysoczyzny Krajeńskiej [6]. 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 [16, 17].

3.3. Obliczanie parametru CN

W tabeli 1 zestawiono wartości parametru CN według metody oryginalnej SCS-CN (dla AMC_{II}) [14].

Obliczona na podstawie użytkowania terenu oraz grup glebowych wartość parametru CN według metody oryginalnej dla zlewni Krynicy wynosi 53 (dla AMC_{II}). Natomiast na podstawie 5. pomierzonych w okresie 2009–2010 wezbrań deszczowych oszacowano $CN_{emp} = 58$ (dla AMC_{II}) [7].

Funkcjonalna zależność pomiędzy tymi dwoma parametrami – równanie (3) zachodzi dla $a = 0,822331$ oraz $b = 1,04257$ (pakiet Statistica 9.0, Modele zaawansowane → Estymacja nieliniowa → Regresja użytkownika).

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

Tabela 1. Wartości parametru CN według metody oryginalnej SCS-CN (dla AMC_{II})

Table 1. Values of CN parameter according to original method SCS-CN (for AMC_{II})

Kategoria użytkowania Land use	Zadrzewienie Density of trees	Grupy glebowe Soil group			
		A	B	C	D
I. Drzewostany Forest stand	0,1	45	66	77	83
	0,2	43	65	76	82
	0,3	41	63	75	81
	0,4	38	62	74	80
	0,5	36	60	73	79
	0,6	35	59	72	79
	0,7	34	58	72	78
	0,8	32	57	71	78
	0,9	31	56	71	77
	≥1	30	55	70	77

Tabela 1. cd.
Table 1. cont.

Kategoria użytkowania Land use		Grupy glebowe Soil group			
		A	B	C	D
II. Uprawy leśne do 3 lat Forest planting till 3 years		52	70	81	86
III. Uprawy leśne powyżej 3 lat Forest planting more 3 years		46	66	77	83
IV. Halizny do 3 lat Failplaces till 3 years		48	68	79	84
V. Halizny powyżej 3 lat Failplace more 3 years		42	64	75	81
VI. Powierzchnie wiatrołomów i wiatrowałów Areas of windfalls and windthrows		44	65	71	82
VII. Pożarzyska leśne (pożar całkowity) Burned forest area (total burn)	0,1–0,3	45	66	77	83
	0,4–0,6	38	63	74	80
	≥0,7	34	58	72	78
VIII. Murawy przemysłowe Industrial swards		51	71	81	85
IX. Zarośla przemysłowe Industrial shrubs		43	65	76	82
X. Ugory trawiaste Grassy fallows		50	70	77	84
XI. Uprawy roślin okopowych niska kultura uprawy Row crops poor cultivation		72	81	88	91
XII. Uprawy roślin okopowych wysoka kultura uprawy uprawy Row crops good cultivation		67	78	85	89
XIII. Uprawy zbożowe niska kultura uprawy Small grain crops poor cultivation		65	76	84	88
XIV. Uprawy zbożowe wysoka kultura uprawy Small grain crops good cultivation		63	75	83	87
XV. Pastwiska Pastures		49	69	79	84
XVI. Obszary osiedlowe wiejskie Rural settlements		59	74	82	86
XVII. Bagna Swamps		98			
XVIII. Wody otwarte Surface water		100			

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
I. (oznaczenia jak w tab. 1 notation see tab. 1)	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
II.		57	75	85	89
III.		51	71	81	86
IV.		53	73	83	87
V.		47	69	79	85
VI.		49	70	76	86
VII.	0,1–0,3	50	71	81	86
	0,4–0,6	42	68	78	84
	$\geq 0,7$	38	63	77	82
VIII.		56	76	85	88
IX.		48	70	80	86
X.		55	75	84	87
XI.		77	85	91	93
XII.		72	82	88	92
XIII.		70	80	87	91
XIV.		68	79	86	90
XV.		54	74	83	87
XVI.		64	78	86	89
XVII.		99			
XVIII.		100			

Tabela 3. Empiryczne wartości parametru CN_{emp} dla zlewni ciek nr 17-86-1 (dla AMC_{II})**Table 3.** 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
I. (oznaczenia jak w tab. 1 notation see tab. 1)	0,1	83	94	97	98
	0,2	81	94	97	98
	0,3	79	93	97	98
	0,4	76	93	97	98
	0,5	74	92	96	98
	0,6	72	92	96	98
	0,7	69	91	96	97
	0,8	65	91	96	97
	0,9	61	90	96	97
	≥ 1	58	90	96	97
II.		88	96	98	99
III.		84	94	97	98
IV.		85	95	98	99
V.		80	94	97	98
VI.		82	94	96	98
VII.	0,1–0,3	83	94	97	98
	0,4–0,6	76	93	97	98
	$\geq 0,7$	72	91	96	97
VIII.		87	96	98	99
IX.		81	94	97	98
X.		87	96	98	99
XI.		96	98	99	99
XII.		95	97	99	99
XIII.		94	97	99	99
XIV.		93	97	98	99
XV.		86	95	98	99
XVI.		92	97	98	99
XVII.		100			
XVIII.		100			

Analogiczne obliczenia wykonano dla zlewni ciekę 17-86-1 używając: $CN = 58$, $CN_{emp} = 91$ (dla AMC_{II}) (na podstawie 14. pomierzonych wezbrań deszczowych w okresie 2004-2006) [8].

Tym razem funkcjonalna zależność pomiędzy tymi dwoma parametrami – równanie (3) zachodzi dla $a = 0,155642$ oraz $b = 1,404820$.

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

4. Dyskusja

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

Dla zlewni rzeki Krynica o obecnym procencie zalesienia (49,3%) przy zadrzewieniu równym 1 parametr CN_{emp} przyjmuje wartość ok. 53 (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 ok. 67. Gdyby po pożarach grunty te zastały ekstensywnie zagospodarowane rolniczo (uprawy roślin okopowych lub zbożowe, niska kultura uprawy) to parametr CN_{emp} przyjąłby wartość ok. 76. Natomiast gdyby wszystkie grunty orne i użytki zielone w tej zlewni zastały zalesione, przy zadrzewieniu 1, to parametr CN_{emp} miałby wartość ok. 39.

Obecnie obszar gdzie zlokalizowana jest zlewnia ciekę nr 17-86-1 pokryty jest w 89% sosną. Drzewostany złożone z monokultur sosnowych są mniej odporne na czynniki zewnętrzne (biotyczne, abiotyczne, antropogeniczne). Dla tej zlewni przy zadrzewieniu równym 1 parametr CN_{emp} przyjmuje wartość ok. 90. W przypadku całkowitego wylesienia spowodowanego np. pożarami, a następnie założeniem nowej uprawy leśnej (do 3 lat) parametr CN_{emp} przyjmuje wartość około 96. Gdyby po pożarach grunty zastały ekstensywnie zagospodarowane rolniczo (uprawy roślin okopowych niska kultura uprawy) to CN_{emp} przyjąłby wartość ok. 98. Dla powierzchni z wiatrołomami w wiatrowałami CN_{emp} jest równe ok. 94, a dla powierzchni uszkodzonych np. w wyniku pojawienia

się szkodników pierwotnych sosny, gdzie zadrzewienie może spaść do 0,1, CN_{emp} wynosiłby ok. 94.

Wartość CN_{emp} zmienia się też znacząco wraz ze zmianą poziomu warunków wilgotnościowych zlewni AMC. Dla zlewni Krynicy dla poziomu AMC_I (gleby suche) CN_{emp} wynosi ok. 38, a dla poziomów: AMC_{II} (warunki przeciętne) i AMC_{III} (gleby znacznie uwilgotnione) odpowiednio ok. 58 i 76 (wg wzorów przeliczeniowych [10]). Analogicznie dla zlewni cieku 17-86-1 dla poziomu AMC_I (gleby suche) CN_{emp} wynosi ok. 82, a dla poziomów: AMC_{II} (warunki przeciętne) i AMC_{III} (gleby znacznie uwilgotnione) odpowiednio ok. 91 i 96.

5. 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 – np. zmianę wielkości fal wezbraniowych.
2. Przykładowe obliczenia wykonano dla dwóch małych zlewni: rzeki Krynica oraz cieku 17-86-1. Są to zlewnie quasi-reprezentatywne odpowiednio dla zlewni Roztocza Środkowego i Pojezierza Krajeńskiego. Uzyskane wyniki stwarzają możliwość ewentualnego zastosowania obliczonych wartości parametru CN_{emp} dla innych podobnych zlewni w tych regionach.
3. Wartości parametru CN_{emp} mogą być podstawą opracowywania bardziej obiektywnych scenariuszy zmian stosunków wodnych wynikających ze zmian w użytkowaniu terenu, niż przy bezpośrednim zastosowaniu metody oryginalnej SCS-CN. Szczególnie duże różnice pomiędzy wartościami CN i CN_{emp} widoczne są w przypadku Pojezierza Krajeńskiego.

Literatura

1. **Ciepielowski A., Wójcik J., Banasik K.:** *Adaptation of the SCS unit hydrograph method to the conditions in Polish forests*. Proc. of the 5th International Conference on Hydro-Science and Engineering (ICHE). Warsaw, 1-10, 2002.
2. **Chow V.T.:** *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York 1964.

3. **Hawkins R.H.:** *Runoff curve numbers from partial area watersheds*, Proc. American Society of Civil Engineering, 105(IR4), 1979.
4. **Ignar S.:** *Określanie opadu efektywnego metodą SCS*. Maszyn. Kat. Bud. Wod. SGGW. Warszawa 1986.
5. **Ignar S.:** *Metodyka obliczania przepływów wezbraniowych w zlewniach nieobserwowanych*, Wyd. SGGW, Rozpr. Nauk. i Monogr., Warszawa 1993.
6. **Kondracki J.:** *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2001.
7. **Miler A.T.:** *Wpływ zmian użytkowania terenu na odpływy wezbraniowe z obszarów o znacznym zalesieniu Roztocza Środkowego*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. PAN Oddz. w Krakowie. 2012. (w druku).
8. **Miler A.T.:** *Wpływ zmian użytkowania terenu na odpływy wezbraniowe z terenów leśnych Pojezierza Krajeńskiego*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. PAN Oddz. w Krakowie. 2012 (w druku).
9. **Mishra S.K., Singh V.P.:** *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2003.
10. **Mishra S.K., Singh V.P.:** *SCS-CN Method. Part I: Derivation of SCS-CN-Based Models*. Acta Geophys. Pol. 51, 1:107–123. 2003.
11. *National Engineering Handbook*. Hydrology, Section 4, US Dept. of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington D.C. 1956.
12. *National Engineering Handbook*. Hydrology, Section 4, US Dept. of Agriculture, National Resources Conservation Service, Washington D.C. 1985.
13. **Okoński B.:** *Modelowanie odpływu bezpośredniego w zależności od stanów pokrycia zlewni leśnej*. Seria Rozpr. Nauk. Zesz., 374, Wyd. AR Poznań 2006.
14. **Okoński B., Miler A.T.:** *Adaptacja metody SCS-CN dla obliczania opadu efektywnego w zlewniach leśnych*. Monogr. Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, vol. 68, tom 1, Hydrologia w inżynierii i gospodarce wodnej (pod red. B. Więżnika), 143-152. 2010.
15. *Operat Urzędnia Gospodarstwa Leśnego dla Nadleśnictwa Tomaszów Lubelski* opracowany na okres 01.01.2010-31.12.2019. 2010.
16. *Opis taksacyjny dla Nadleśnictwa Lipka – szczegółowe dane inwentaryzacji lasu wg stanu na dzień 01.01.2002*, Urządzenie Lasu Usługi T. Pędziawiatr. Toruń 2002.
17. *Plan urzędnia gospodarstwa leśnego dla Nadleśnictwa Lipka – opis ogólny*. Urządzenie Lasu Usługi T. Pędziawiatr. Toruń 2002.
18. **Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A.:** *Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych*. PWRiL. Warszawa 1990.

19. 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 Proc., Philadelphia 24–26.06.2003, A.S.C.E./ E.W.R. I.

Estimation of Influence of Land Use Changes on Flood Outflows Using the SCS-CN Method

Abstract

Estimation of influence of land use changes to flood outflows from areas of the Roztocze Środkowe and of the Krajeńskie Lakeland were 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. Present paper is focused on the idea of adaptation original method to forest conditions. 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 catchments. 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 first analyzed catchment of the Krynica River (area 19.1 km², afforestation 49.3%) is representative for the Tomaszów Lubelski Forest Division and quasi-representative to the Roztocze Środkowe (Poland). The area of 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 [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$], and maximum to minimum suitably 17.2 to 1.0 [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$]. The second analyzed catchment of the river no. 17-86-1 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). Average daily specific discharge (in investigation period 2004–2006) was on level 6.4 [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$], and minimum to maximum suitably 2.5 to 25.5 [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$]. The calculation were 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 catchments are influencing to flood outflows (changing water retention).