

Wstępna ocena składowych naturalnego bilansu wodnego na podstawie obserwacji w lizymetrach

Anna Żurek¹



Initial assessment of natural water balance elements on the basis of lysimeter measurements.

Prz. Geol., 58: 1192–1197.

Abstract. The initial results of measurements in 4 lysimeter station are presented. The research station is localized in Cracow at AGH area. The measurements have been started in the end of November 2005. One of the lysimeter (A) is weighable, with automatic parameter storing on data logger. The rest of the lysimeters (I, II, III) are gravitation ones with standard seepage water collectors. The lysimeters have been filled with the consolidated medium sands from Bukowno sand pit (A, I), Bolesław (II) and Cholerzyn (III) ones. The infiltration coefficients for lysimeter soils have been assessed as the ratio of measured leaching and precipitation. The fluctuations of the lysimeter A weight against precipitation and infiltration have been allowed to draw some conclusions about the intensity of evaporation and seepage processes.

Keywords: water balance elements, lysimeter, infiltration coefficient

Ocena składowych bilansu wodnego, a szczególnie infiltracji, ma istotne znaczenie dla oceny wielkości odpływu podziemnego i zasobów wód. Wielkość infiltracji efektywnej, będącej miarą zasilania, zależy od czynników atmosferycznych, czyli głównie od wysokości i intensywności opadów, temperatury i wilgotności powietrza oraz od właściwości gruntu i terenu. O wielkości infiltracji na obszarach o niewielkim nachyleniu terenu (czyli o ograniczonym spływie powierzchniowym) decyduje wysokość opadów i przepuszczalność gruntów w strefie aeracji. Miarą tej przepuszczalności jest wskaźnik infiltracji.

Według definicji ze *Słownika hydrogeologicznego* (Dowgiałło i in., 2002) wskaźnik infiltracji (w_i) jest to stosunek ilości infiltrującej wody docierającej do strefy saturacji do wysokości średnich rocznych opadów atmosferycznych na określonym obszarze. Jest on wielkością bezwymiarową, często podawaną w procentach. Jego wartość waha się w szerokich granicach – od kilku do kilkudziesięciu procent.

Oceny wielkości wskaźnika infiltracji dla homogenicznych warunków gruntowych można dokonywać z wykorzystaniem lizymetrów skrzyniowych lub kolumnowych. Rozmiar lizymetru ma duży wpływ na dokładność otrzymanych wyników. Im większa jest bryła gruntu w lizymetrze, czyli powierzchnia odsłoniętego gruntu i wysokość kolumny lizymetru, tym mniejszy jest wpływ efektów brzegowych doświadczenia i bardziej miarodajne wyniki badań. Szczególnie istotnym warunkiem wiarygodności pomiarów lizymetrycznych jest wypełnienie lizymetru gruntem o nienaruszonej strukturze. W przypadku gruntów sypkich strukturę tę można odtworzyć przez zagęszczenie gruntu w stopniu odpowiadającym warunkom naturalnym. Dla gruntów spoistych najbardziej odpowiednia jest technika polegająca na wciśnięciu cylindra lizymetru w grunt i następnie odsłonięcie wyciętej bryły z użyciem specjalnego urządzenia tnącego (Lanthaler, 2004).

Badania w lizymetrach są badaniami wieloletnimi.

Od końca listopada 2005 r. Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej AGH użytkuje na terenie uczelni poletko doświadczalne, na które składają się m.in. 4 stanowiska lizymetryczne. W dalszej części pracy przedstawio-

no wyniki oceny składowych bilansu wodnego dla okresu pomiarowego 2006–2008.

Metodyka badań

Poletko badawcze AGH składa się z urządzeń do pomiarów meteorologiczno-hydrologicznych i węzła hydrogeologicznego. Część meteorologiczno-hydrologiczna składa się z: lizymetru automatycznego z rejestratorem, 3 lizymetrów klasycznych, deszczomierza automatycznego z możliwością poboru próbek wody opadowej, czujnika temperatury przy gruncie oraz barometru. Węzeł hydrogeologiczny złożony jest ze studni o głębokości 16 m, dogłębionej, ujmującej czwartorzędową warstwę piaszczysto-żwirową, oraz 3 piezometrów obserwacyjnych. Szczegółowy profil studni został przedstawiony w pracy Żurek i Czudeca (2007).

Lizymetr automatyczny (A), produkcji firmy UGT GmbH z Niemiec, ma powierzchnię 1 m² i głębokość 1 m. Wyposażony jest w system wazący (tensometry zamontowane pod cylindrem lizymetru), urządzenie z korytkiem wywrotnym do pomiaru objętości odcieków, 3 czujniki do pomiaru siły ssącej, wilgotności i temperatury w gruncie, umieszczone na głębokościach 0,25, 0,5 i 0,75 m, oraz urządzenie rejestrujące. Badane parametry są rejestrowane co 15 minut i zapisywane co godzinę jako wartość uśredniona.

Lizymetry klasyczne (I, II, III) mają taką samą konstrukcję. Są to cylindry ze stali nierdzewnej o wysokości 1,5 m i średnicy 0,6 m, co daje pole powierzchni 0,283 m². Ocieki z lizymetrów pobierane są w klasyczny sposób do pojemników umieszczonych w znajdującej się obok studziennicy. Objętość odcieków jest kontrolowana średnio raz w tygodniu.

Lizymetry zostały wypełnione gruntami luźnymi – piaskami średnioziarnistymi – z 3 piaskowni. W lizymetrach A i I umieszczono piasek ze złoża Bukowno kopalni *Szczakowa*, a w lizymetrze II – ze złoża Bolesław tej samej kopalni. Lizymetr III wypełniono piaskiem wydobywanym w dolinie Wisły, w Cholerzynie k. Krakowa.

¹Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; zurek@agh.edu.pl.

Wybór piasków średnioziarnistych związany był z jednej strony z możliwościami technicznymi i finansowymi, a z drugiej wynikał z założeń metodycznych planowanych badań nad migracją zanieczyszczeń w strefie aeracji (czas migracji przez grunty spoiste jest rzędu lat). Dodatkowo, piasek z kopalni *Szczakowa* wypełnia również lizyometr funkcjonujący na terenie AGH od 1985 r. (Twardowska i in., 1988), o podobnej konstrukcji jak lizymetry I, II i III, natomiast piasek z kopalni w Cholerzynie jest typowy dla gruntów tworzących czwartorzędowy zbiornik wód podziemnych w rejonie Krakowa.

Charakterystykę składu granulometrycznego piasków i związanych z nimi parametrów hydrogeologicznych przedstawiono na rycinie 1. Powierzchnie lizymetrów nie były porośnięte roślinnością.

Niezależnie od elektronicznej rejestracji wysokości opadów i wielkości odcieków w lizymetrze A, w trakcie poboru próbek wody do analiz chemicznych prowadzony był także ręczny zapis ich objętości. Wielkości odcieków uzyskane z rejestratora i te zmierzone ręcznie wykazały dość dużą zgodność, natomiast objętość zebranego opadu była wyraźnie niższa od tej zarejestrowanej automatycznie (Master, 2008). W przypadku braku zapisu elektronicznego – a takie sytuacje miały miejsce kilkukrotnie, głównie z powodu odcięcia zasilania – dane o objętości odcieków zostały uzupełnione danymi z pomiarów ręcznych. Z kolei w przypadku braku zapisu o wysokości opadów korzystano z danych ze stacji pomiarowej IMGW w Krakowie.

Wyniki pomiarów

Uzyskane dane dotyczące wysokości opadów i wielkości odcieku, będącego miarą infiltracji, zestawiono w 2 tabelach. Dla lizymetru automatycznego, dla którego dysponowano szczegółowymi danymi, określono wysokość opadów i wielkość infiltracji oraz obliczono wskaźnik infiltracji w_i dla poszczególnych miesięcy, kwartałów, półroczy i lat (tab. 1). Dla lizymetrów klasycznych (I, II, III), z powodu rzadszych pomiarów, zrezygnowano z określenia wielkości infiltracji i wskaźnika w_i dla poszczególnych miesięcy (tab. 2).

Wartości miesięcznych wskaźników infiltracji dla gruntu z lizymetru automatycznego wahają się w szerokich granicach – od 0,14 do 1,59. Wartości w_i większe od 1 uzyskano dla dwóch miesięcy: lutego i września 2006 r. Wyższe wartości z lutego są skutkiem przesączenia się wody z topniejącego śniegu, który zgromadził się na powierzchni lizymetru w poprzednim miesiącu. Duża objętość odcieku we wrześniu 2006 r. była z kolei efektem intensywnych opadów z ostatnich dni sierpnia. Przeciwna sytuacja miała miejsce w październiku 2006 r. ($w_i = 0,14$) – opady wystąpiły tylko w ostatnich 2 dniach miesiąca, a poprzedzający je kilkutygodniowy okres bezopadowy ograniczył proces infiltracji.

Ze względu na retencję wody w lizymetrach, która powoduje opóźnienie ich reakcji na opad, okresy miesięczne są zbyt krótkie, żeby móc ocenić składowe bilansowe. W lizymetrze automatycznym zwiększony odciek pojawia się z opóźnieniem od kilkunastu godzin do 2 dni od chwili wystąpienia opadu. Jeżeli okres bezopadowy poprzedzający opad był długi, to bryła gruntu w lizymetrze jest znacznie osuszona i czas reakcji jest dłuższy (ok. 2 dni). Jeżeli grunt w lizymetrze jest nasycony wodą, to reakcja na niewielki opad jest szybka i zwiększony odciek może pojawić się po kilkunastu lub nawet kilku godzinach od wystąpienia opa-

du. Lizymetry klasyczne (I, II, III) są głębsze od automatycznego o 0,5 m, dlatego odcieki są w nich rejestrowane 1–2 dni później niż w lizymetrze A.

Czasu reakcji lizymetru nie należy utożsamiać z czasem przesiąkania wody. Prowadzone aktualnie badania w lizymetrach nad prędkością migracji pionowej znaczników konserwatywnych wykazały wstępnie, że średni czas przejścia znacznika wynosi ok. 3 miesiące.

Wartości kwartalne wskaźnika infiltracji dla wszystkich lizymetrów (tab. 1, 2) nie wykazują tak istotnych różnic jak w przypadku miesięcznych okresów pomiarowych. Nie zaobserwowano wyraźnych sezonowych zmian w wielkości wskaźnika infiltracji. Nie jest on też związany z sumaryczną wysokością opadu, pomierzoną w danym kwartale.

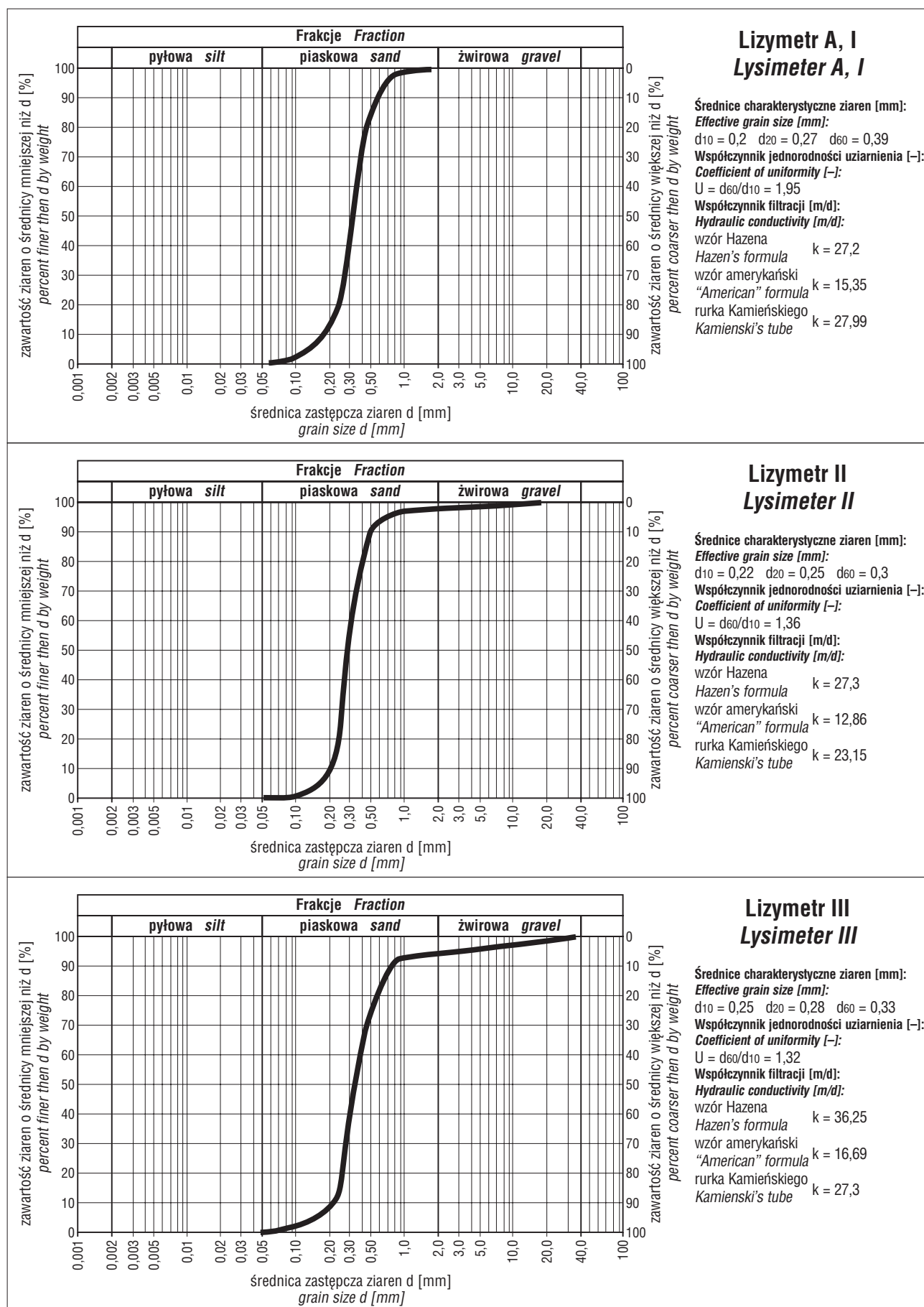
Wartości półroczne wskaźnika infiltracji we wszystkich lizymetrach są już wyraźnie wyrównane. Dla lizymetrów II i III wskaźniki z pierwszych półroczy lat 2006–2008 (I–VI) są nieznacznie niższe niż z drugich (VII–XII).

Wartości roczne wskaźnika infiltracji dla lizymetru automatycznego są takie same. Ostatecznie, dla całego 3-letniego okresu pomiarowego uśredniona wartość wskaźnika infiltracji dla lizymetru A wyniosła **0,79**.

Wartości roczne wskaźnika infiltracji dla lizymetru III są – podobnie jak w lizymetrze A – wyrównane, a przeciętna jego wartość wynosi **0,80**. Taką samą przeciętną wartość uzyskano dla lizymetru I, przy czym wartości roczne wskaźnika infiltracji były niższe w latach 2006 i 2007. Największe zróżnicowanie wartości rocznych wykazał lizyometr II. W 2006 r. wskaźnik infiltracji wyniósł 0,73, a w kolejnych 2 latach wzrósł do wartości odpowiednio: 0,87 i 0,86. Następne lata obserwacji pozwolą ustalić przyczynę tej różnicy, która może być związana z okresem „rozruchu” stanowiska lizymetrycznego. Przeciętna wartość wskaźnika infiltracji dla lizymetru II wyniosła **0,84** (tab. 2).

Waga lizymetru automatycznego jest stale rejestrowana. Umożliwia to weryfikację głównych składników bilansu. Ciężar lizymetru zwiększa się na skutek opadu atmosferycznego. Ubytek wagi związany jest głównie z ciężarem (jednocześnie też z objętością) wody odciekającej (wielkości infiltracji) oraz parującej z powierzchni lizymetru. Ponieważ na obecnym etapie badań lizymetry nie są porośnięte roślinnością, na ubytek ciężaru nie ma wpływu transpiracja. Związek wagi lizymetru z opadem i infiltracją dla okresu 4.02–5.06.2007 r. jest przedstawiony na rycinie 2. W przypadku lizymetru A, którego powierzchnia wynosi 1 m², 1 mm opadu lub infiltracji odpowiada 1 dm³ wody, czyli 1 kg różnicy wagi urządzenia.

Na wykresie (ryc. 2) widać wyraźnie, że opad atmosferyczny powoduje natychmiastowy i gwałtowny przyrost ciężaru lizymetru. Prawidłowość ta ma także miejsce w miesiącach zimowych, gdyż w analizowanym okresie ujemne temperatury wystąpiły jedynie przez kilka pojedynczych dni w lutym. Deszczomierz, który znajduje się na poletku badawczym, nie jest wyposażony w grzałkę umożliwiającą rejestrację opadów śniegu. Pojawia się przez to niezgodność odczytu. Przykryty śniegiem lizyometr wykazuje wzrost wagi, natomiast zamrożony deszczomierz nie rejestruje opadu, który ten wzrost spowodował. Z drugiej strony, w momencie wystąpienia roztopów deszczomierz wykazuje zwiększony opad, który następnie odzwierciedlił się przyrostem odcieków po okresie ograniczonej infiltracji spowodowanej przemarzeniem gruntu w lizymetrze. Ostatnio poletko doposażono w czujnik opadu z grzałką i możliwy jest równoległy odczyt z 2 deszczomierzy, który



Ryc. 1. Charakterystyka granulometryczna gruntów wypełniających lizymetry. Wzory do obliczenia współczynnika filtracji za Pazdrą & Kozerskim (1990)

Fig. 1. Granulometric analysis of the lysimeter soils. Formulas for hydraulic conductivity according to Pazdro & Kozerski (1990)

Tab. 1. Wielkość infiltracji i wskaźnik infiltracji dla lizymetru automatycznego A

Tab. 1. Infiltration and infiltration coefficient in the automatic lysimeter A

Okres Period	Wysokość opadu Precipitation [mm]	Infiltracja Infiltration [mm]	Wskaźnik infiltracji Infiltration coefficient [-]	Okres Period	Wysokość opadu Precipitation [mm]	Infiltracja Infiltration [mm]	Wskaźnik infiltracji Infiltration coefficient [-]
Wartości miesięczne <i>Monthly values</i>				Wartości kwartalne <i>Quarterly values</i>			
I 2006	30,73	31,10	1,01	I–III 2006	109,73	111,50	1,02
II	32,00	50,90	1,59	IV–VI 2006	211,55	146,20	0,69
III	46,99	29,50	0,63	VII–IX 2006	165,40	151,95	0,92
IV	49,78	48,40	0,97	X–XII 2006	127,79	74,20	0,58
V	49,78	28,30	0,57	I–III 2007	213,07	178,75	0,84
VI	111,98	69,50	0,62	IV–VI 2007	198,68	151,11	0,76
VII	35,20	29,30	0,83	VII–IX 2007	339,82	244,10	0,72
VIII	108,40	88,45	0,82	X–XII 2007	175,70	155,30	0,88
IX	21,80	34,20	1,57	I–III 2008	103,68	72,00	0,69
X	18,60	2,60	0,14	IV–VI 2008	98,92	78,80	0,80
XI	86,00	66,90	0,78	VII–IX 2008	307,31	238,40	0,78
XII 2006	23,19	4,70	0,20	X–XII 2008	110,55	93,30	0,84
I 2007	85,60	65,25	0,76	I–III 2009	128,28	106,70	0,83
II	51,67	40,10	0,78	Wartości półroczne <i>Half year values</i>			
III	75,80	73,40	0,97	I–VI 2006	321,28	257,70	0,80
IV	13,23	7,31	0,55	VII–XII 2006	293,19	226,15	0,77
V	65,65	31,20	0,48	I–VI 2007	411,75	329,86	0,80
VI	119,80	112,60	0,94	VII–XII 2007	515,52	399,40	0,77
VII	91,22	56,10	0,61	I–VI 2008	202,60	150,80	0,74
VIII	94,40	89,70	0,95	VII–XII 2008	417,86	331,70	0,79
IX	154,20	98,30	0,64	Wartości roczne <i>Annual values</i>			
X	58,40	57,30	0,98	I–XII 2006	614,47	483,85	0,79
XI	86,00	66,90	0,78	I–XII 2007	927,27	729,26	0,79
XII 2007	31,30	31,10	0,99	I–XII 2008	620,46	482,50	0,78
I 2008	25,8	14,8	0,57	Wartości dla całego okresu pomiarowego <i>Values over the measurement period</i>			
II	14,48	13	0,90	I 2006–II 2009	2290,48	1802,30	0,79
III	63,4	44,2	0,70	Komórki szare – dane ze stacji IMGW w Krakowie. <i>Grey cells – data from IMGW station in Cracow.</i>			
IV	42	29,1	0,69				
V	30,00	29,6	0,99				
VI	26,92	20,1	0,75				
VII	148,50	104,4	0,70				
VIII	60	48,4	0,81				
IX	98,81	85,6	0,87				
X	42,16	36,3	0,86				
XI	28	19,9	0,71				
XII 2008	40,39	37,1	0,92				
I 2009	31	24,3	0,78				
II	40,89	34,4	0,84				

pozwole uwzględnić różnice w ciężarze lizymetru związane z różną formą opadu.

Ciężar lizymetru zmniejsza się wyraźnie w okresach bezopadowych. Zmiany wagi zachodzą wtedy wolniej i odpowiadają intensywności infiltracji.

Zestawienie na jednym wykresie wysokości opadów, infiltracji i zmiany ciężaru lizymetru (ryc. 2) pozwala w

pośredni sposób wnioskować o intensywności parowania. W marcu 2007 r., przy niższych temperaturach powietrza, waga lizymetru koreluje z wysokością opadów i odcieku zdecydowanie wyraźniej niż w maju, kiedy intensywniejsze parowanie powoduje szybszy spadek ciężaru lizymetru.

Maksymalna waga lizymetru automatycznego, zarejestrowana 7.09.2007 r., wyniosła 2096 kg. W tym samym

dniu zanotowano też najwyższy opad dobowy – 90 mm. Wilgotność objętościowa mierzona na głębokości 50 cm dzień wcześniej wykazała wartość maksymalną równą 10,92%. Najniższą wagę lizymetru – 2041 kg – stwierdzono w dniach 27–29.10.2006 r., po kilkutygodniowym okresie bezopadowym. W tych dniach zarejestrowano także najniższą wilgotność objętościową, która obniżyła się do wartości 4,19%. Różnica między ciężarem maksymalnym a minimalnym lizymetru automatycznego wynosi 55 kg, czyli w przybliżeniu 5,5% jego objętości. Oznacza to, że może on zretencjonować chwilowo do 55 dm³ wody. Różnica maksymalnej i minimalnej wilgotności objętościowej wynosi 6,73%. Jest ona zbliżona do maksymalnej zdolności retencyjnej gruntu określonej na podstawie zmian ciężaru.

Dyskusja wyników i wnioski

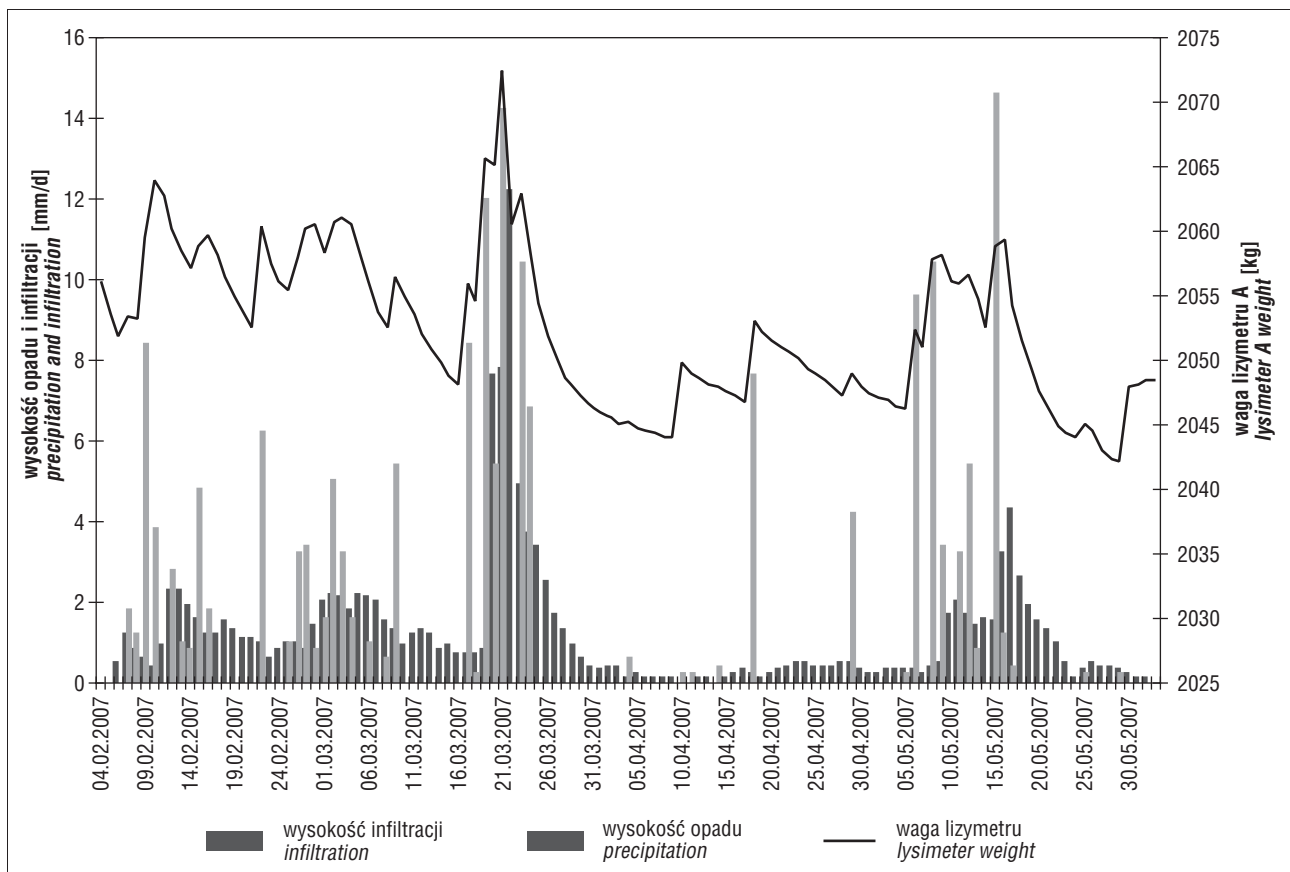
Uzyskane wartości wskaźnika infiltracji (w_i) są bardzo wysokie. Porównywalnie bardzo wysokie wartości, wahające się od 78 do ponad 90%, uzyskano dla piasków i

związków wypełniających 7 lizymetrów zlokalizowanych w obiekcie badawczym należącym do Niemieckiego Centrum Badań Środowiska i Zdrowia (GSF *Deutsche Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt*) w Neubergeru, w Niemczech (Stumpp i in., 2007). Lizymetry wykorzystywane w tym projekcie miały większą wysokość (2 m) i jednocześnie mniejszą powierzchnię (0,125 m²) niż lizymetry zainstalowane na poletku badawczym AGH w Krakowie. Wyraźnie wyższy niż dla Krakowa był też średni opad. Dla okresu badawczego 1984–1991 wyniósł on 1005 mm/rok (*op.cit.*). Dla lizymetrów o analogicznej konstrukcji jak lizymetry klasyczne I, II, III, lecz wypełnionych odpadami poeksploatacyjnymi górnictwa węgla kamiennego, uzyskano wyraźnie niższą wartość w_i równą 0,61 (Twardowska i in., 1988). Wysokie wartości wskaźnika infiltracji dla obszarów piaszczystych bez pokrywy roślinnej można znaleźć w pracy Załuskiego (1973), który przytacza wartość wskaźnika infiltracji dla wydm równą 0,65, oraz w opracowaniu Krajewskiego i Wilka (1972),

Tab. 2. Wielkość infiltracji i wskaźnik infiltracji dla lizymetrów klasycznych I, II, III

Tab. 2. Infiltration and infiltration coefficient in standard lysimeters I, II, III

Okres <i>Period</i>	Wysokość opadu <i>Precipitation</i> [mm]	Lizymetr I <i>Lysimetr I</i>		Lizymetr II <i>Lysimeter II</i>		Lizymetr III <i>Lysimeter III</i>	
		Infiltracja <i>Infiltration</i> [mm]	Wskaźnik infiltracji <i>Infiltration</i> <i>coefficient</i> [-]	Infiltracja <i>Infiltration</i> [mm]	Wskaźnik infiltracji <i>Infiltration</i> <i>coefficient</i> [-]	Infiltracja <i>Infiltration</i> [mm]	Wskaźnik infiltracji <i>Infiltration</i> <i>coefficient</i> [-]
Wartości kwartalne <i>Monthly values</i>							
I–III 2006	109,73	103,16	0,94	90,69	0,83	117,10	1,07
IV–VI 2006	211,55	126,73	0,60	118,06	0,56	110,27	0,52
VII–IX 2006	165,40	143,37	0,87	144,79	0,88	156,47	0,95
X–XII 2006	127,79	95,23	0,75	95,93	0,75	95,58	0,75
I–III 2007	213,07	154,88	0,73	176,29	0,83	158,06	0,74
IV–VI 2007	198,68	133,10	0,67	168,50	0,85	130,27	0,66
VII–IX 2007	339,82	280,01	0,82	321,79	0,95	314,71	0,93
X–XII 2007	175,70	137,35	0,78	143,37	0,82	129,92	0,74
I–III 2008	103,68	85,31	0,82	74,66	0,72	66,84	0,64
IV–VI 2008	98,92	93,81	0,95	79,65	0,81	90,62	0,92
VII–IX 2008	307,31	253,46	0,82	297,01	0,97	272,23	0,89
X–XII 2008	110,55	78,13	0,71	80,96	0,73	68,89	0,62
I–III 2009	128,28	145,14	1,13	130,63	1,02	131,33	1,02
Wartości półroczne <i>Half year values</i>							
I–VI 2006	321,28	229,89	0,72	208,75	0,65	227,37	0,71
VII–XII 2006	293,19	238,60	0,81	240,72	0,82	252,05	0,86
I–VI 2007	411,75	287,98	0,70	344,80	0,84	288,33	0,70
VII–XII 2007	515,52	417,37	0,81	465,16	0,90	444,62	0,86
I–VI 2008	202,60	179,12	0,88	154,31	0,76	157,46	0,78
VII–XII 2008	417,86	331,59	0,79	377,97	0,90	341,11	0,82
Wartości roczne <i>Annual values</i>							
I–XII 2006	614,47	468,48	0,76	449,47	0,73	479,42	0,78
I–XII 2007	927,27	705,35	0,76	809,95	0,87	732,96	0,79
I–XII 2008	620,46	510,72	0,82	532,27	0,86	498,57	0,80
Wartości dla całego okresu pomiarowego <i>Values over the measurement period</i>							
I 2006–III 2008	2290,48	1829,68	0,80	1922,33	0,84	1842,29	0,80



Ryc. 2. Zmienność wagi lizymetru A na tle wielkości opadu i infiltracji
Fig. 2. The fluctuation of the lysimeter A weight against precipitation and infiltration

którzy dla płaskiego terenu z gruntem dobrze przepuszczalnym i piaszczystym na powierzchni podają wartość $w_i = 0,75$.

Główną przyczyną bardzo wysokich wartości w_i otrzymanych na badanym stanowisku lizymetrycznym jest prawdopodobnie brak okrywy roślinnej na powierzchni lizymetrów. Roślinność powoduje transpirację oraz dodatkowo zjawisko intercepcji, czyli zatrzymania wody opadowej na powierzchni liści, które intensyfikuje parowanie. Dla oszacowania wpływu transpiracji na bilans wodny lizymetrów przewiduje się w kolejnym etapie badań pokrycie powierzchni lizymetrów roślinnością.

Infiltracji wody w lizymetrach nie ogranicza spływ powierzchniowy. Z powodu dużej przepuszczalności gruntów wypełniających lizymetry nie obserwuje się wpływu natężenia opadów na wielkość infiltracji. Woda nie gromadzi się na powierzchni lizymetrów nawet przy bardzo intensywnych opadach, które w naturalnych warunkach terenowych wyraźnie ograniczają infiltrację przez wzrost spływu powierzchniowego i parowania.

Praktycznie identyczne wartości wskaźnika infiltracji dla lizymetrów A i I, wypełnionych tym samym gruntem, świadczą o braku wpływu zróżnicowanej konstrukcji stosowanych lizymetrów na wielkość infiltracji.

Badania w lizymetrach są badaniami wieloletnimi i powinny być kontynuowane dla tych samych gruntów.

Praca stanowi część badań statutowych Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej AGH – umowa 11.11.140.139 oraz projektu badawczego MNiSW nr NN 525 2058 33.

Literatura

- DOWGIAŁŁO J., KLECKOWSKI A.S., MACIOSZCZYK T. & RÓŻKOWSKI A. (red.) 2002 – Słownik hydrogeologiczny. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KRAJEWSKI R. & WILK Z. 1972 – Hydrogeologia kopalniana. [W:] Poradnik Górnika. T. 1. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice: 368–440.
- LANTHALER C. 2004 – Lysimeter stations and soil hydrology measuring sites in Europe – purpose, equipment, research results, future developments. Unveröffentlichte Diplomarbeit am Insitut für Geographie und Raumforschung. Karl – Franzens – Universität Graz.
- MASTER A. 2008 – Ocena naturalnego bilansu wodnego w oparciu o badania w lizymetrach. Praca dyplomowa, KHiGI AGH, Kraków.
- PAZDRO Z. & KOZERSKI B. 1990 – Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.
- STUMPP CH., MALOSZEWSKI P., STICHLER W. & MACIEJEWSKI S. 2007 – Quantification of the heterogeneity of the unsaturated zone based on environmental deuterium observed in lysimeter experiments. *Hydrol. Sci. Journ.*, 52: 748–762.
- TWARDOWSKA I., SZCZEPAŃSKA J. & WITCZAK S. 1988 – Wpływ odpadów górnictwa węgla kamiennego na środowisko wodne. Ocena zagrożenia, prognozowanie, zapobieganie. *Pr. Stud. PAN Inst. Podst. Inż. Środ.*, 35.
- ZALUSKI M. 1973 – Odnowalność wód podziemnych w świetle wybranych elementów i obliczeń bilansowych. *Biul. Inst. Geol.*, Warszawa.
- ŻUREK A. & CZUDEK Ł. 2007 – Pionowa zmienność parametrów hydrogeologicznych w czwartorzędowym zbiorniku wód podziemnych (GZWP 450 – Dolina rzeki Wisły) na przykładzie profilu studni badawczej z poletka doświadczalnego AGH. [W:] *Współczesne problemy hydrogeologii*, 13: 389–399.

Praca wpłynęła do redakcji 14.07.2009 r.
 Po recenzji akceptowano do druku 1.04.2010 r.