

RAFAŁ STASIK

Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ANALIZA FAL WEZBRANIOWYCH W CIEKACH W MAŁYCH ZLEWNIACH LEŚNYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki analizy przebiegu fal wezbraniowych w ciekach w małych zlewniach leśnych, zlokalizowanych na terenach Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice. Badania wykazały zróżnicowanie częstości pojawiania się fal w poszczególnych ciekach, zwłaszcza w półroczach zimowych. Analizowane fale różniły się też pod względem wielkości elewacji. Przeprowadzona analiza wykazała także wyraźny wpływ transpiracji drzewostanów na kształt krzywych opadania fal wezbraniowych. W ciągu dnia zaobserwować można wyraźne obniżanie się stanów wody, co jest spowodowane intensywnym procesem transpiracji drzewostanów. Natomiast w godzinach nocnych stany wody w ciekach utrzymywały się na jednakowym poziomie, co wskazuje na równowagę w tym czasie niskiego parowania terenowego przez dopływ gruntowy wód do cieków.

Słowa kluczowe: gospodarka wodna, fale wezbraniowe, hydrologia leśna

Wstęp

Las spełnia bardzo ważną funkcję w szeroko pojętej gospodarce wodnej, szczególnie w kształtowaniu warunków hydrologicznych. Las i pokrywa roślinna to bowiem pierwszy istotny zbiornik retencyjny dla opadów atmosferycznych (OSUCH 2002). Według MIODUSZEWSKIEGO (2008) lasy regulują obieg wody, retencjonując ją w okresach opadowych i zwiększając zasilanie rzek w okresach bezopadowych. Z uwagi na dużą prześlakliwość ściółki leśnej, pojemność intercepcyjną roślinności leśnej, a także w związku z opóźnionymi roztopami pokrywy śnieżnej lasy ograniczają wielkości wezbrań opadowych i roztopowych (KUCHARSKA i IN. 1984). Odwrotne, negatywne skutki w postaci wzrostu wielkości odpływu ze zlewni po wylesieniu, dwukrotne zwiększenie wielkości kulminacji fal, ich szybsze pojawianie się i krótszy czas trwania (MUMEKA 1986, DINOR i IN. 2007), potwierdzają rolę lasu w gospodarce wodnej zlewni. Struktura użytkowania zlewni, w tym szczególnie jej lesistość zdaniem wielu autorów (MIODU-

SZEWSKI 2008, NOWAKOWSKI i IN. 2008. PIERZGALSKI i IN. 1999) wpływają na zmiany kształtu fali wezbraniowej, objawiające się obniżeniem bądź podwyższeniem kulminacji wezbrania. W niniejszej pracy podjęto próbę analizy fal wezbraniowych w małych zlewniach leśnych o zróżnicowanej powierzchni, stopniu lesistości i dla różnych typów siedliskowych lasu.

Material i metody

Badania i pomiary terenowe przeprowadzono w dwóch zlewniach – rowu Rakowskiego (oznaczonego na mapach melioracyjnych jako rów G) i w zlewni jego prawobrzeżnego dopływu, rowu G-8. Znajdują się one na obszarze Leśnictwa Doświadczalnego Marianka, które wchodzi w skład Leśnego Zakładu Doświadczalnego (LZD) Siemianice.

Zlewnia rowu G, o powierzchni 3,27 km², jest zalesiona w 65%, a pozostałą część stanowią grunty orne i nieużytki. Na obszarach leśnych tej zlewni dominują siedliska bagienne (50%) oraz wilgotne (31%). Pozostałą część (19%) powierzchni leśnych zajmują siedliska świeże. Zlewnia rowu G-8 jest znacznie mniejsza – jej powierzchnia wynosi 0,32 km² i jest zalesiona w 100%. Znacznie mniej jest tu siedlisk bagiennych, które obejmują 16% powierzchni. Siedliska wilgotne zajmują 44% powierzchni, a świeże 40%.

Podstawowe badania i obserwacje terenowe prowadzone w analizowanych zlewniach obejmowały:

- ciągłą, limnigraficzną rejestrację stanów wody w kanale hydrometrycznym, w przekroju zamykającym zlewnię rowu G,
- ciągłą, limnigraficzną rejestrację stanów wody na przelewie trójkątnym Thompsona, w przekroju zamykającym zlewnię rowu G-8,
- codzienne pomiary opadów atmosferycznych deszczomierzem Hellmana z posturunku Marianka i stacji LZD Siemianice,
- codzienne pomiary temperatury powietrza ze stacji meteorologicznej LZD Siemianice.

Ponadto w pracy wykorzystano wyniki badań i analiz laboratoryjnych – oznaczenia składu granulometrycznego metodą areometryczną Cassagrande'a w modyfikacji Pruszyńskiego według PN-R-04033 oraz terenowe oznaczenia składu granulometrycznego wykonane metodą makroskopową. W pracy wykorzystano także mapę glebowo-siedliskową Leśnictwa Marianka w skali 1:10 000 oraz OPERAT glebowo-siedliskowy i fitosocjologiczny LZD Siemianice (1999).

Wyniki

Określony na podstawie pomiarów ze stacji LZD Siemianice średni opad z wielolecia 1975-2001 dla tego obszaru wynosi 572 mm. Dla półrocza zimowego i letniego średni opad to odpowiednio 207 mm i 365 mm. Średnia miesięczna temperatura wynosi 2,5°C dla półrocza zimowego, natomiast dla półrocza letniego 15,4°C.

Wybrane do analizy lata hydrologiczne 2006, 2007 i 2008 charakteryzowały się sumami opadów niższymi od średniej z wielolecia, przy jednocześnie wyższych od średniej z wielolecia temperaturach powietrza (tab. 1).

Tabela 1. Półroczne oraz roczne sumy opadów atmosferycznych i średnie temperatury powietrza w latach hydrologicznych: 2006, 2007, 2008 wraz z ich odchyleniami od średniej z wielolecia 1975-2001

Table 1. Half-year and year precipitation sums and average air temperature in 2006, 2007 and 2008 hydrological year against their deviation from average of multiyear 1975-2001

Rok hydrologiczny Hydrological year	Okres Period	Opad – Precipitation (mm)	Temperatura – Temperature (°C)
2006	XI-IV	263 (+56)	4,1 (+1,6)
	V-X	221 (-144)	16,3 (+0,9)
	XI-X	484 (-88)	10,2 (+1,2)
2007	XI-IV	262 (+55)	5,6 (+3,1)
	V-X	253 (-112)	15,7 (+0,3)
	XI-X	515 (-57)	10,7 (+1,7)
2008	XI-IV	206 (-1)	3,7 (+1,2)
	V-X	223 (-142)	17 (+1,6)
	XI-X	429 (-143)	10,4 (+1,4)

Roczna suma opadów atmosferycznych w roku hydrologicznym 2006 wyniosła 484 mm i była o 88 mm niższa od średniej z wielolecia. Na podstawie Kryterium KACZOROWSKIEJ (1962) rok ten można uznać za suchy. Szczególnie suche było letnie półrocze hydrologiczne z sumą opadów 221 mm, niższą o 144 mm od średniej z wielolecia. Średnia temperatura powietrza była w tym roku wyższa od średniej z wielolecia o 1,2°C.

W roku hydrologicznym 2007 roczna suma opadów atmosferycznych wyniosła 515 mm i była o 57 mm niższa od średniej z wielolecia, zatem był to rok przeciętny. Półrocze zimowe było bardzo wilgotne, z sumą opadów o 55 mm wyższą od średniej z wielolecia, natomiast letnie – z sumą opadów 253 mm, niższą o 112 mm od średniej z wielolecia – było bardzo suche. Ciepłe było półrocze zimowe tego roku, ze średnią temperaturą powietrza o 3,1°C wyższą od średniej z wielolecia. Średnia temperatura powietrza w roku hydrologicznym 2007 wyniosła 10,7°C i była ona o 1,7°C wyższa od średniej wartości z wielolecia (tab. 1).

Najniższą sumę opadów atmosferycznych zanotowano w roku hydrologicznym 2008. Wyniosła ona 429 mm i była o 143 mm niższa od średniej z wielolecia; rok ten, według kryterium KACZOROWSKIEJ (1962), można uznać za suchy. Podobnie jak w roku 2006, szczególnie niska była suma opadów w letnim półroczu hydrologicznym tego roku, która wyniosła 223 mm i była o 142 mm niższa od średniej z wielolecia. Rok ten był cieplejszy od średniego o 1,4°C, zaś półrocze letnie miało temperaturę wyższą o 1,6°C od średniej z wielolecia.

Do analizy wybrano osiem wezbrań z lat hydrologicznych 2006, 2007 i 2008. Pierwsze dwie spośród analizowanych fal wezbraniowych wystąpiły w okresie 16-18 lutego i 18-19 lutego w rowie G (tab. 2). W okresie przed wezbraniem suma opadów atmosferycznych była niewielka (2,5 mm i 1,4 mm), jednak wyraźny wzrost temperatur powietrza spowodował topnienie zgromadzonej wcześniej pokrywy śnieżnej, które było główną przyczyną wezbrania w tym czasie. Wysokość elewacji osiągnęła wartość 17,6 cm. Czas wznoszenia i czas opadania wezbrania równał się odpowiednio 30 h i 10 h. Drugie, mniejsze z obu wezbrań w rowie G, było skutkiem dalszych roztopów śniegu i niewielkich opadów. Wysokość elewacji tej fali wyniosła 8 cm. Zanotowano czas wznoszenia 9 h 30 min, a czas opadania 6 h 30 min. W okresie tym nie wystąpiły natomiast wezbrania w rowie G-8. Ciek ten jest bowiem znacznie mniejszy i był on w tym okresie wciąż zamrożony.

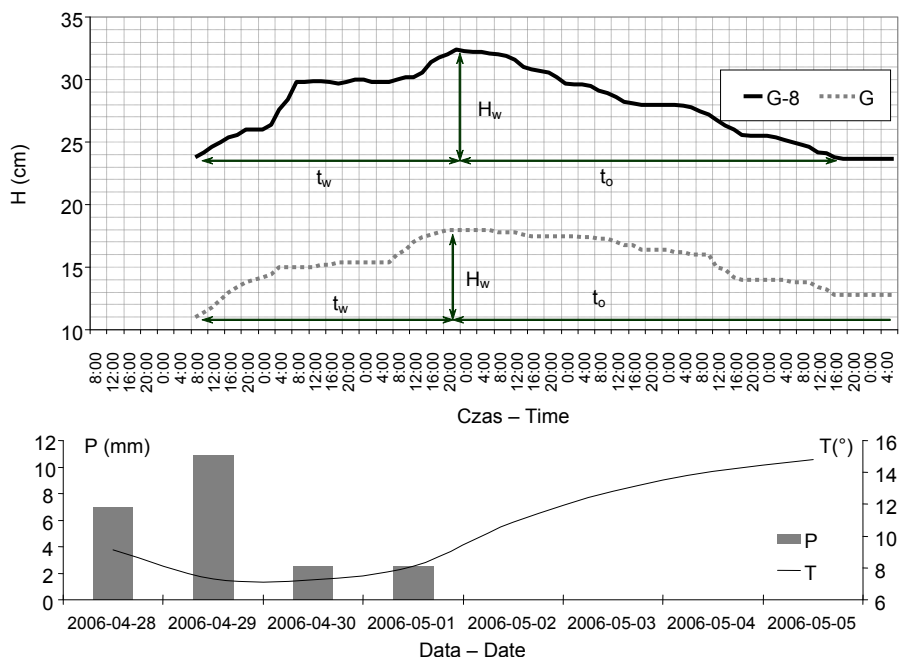
Tabela 2. Charakterystyka wybranych fal wezbraniowych w latach hydrologicznych 2006-2008
Table 2. Characteristics of chosen rising waves in 2006-2008 hydrological years

Data wezbrania Rising date	Suma opadu Precipitation sum (mm)	Rów Ditch	Wysokość elewacji Elevation height (cm)	Czas wznoszenia Rising time (h)	Czas opadania Subsidence time (h)
16-18.02.2006	2,5	G	17,6	30,0	10,0
		G-8	–	–	–
18-19.02.2006	1,4	G	8,0	9,5	6,5
		G-8	–	–	–
19-24.02.2006	15,1	G	30,4	40,0	68,0
		G-8	9,5	43,0	–
28.04-7.05.2006	22,9	G	7,0	55	88,5
		G-8	8,6	58,5	83,0
15-21.05.2007	13,8	G	6,3	22,0	98,0
		G-8	2,0	15,5	–
23-26.05.2007	18,0	G	12,0	12,0	52,5
		G-8	3,0	2,0	54,5
26-28.05.2007	5,1	G	1,7	9,5	12,0
		G-8	1,4	17,5	25,5
18-31.05.2008	32,9	G	7,8	84,0	131,0
		G-8	4,9	70,0	133,0
	Średnie Average	G	11,4	33,0	58,0
		G-8	4,0	26,0	37,0

Trzecia fala wezbraniowa wystąpiła w rowie G w dniach 19-24 lutego. W tym samym czasie zaobserwowano też pierwsze wezbranie w rowie G-8. Były one skutkiem zasilania cieków z topniejącej pokrywy śnieżnej, w wyniku dodatnich temperatur oraz opadów o sumie 15,1 mm. Wysokość elewacji wezbrań wyniosła odpowiednio 30,4 cm i 9,5 cm, zatem była ona wyraźnie wyższa w rowie G w porównaniu z rowem G-8.

Kolejne, ostatnie w roku hydrologicznym 2006 wyraźne fale wezbraniowe zaobserwowano na przełomie kwietnia i maja (tab. 2). Były one spowodowane opadami o łącznej sumie 22,9 mm, które wystąpiły pod koniec kwietnia (rys. 1). Wysokość elewacji fali na rowie G wyniosła 7,0 cm, a na rowie G-8 była w tym okresie nieco wyższa i wyniosła 8,6 cm. Fale te charakteryzowały się dłuższymi niż poprzednie czasami wznoszenia i opadania, wynoszącymi dla rowu G i G-8 odpowiednio 55 h i 58 h 30 min oraz 88 h 30 min i 83 h.

W roku hydrologicznym 2007 wyraźne fale wezbraniowe zaobserwowano tylko w maju. W okresie 15-21 maja, po opadach o łącznej sumie 13,8 mm, w rowie G i G-8 wysokość elewacji wezbrania była równa odpowiednio 6,3 i 2 cm. Czasy wznoszenia wezbrania dla rowu G i G-8 wyniosły odpowiednio 22 h i 15 h 30 min. Czas opadania w rowie G równał się 98 h, natomiast czasu opadania fali w rowie G-8 nie udało się

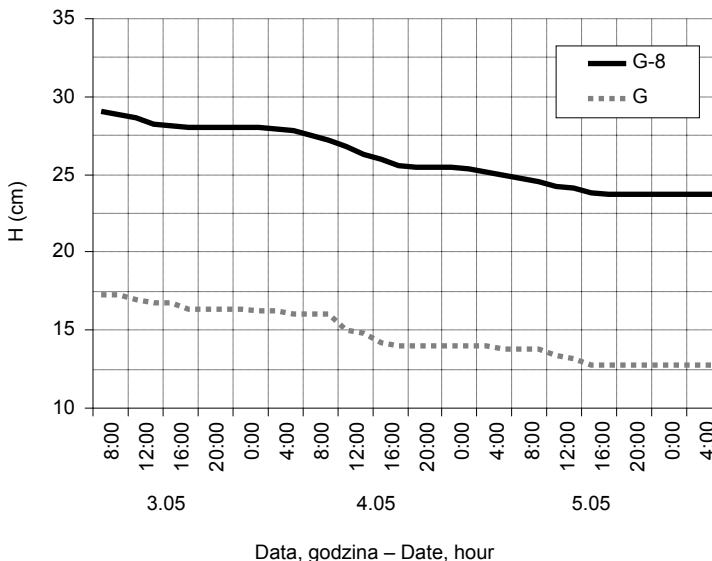


Rys. 1. Przykładowy przebieg fali wezbraniowej z okresu 28.04-5.05.2006 w rowie G i G-8 na tle sum opadów atmosferycznych i temperatur powietrza. H – stan wody, H_w – wysokość elewacji wezbrania, t_w – czas wznoszenia fali, t_o – czas opadania fali, P – opad, T – temperatura
Fig. 1. Exemplary course of rising waves at G and G-8 ditches from 28.04-5.05.2006 period in G and G-8 ditch against precipitation sums and air temperature. H – water level, H_w – wave elevation, t_w – time of wave rising, t_o – time of wave subsidence, P – precipitation sum, T – air temperature

określić. Kolejne dwie fale wezbraniowe zaobserwowano w trzeciej dekadzie maja. W dniu 26 maja, po intensywnych opadach o dobowej sumie 18 mm, stany wody podniosły się w rowie G o 12 cm, a w rowie G-8 o 3,0 cm. Czas kulminacji tej fali był bardzo krótki i wyniósł 12 h dla rowu G, a jedynie 2 h dla rowu G-8. Po tym wezbraniu nastąpiło kolejne, znacznie mniejsze, w dniach 26-28 maja. Opady o łącznej sumie 5,1 mm spowodowały niewielkie wezbrania w rowie G i G-8, o wysokości elewacji wezbrań odpowiednio 1,7 cm i 1,4 cm. W roku hydrologicznym 2008, który charakteryzował się najniższą w badanym okresie sumą opadów atmosferycznych (tab. 1), wyraźne wezbranie zaobserwowano jedynie w maju. Po opadach o łącznej sumie 32 mm elewacja wezbrań w rowie G i G-8 wyniosła odpowiednio 7,8 cm i 4,9 cm. Opady w tym okresie występowały kolejno przez cztery dni, dlatego czas wznoszenia się wezbrań był stosunkowo długi i w rowie G wyniósł 84 h, a 70 h w rowie G-8.

Podsumowując podstawowe charakterystyki fal wezbraniowych, elewacja fal w rowie G była wyraźnie większa w porównaniu z elewacją fal w rowie G-8. Jest to związane przede wszystkim ze znacznymi różnicami wielkości powierzchni obu zlewni. Decyduje ona bowiem o ilości wody zasilającej cieki w przekrojach zamykających. Zarówno średni czas wznoszenia wezbrań, jak i czas ich opadania był dłuższy w przypadku rowu G w porównaniu z rowem G-8 (tab. 2). Jednak ich poszczególne wartości były bardzo zróżnicowane i z powodu niewielkiej serii obserwacyjnej nie można stwierdzić istotnej zależności między czasami wznoszenia i opadania wezbrań dla obu cieków.

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowe fragmenty krzywych opadania fal dla analizowanych rowów G i G-8, dla fal wezbraniowych na przełomie kwietnia i maja



Rys. 2. Fragmenty krzywych opadania fal wezbraniowych z okresu 29-07.05.2006 w rowie G i G-8 (H – stan wody)

Fig. 2. Fragments of subsidence curve from period 29-07.05.2006 in G and G-8 ditch (H – water level)

2006 roku. Analizując te i inne krzywe opadania z półroczy letnich, można zauważyć pewną cykliczność. W niektórych okresach stany wody obniżają się, a następnie utrzymują na tym samym poziomie, po czym taki cykl obniżania się stanów wody i utrzymywania na stałym poziomie się powtarza.

Analiza godzinowa krzywych opadania wykazała, że stany wody obniżają się wyraźnie w ciągu dnia (do około 1,5 cm), a w godzinach nocnych utrzymują się na jednakowym poziomie. Taki cykliczny przebieg krzywych opadania fal może być spowodowany dobową zmiennością ewapotranspiracji drzewostanów. Jej znaczna intensywność w godzinach dziennych powoduje obniżenie zwierciadła wody gruntowej i zmniejszenie jego spadku, co ogranicza zasilanie cieków i wpływa na wyraźne obniżanie się stanów wody w ciekach. Natomiast w nocy niewielka transpiracja drzewostanów jest równoważona dopływem wód gruntowych, co wpływa na utrzymywanie się stanów wód w ciekach na jednakowym poziomie. Aby potwierdzić taką interpretację kształtu krzywych opadania fal wezbraniowych, trzeba przeprowadzić szczegółowe badania dobowej zmienności stanów wód gruntowych w siedliskach przyległych do badanych przekrojów zamykających zlewnie rowów G i G-8.

Wnioski

1. Wybrane do analizy lata hydrologiczne 2006, 2007 i 2008 charakteryzowały się sumami opadów atmosferycznych niższymi od średniej z wielolecia odpowiednio o 88 mm, 57 mm i 143 mm. Suche były szczególnie półrocza letnie analizowanych lat. Jednocześnie lata te były ciepłe, z temperaturami powietrza wyższymi od średniej z wielolecia.

2. Największe zaobserwowane wezbrania wystąpiły w lutym 2006 roku. Wysokość elewacji tego wezbrania wyniosła 30,4 cm w rowie G i 9,5 cm w rowie G-8. W rowie G fale wezbraniowe osiągały wyższe wartości elewacji, natomiast czasy wznoszenia i opadania fal wezbraniowych obu cieków były zróżnicowane i nie stwierdzono istotnej zależności między tymi wielkościami w obu ciekach.

3. Większość wezbrań zaobserwowanych w obu ciekach wystąpiła w półroczach letnich analizowanych lat hydrologicznych. W półroczach zimowych wezbrania pojawiały się częściej w rowie G w porównaniu z rowem G-8. Rów G-8 jest bowiem ciekiem znacznie mniejszym i w półroczach zimowych był on okresowo zamrożony.

4. Analiza przebiegu krzywych opadania wezbrań w rowie G i G-8 w półroczach letnich wykazała ich cykliczność. Zaobserwowane wyraźne obniżanie się stanów wody w ciągu dnia jest spowodowane intensywną transpiracją drzewostanów. Natomiast w nocy niewielka wówczas transpiracja drzewostanów jest równoważona dopływem wód gruntowych, co wpływa na utrzymywanie się stanów wód w ciekach na jednakowym poziomie. Istnieje jednak potrzeba szczegółowych badań dobowej zmienności stanów wód gruntowych w siedliskach przyległych do badanych przekrojów zamykających zlewnie, w celu potwierdzenia takiej interpretacji kształtu krzywych opadania fal wezbraniowych.

Literatura

- DINOR J., ZAKARIA A.Z., ABDULLAH R., AB GHANI A., 2007. Deforestation effect to the runoff hydrograph at Sungai Padas catchment. W: 2nd International Conference on Managing Rivers in the 21st Century: Solutions Towards Sustainable River Basins, Riverside Kuching, Sarawak, Malasia. 351-359.
- KACZOROWSKA Z., 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Pr. Geogr. Inst. Geogr. PAN* 33.
- KUCHARSKA K., TYSZKA J., CIEPIEŁOWSKI A., 1984. Rola lasu w wyrównywaniu odpływu z małych zlewni w północno-wschodniej Polsce. *Gosp. Wod.* 4: 107-110.
- MIODUSZEWSKI W., 2008. Mała retencja w lasach elementem kształtowania i ochrony zasobów wodnych. *Stud. Mater. Cent. Eduk. Przyr. Leśn.* 10, 2, 18: 33-48.
- MUMBEKA A., 1986. Effect of deforestation and subsistence agriculture on runoff of the Kaufe River headwaters, Zambia. *Hydrol. Sci. J.* 31, 4: 543-554.
- NOWAKOWSKI P., CHORMAŃSKI J., IGNAR S., 2008. Ocena wpływu zmian użytkowania zlewni na kształtowanie się fal wezbraniowych w małej zlewni rolniczej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 532: 183-191.
- OPERAT glebowo-siedliskowy i fitosocjologiczny LZD Siemianice. 1999. Zakład Usług Ekologicznych Urzędzeniowo-Leśnych, Poznań.
- OSUCH B., 2002. Wprowadzenie do cyklu publikacji „Las i Woda”. *Inż. Środ. Ś* 99: 3-4.
- PIERZGAŁSKI E., TYSZKA J., SZYMCZAK T., 2002. Wpływ przyrostu lesistości i retencji zbiornikowej na zmniejszenie wezbrań w potokach górskich. *Inż. Środ. Ś* 99: 141-151.

RISING WAVE ANALYSIS IN WATERCOURSE OF SMALL FOREST CATCHMENTS

Summary. The paper presents the results of rising wave analyses of small forest catchment. The researches were carried out at Siemianice Experimental Forest Farm. The researches indicated differences in frequency of rising wave appearance in each watercourse, especially in winter half-years. Besides analyzed rising waves had a different elevation height. Analyzes carried out indicated also significant impact of forest transpiration on subsidence part of wave curves. Significant decrease of water levels caused by intense transpiration process was observed during a day time, meanwhile persistence of water levels in watercourse was observed during a night time. It suggested compensation of low transpiration by supplying water courses with ground waters.

Key words: water management, rising wave, forest hydrology

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Rafał Stasik, Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94 E, 61-691 Poznań, Poland, e-mail: stasikr@up.poznan.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

13.06.2011

Do cytowania – For citation:

*Stasik R., 2011. Analiza fal wezbraniowych w ciekach w małych zlewniach leśnych. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 5, #96.*