

JAROSŁAW KUCZA

Teoretyczne i praktyczne aspekty obliczania zapasu wody w glebach leśnych

Część 2. Gleby szkieletowe

Theoretical and practical aspects of calculating water resources in forest soils.
Part II. Skeletal soils

ABSTRACT

Kucza J. 2005. Teoretyczne i praktyczne aspekty obliczania zapasu wody w glebach leśnych. Część 2. Gleby szkieletowe. Sylwan 10: 35-46.

The paper presents an original method of calculating actual water resource in forest skeletal soils as a sum of two components: water resource in the fine earth fraction and water resource in the skeletal (grain size $\geq 2\text{mm}$) fraction. A scientific justification for applied procedures was provided. Functional forms of empirical equations were developed to calculate water resource in soil skeletal fraction depending on the moisture content in the surrounding fine earth fractions. Examples of detailed description of these dependencies for the organic and mineral matter layers of the skeletal soil profile under the stands of the Beskid Śląski Mountains are given.

KEY WORDS

forest hydrology, forest soil, soil water resource, soil skeleton, skeleton water absorptivity

ADDRESSES

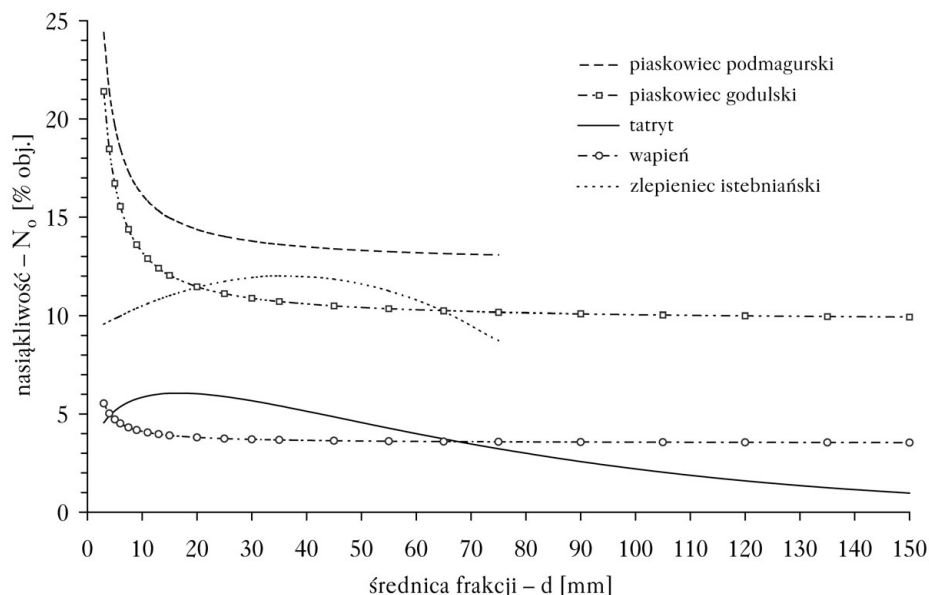
Jarosław Kucza – Katedra Inżynierii Leśnej; Akademia Rolnicza;
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków; e-mail: rlsulins@cyf-kr.edu.pl

Wprowadzenie

Gleby leśne Karpat cechuje duża rozpiętość potencjalnych zdolności zatrzymywania wody. Według publikowanych wyników badań, w bryle gleby o objętości 1 m^3 maksymalna pojemność wodna może wahać się od 135 do 535 dm^3 , z czego na frakcje szkieletowe może przypadać od 20 do 61 dm^3 [Brożek i in. 1986, 1988a, 1988b; Maciaszek i in. 1990a, 1990b]. Wielkość obecnego zapasu wody w glebie leśnej kształtowana będzie nie tylko przez potencjalne możliwości jej przyjęcia, lecz w równym stopniu przez szeroki aspekt czynników: topograficznych, przyrodniczo-leśnych i klimatycznych. Wywołane tymi czynnikami dynamiczne zmiany „układu sił” w profilu glebowym [Ostromięcki 1969] sprawiają, że praktycznie stan pełnego wykorzystania potencjalnych pojemności wodnych w glebach leśnych nie występuje.

W przeciwieństwie do omówionego w 1 części pracy [cz. 1] gruntu bezszkieletowego, grunt szkieletowy może posiadać tak znaczną różnorodność uziarnienia, że oznaczonej w nim (z pobranych próbek) ilości wody nie można bezpośrednio uważać za zapas w wydzielonej warstwie.

Wyniki specjalistycznych badań nad porowatością i nasiąkliwością wodną szkieletu glebowego [Brożek i in. 1986, 1988a, 1988b; Rykała 2000; Suliński, Kucza i in. 2001] wskazują na bardzo dużą zmienność tych właściwości fizycznych w zależności od formacji geologicznej, jak również od stopnia jej rozdrobnienia i zwietrzenia.



Ryc. 1.

Zależność nasiąkliwości szkieletu gleb leśnych od średnicy uziarnienia dla różnych formacji geologicznych według Brożka i innych [1986, 1988a, 1988b]

Relationship between the absorptivity of the forest skeletal soils and the grain diameter for different geological formations according to Brożek [1986, 1988a, 1988b]

Na rycinie 1 przedstawiono za Brożkiem i innymi [1986, 1988a, 1988b] przebieg empirycznych zależności między nasiąkliwością frakcji szkieletowych a jej rozmiarami, dla wybranych utworów geologicznych Karpat. Cytowane zależności pozwalają jedynie na obliczenie maksymalnych pojemności wodnych części szkieletowych bez określenia ich udziału w dynamicznej wymianie wody pomiędzy nimi a częściami ziemistymi.

Obecność szkieletu ma dwójaki wpływ na kształtowanie się zapasu obecnego wody w glebie wynikający z następujących właściwości:

- szkielet ma określoną zdolność do wymiany (przyjmowania i oddawania) określonej ilości wody z częściami ziemistymi,
- szkielet ma swoistą trudną do określenia czasową „bezwładność” tej wymiany.

Znaczna dysproporcja między porowatością i siłą ssącą obydwu sąsiadujących ze sobą ośrodków (części ziemistych i szkieletowych) wymusza konieczność określania w gruncie ich wzajemnych relacji wilgotnościowych.

Przedmiotem pracy jest zapas wody w gruntach szkieletowych.

Celem pracy jest przedstawienie proponowanego przez Autora sposobu przeliczania wilgotności względnej gruntu szkieletowego na zapas wyrażony w milimetrach warstwy wody oraz jego sumowania dla całego profilu glebowego.

Założenia metodyczne do obliczania zapasu wody dla warstwy gruntu szkieletowego

Podział frakcji gruntu na części ziemiste i szkieletowe jest podziałem stosowanym przez gleboznawstwo. Granicę między tymi frakcjami w gruntoznawstwie wyznacza średnica 2 mm.

Teoretyczne i praktyczne aspekty obliczania zapasu wody w glebach leśnych 37

Wzajemne relacje pomiędzy frakcjami sprawiają, że określanie ilości wody w gruncie szkieletowym wymaga znacznego poszerzenia badań w stosunku do oznaczeń w gruntach jednorodnych, zbudowanych jedynie z frakcji ziemistych [cz. 1]. Zagadnienie komplikuje konieczność uzyskiwania niektórych właściwości fizycznych ośrodka gruntowego w sposób pośredni. Złożoność fazy stałej gruntu szkieletowego wymusza postać ogólną wzoru do obliczania w nim całkowitego zapasu aktualnego wody (Z_c), mającego postać:

$$Z_c = Z_z + Z_{sk} \quad [1]$$

w którym:

Z – zapas wody w mm H_2O ;

indeksy:

c – w całym profilu glebowym,

z – w częściach ziemistych (2 mm),

sk – w częściach szkieletowych (2 mm).

Zasadniczym założeniem metodycznym przy obliczaniu ilości wody w gruntach szkieletowych jest stwierdzenie, że nie można bezpośrednio obliczyć w nich wilgotności części ziemistych, a tym bardziej zapasu, bez znajomości: udziału grubych frakcji, ich właściwości fizycznych oraz ich podatności na zmiany zapasu wody, w zależności od zmian wilgotności otaczającego je środowiska.

Aby posłużyć się tym wzorem należy wykonać szereg czynności terenowych, laboratoryjnych i obliczeniowych, które ogólnie można podzielić na 5 etapów:

- podzielenie odkrywki profilu badawczego na warstwy pomiarowo-obliczeniowe [cz. 1],
- określenie udziału objętościowego frakcji szkieletowych w warstwie pomiarowo-obliczeniowej,
- zbadanie nasiąkliwości frakcji szkieletowych występujących w warstwie,
- określenie właściwości fizycznych frakcji ziemistej i frakcji szkieletowych,
- obliczenie zapasu aktualnego w warstwie i w profilu.

Podstawą do obliczania zapasu wody będzie bezwymiarowy stopień wilgotności, zarówno w odniesieniu do części ziemistych [cz. 1] jak i szkieletowych.

Metodyka badań właściwości fizycznych frakcji szkieletowych i ziemistych

POMIARY TERENOWE I POBIERANIE MATERIAŁU DO OZNACZEŃ LABORATORYJNYCH. Tak jak w przypadku gleb bezszkieletowych pierwszym etapem poprzedzającym badania będzie podział profilu na warstwy obliczeniowe według kryterium zbliżonych właściwości fizycznych [cz. 1] oznaczonych metodami makroskopowymi.

Badanie udziału szkieletu powinno być wykonane oddzielnie dla każdej warstwy obliczeniowej profilu, na odkrywce o wymiarach nawiązujących do ilości i wielkości szkieletu, gwarantujących reprezentatywność uzyskanych wyników dla terenu badań. W pracach własnych Autor ocenia szkieletowość gleb w dołach próbnych w kształcie sześcianu o objętości około 1 m^3 . Każda warstwa po wydobyciu zostaje przesiana przez sita: 100, 50, 25, i 10 mm. Oddzielone w ten sposób frakcje powyżej 10 mm są (po oczyszczeniu szczotką z części ziemistych) ważone i w zależności od ich udziału brane w całości lub w części do badań laboratoryjnych. Frakcje o rozmiarach większych od 100 mm są również ważone, a do badań laboratoryjnych pobrany zostaje odłamek o masie około 3,0-4,0 kg. Próbkę frakcji szkieletowych przeznaczoną do badań laboratoryjnych powinny być zabezpieczone przed parowaniem w celu uniknięcia błędów w oznaczeniu

ich wilgotności naturalnych, potrzebnych do obliczenia ich objętościowego udziału w warstwie. Pozostała po przesianiu frakcja ziemista, wraz z szkieletem mniejszym od 10 mm, zostaje zważona w całości. Z pozostałości tej (po wcześniejszym dokładnym wymieszaniu) pobiera się, do szczelnych pojemników, próbkę o masie około 5 kg w celu określenia w laboratorium udziału drobniejszego szkieletu. Po wydobyciu całej wydzielonej warstwy wykonuje się w odkrywce dokładne pomiary jej miąższości i długości ścian bocznych, które będą podstawą do oszacowania objętościowego udziału w niej części szkieletowych. Ewentualne błędy popełnione przy określaniu udziału szkieletu w warstwie gruntu znacząco będą wpływać na obliczony w niej zapas wody.

W bezpośrednim sąsiedztwie pobranej warstwy, pobierane są do stalowych cylindrów próbki o nienaruszonej strukturze do dokładnego oznaczenia właściwości fizycznych dla części ziemistej.

BADANIA LABORATORYJNE GRUNTU BUDUJĄCEGO WARSTWĘ. Badania laboratoryjne właściwości fizycznych, zarówno części szkieletowych jak i ziemistych, przeprowadza się według schematu przedstawionego na rycinie 2, opisanego w kolejnych punktach.

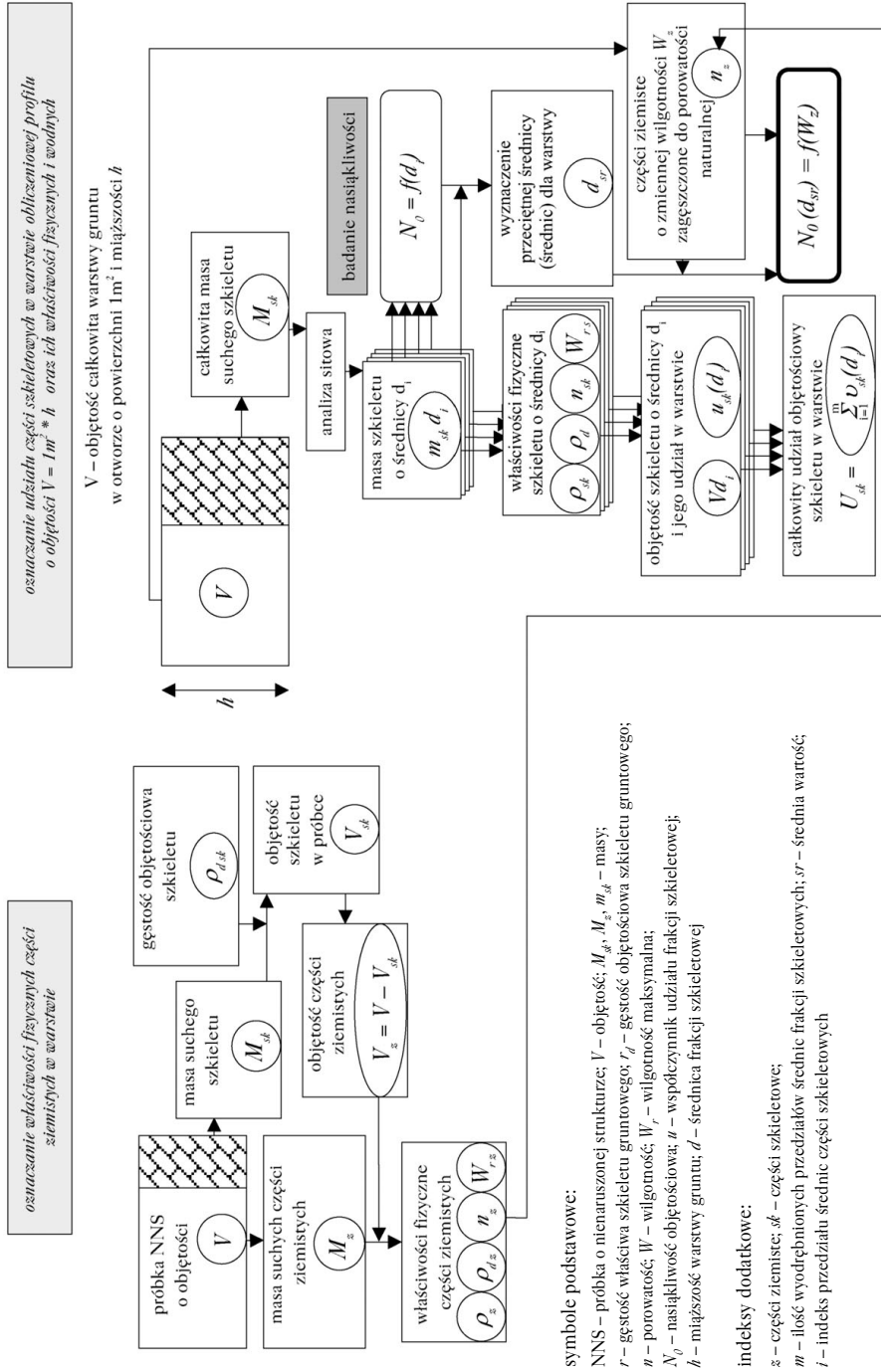
1. Na próbkach szkieletowych o różnych granulacjach należy oznaczyć i wyliczyć: nasiąkliwość zwykłą [PN-85/B-04101], gęstość objętościową i właściwą, porowatość [PN-66/B-04100], wilgotność maksymalną i udział objętościowy w warstwie. Średnice cząstek (d) szkieletu oraz ich nasiąkliwości objętościowe (N_o) będą podstawą do opracowania zależności [Brożek i inni 1986, 1988a, 1988b] o ogólnej postaci:

$$N_o = f(d) \quad [2]$$

Nasiąkliwość zwykła jest normatywnie oznaczana na próbkach wyciętych ze skały (walec $\varphi=50$ mm i wysokości 50 mm lub sześciian o bokach 50 mm). Polska Norma PN-85/B04101 traktująca skałę jako materiał budowlany nie przewiduje badania nasiąkliwości odłamków o mniejszych wymiarach, toteż nie uwzględnia doświadczalnie stwierdzonego faktu [Brożek i in. 1986, 1988a, 1988b], iż nasiąkliwość jest funkcją nie tylko właściwości fizycznych skały, lecz także stopnia jej rozdrobnienia. Dlatego autorzy tych badań sugerują, iż nasiąkliwość frakcji mniejszych od 50 mm należy zbadać oddzielnie. Rycina 1 przedstawia graficzne obrazy funkcji [2] opracowane przez Brożka i innych [1986, 1988a, 1988b] dla wybranych utworów geologicznych. Jednakże należy wyraźnie podkreślić, iż wzory te wyrażają nasiąkliwość zbadaną w podciśnieniu i przy zaklasyfikowaniu ziaren o rozmiarach od 1 do 2 mm do frakcji szkieletowych.

Na podstawie rezultatów badań własnych [Kucza, Suliński 2000; Rykała 2000; Suliński, Kucza i inni 2001] Autor niniejszego opracowania proponuje oznaczenie nasiąkliwości metodą zwykłą, ponieważ głębokość górskich profili szkieletowych (około 1,0 m) oraz cel tych badań (zdolność do wymiany zawartej w nim wody z częściami ziemistymi) nie uzasadnia stosowania innych metod. Funkcyjne określenie zależności [2] powinno dać odpowiedź na pytanie: dla jakich utworów i w jakich granicach liczbowych, wielkość cząstek szkieletowych jest istotna dla ich nasiąkliwości. Z prezentowanych na rycinie 1 przykładów można wyciągnąć wniosek, że o ile dla gleb powstałych z drobnziarnistego piaskowca i łupku ilastego warstw podmagórskich zależność ta jest istotna (w badanym przedziale średnic nasiąkliwość zmienia się objętościowo o około 11%), to dla wytworzonych z wapienia dolomitycznego i zlepieńca istebniańskiego (1 i 3% objętości), dla proponowanych obliczeń, wydaje się być bez praktycznego znaczenia.

Nie ma obecnie empirycznych badań pozwalających wyznaczyć przedział zmienności nasiąkania dla próby badanych średnic szkieletu, uzasadniających traktowanie materiału



Ryc. 2.

Schemat oznaczania właściwości fizycznych i wodnych części ziemistych i szkieletowych w wydzielonej warstwie gruntu potrzebnych do obliczania w niej zapasu wody
 Diagram of determining physical and water properties of the earth and skeletal fractions in the ground layer selected to calculate water resource contained in it

skalnego jako jednorodny ze względu na omawianą właściwość. Można ją wyznaczyć samemu w zależności od założonej dokładności badań. Z doświadczeń własnych Autora wynika, że można przyjąć zmienność do 5% objętości za nieistotną dla późniejszego obliczania dynamiki zapasu wody w szkielecie. Takie założenie znacznie ułatwi dalsze badania i obliczenia. W takich formacjach geologicznych, wyznaczyć można jedną przeciętną średnicę jako średnią ważoną udziałem dla każdej z warstw obliczeniowych w profilu lub nawet dla całego profilu. W przypadku gdy zmienność nasiąkliwości określonej wzorem [2] jest większa, należy wykres omawianej funkcji podzielić na przedziały średnic, dla których zostanie wyznaczona ich średnia (ważona) wartość. Do dalszych badań nad nasiąkliwością należy użyć próbek szkieletu o rozmiarach zbliżonych do przeciętnych w wyznaczonych przedziałach.

2. Właściwości fizyczne części ziemistych potrzebne do obliczania w nich zapasu wody [cz. 1] oznaczone na próbkach o nienaruszonej strukturze należy zredukować ze względu na udział masowy i objętościowy frakcji szkieletowych (ryc. 2).
3. Bezpośredni pomiar aktualnej wilgotności frakcji szkieletowych w warunkach polowych nie jest jak dotąd wykonywany. Dlatego wilgotność ta musi być oznaczona na drodze pośredniej. Autor proponuje wykorzystać do tego celu empiryczny związek między wilgotnością szkieletu a wilgotnością otaczających go części ziemistych (zagęszczonych do stanu naturalnego, które mogą podlegać bezpośredniemu lub pośredniemu pomiarowi wilgotności) o ogólnej postaci:

$$N_o(d_{sr}) = f(W_z) \quad [3]$$

gdzie:

$N_o(d_{sr})$ – nasiąkliwość frakcji szkieletu o średnicy (średnicach) przeciętnej (przeciętnych) dla warstwy gruntu, (w % obj.),

W_z – wilgotność względna części ziemistych (% wag.).

Badania potrzebne do określenia tej formuły należy wykonać na próbkach, których masa będzie przyjęta w nawiązaniu do przeciętnej średnicy frakcji szkieletowych. Na rycinie 3: a-c, przedstawiono przykład wyznaczenia przebiegu zależności [3] między nasiąkliwością skały a wilgotnością otaczających ją części ziemistych dla 3 próbek piaskowców istebniańskich w kształcie walców [PN-85/B-04101] z terenu zlewni potoku Dupniańskiego w Beskidzie Śląskim [Rykała 2000]. Na rycinie 3d-f, zobrazowano wyniki doświadczeń wykonanych na naturalnych odłamkach skalnych o przeciętnych średnicach, dla warstw pobranych z jednego profilu glebowego pod świerczyną istebniańską.

Na podstawie przesłanek logicznych i analizy wyników badań przyjęto szczegółową postać funkcji [3]:

$$N_o(d_{sr}) = \alpha(|W_z + \beta| - |W_z - \beta|) + \gamma \quad [3a]$$

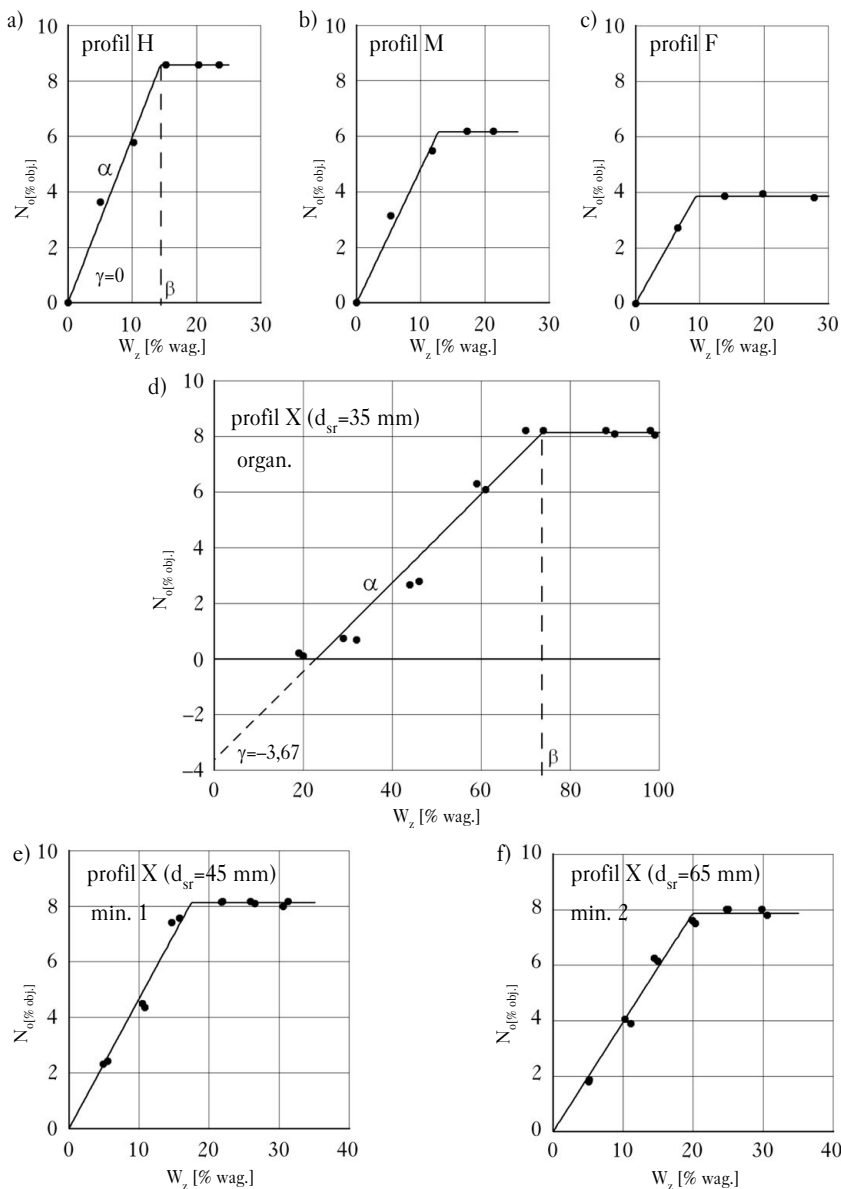
w którym:

$N_o(d_{sr})$ – jak wyżej;

W_z – wilgotność względna części ziemistych (% wag.);

α, β, γ – współczynniki obliczane w procesie identyfikacji wzoru na podstawie wyników badań.

Pod względem fizycznym (ryc. 3a i d) współczynnik nachylenia prostej α wyraża natężenie procesu dostosowywania się wilgotności skały do wilgotności otaczających ją części ziemistych,



Ryc. 3.

Zależność nasiąkliwości objętościowej odłamków skalnych (N_o) piaskowców istebniańskich, pobranych z wybranych profili glebowych zlewni potoku Dupniański w Beskidzie Śląskim, od wilgotności (W_z) otaczających je części ziemistych

Relationship between the absorption capacity of coarse rocks (N_o) of the Istebna sandstones sampled from the selected soil profiles in the Potok Dupniański catchment in the Beskid Śląski Mountains and the moisture (W_z) in the surrounding earth fraction

a, b, c – znormalizowane próbki skalne o średnicy $d=50$ mm [PN-85/B-04101],

d, e, f – próbki szkieletu o średnicach przeciętnych (d_{sr}) dla każdej z 3 warstw obliczeniowych jednego profilu glebowego: organ. – warstwa organiczna o miąższości od 0 do 10 cm; min. 1 – warstwa mineralna na głębokości od 10 do 40 cm; min. 2 – warstwa mineralna na głębokości od 40 do 100 cm

a, b, c – standardised samples of coarse rocks of diameter $d=50$ mm [PN-85/B-04101],

d, e, f – skeletal fraction samples of average diameters (d_{sr}) for each of 3 calculation layers from one soil profile: organ. – organic layer, thickness from 0 to 10 cm; min. 1 – mineral layer at a depth from 10 to 40 cm; min. 2 – mineral layer at a depth from 40 to 100 cm

współczynnik β oznacza natomiast graniczną wilgotność części ziemistych, przy której nastąpiło pełne nasycenie skały. Współczynnik γ (punkt przecięcia się wykresu funkcji z osią ($N_o(d)$) wraz ze współczynnikiem α wyraża wilgotność początkową gruntu, od której rozpoczyna się nasączenie szkieletu. W przypadku gruntów mineralnych wartość tego współczynnika wynosi zero, zaś dla warstw organicznych posiada wartość ujemną, którą można tłumaczyć tym, że pewien zapas wody znajdujący się wewnątrz cząstek organicznych (wyrażony wilgotnością względną) nie wpływa na nasiąkanie odłamków skalnych. Przykładowe wartości współczynników otrzymanych w procesie identyfikacji wzorów podano w tabeli.

Wyniki tych badań pozwalają na sformułowanie trzech wniosków. Pierwszy wskazuje na bardzo duże zróżnicowanie nasiąkliwości w skałach tej samej formacji geologicznej (od 3,96% do 8,58% objętości) uzasadniające wymaganie przeprowadzania omawianych badań dla każdej odkrywki z tego terenu. Drugi wniosek to, że uzyskane w czasie doświadczeń maksymalne nasiąkliwości ($N_o(d_{50})_{max}$), odpowiadają wartościom oznaczonym w środowisku wodnym [PN-85/B-04101]. Trzeci wniosek to, że można za pomocą tej funkcji wyznaczyć graniczne wilgotności części ziemistych ($W_{z,gr}$), przy których następuje pełne wykorzystanie potencjalnych możliwości nasiąkliwości szkieletu. Trudności w przeprowadzeniu tych badań mogą wystąpić przy określaniu wymienionych zależności dla warstwy organicznej gleby. Polegać one będą na konieczności użycia odpowiednio dużego monolitu organicznego o nienaruszonej strukturze, w którym założoną wilgotność możemy uzyskiwać jedynie przez symulację opadów oraz odpowiednio długi okres stabilizacji w nim wilgotności [Kucza 2003].

Algorytm obliczania zapasu wody dla poziomu i całego profilu glebowego

Opisane powyżej badania polowe i laboratoryjne dostarczą nam niezbędnych informacji do obliczenia zapasu wody w wydzielonej warstwie gruntu oraz całym profilu.

Są to:

- miąższość warstwy,
- właściwości fizyczne części ziemistych i obliczona z nich porowatość oraz wilgotność maksymalna,
- udział objętościowy frakcji szkieletowych,

Tabela.

Wartości współczynników do wzoru 3a dla próbek szkieletu wybranych gleb leśnych z terenu zlewni potoku Dupniański w Beskidzie Śląskim

Coefficient values of equation 3a for the skeletal fraction samples from the selected forest soils in the Potok Dupniański catchment in the Beskid Śląski Mountains

Profil	Oddział	Średnica szkieletu [mm]	Rodzaj warstwy w profilu	Części ziemiste*		Współczynniki		
				Rodzaj gruntu	n	a	b	g
H	141j	50	mineralna	Gp	0,46	0,298	14,38	0,00
M	140k	50	mineralna	Gp	0,49	0,242	12,74	0,00
F	144c	50	mineralna	Pg	0,44	0,206	9,40	0,00
X	139j	35	organiczna	T	0,75	0,080	73,88	-3,67
X	139j	45	1 mineralna	Pg	0,55	0,233	17,46	0,00
X	139j	65	2 mineralna	Gp	0,47	0,197	19,99	0,00

* Oznaczenia rodzaju gruntu według PN-86/B-02480: Gp – glina piaszczysta; Pg – piasek gliniasty; T – torf; n – porowatość

* Description of soil type according to PN-86/B-02480: Gp – sandy loam; Pg – loamy sand; T – peat; n – porosity

Teoretyczne i praktyczne aspekty obliczania zapasu wody w glebach leśnych **43**

- właściwości fizyczne frakcji szkieletowych i obliczone z nich porowatości oraz wilgotności maksymalne,
- wyniki badań nasiąkliwości frakcji szkieletowych w postaci funkcji: $N_o=f(d)$ oraz $N_o(d_i)=f(W_z)$,
- zmierzona wilgotność względna części ziemistych, uzyskana metodą bezpośrednią lub pośrednią [Malicki 1980, 1990].

W pierwszej kolejności należy obliczyć zapas wody w częściach ziemistych (Z_z) posługując się wzorem omówionym w pierwszej części pracy, poszerzonym o współczynnik redukcyjny wynikający z udziału objętościowego frakcji szkieletowych:

$$Z_z = h \cdot n_z \cdot S_{rsz} \cdot U_z \quad [\text{w mm H}_2\text{O}] \quad [4]$$

w którym:

- h – miąższość warstwy w mm; S_{rsz} – stopień wilgotności frakcji ziemistych;
- n_z – porowatość części ziemistych warstwy;
- U_z – współczynnik redukcyjny obliczony wzorem:

$$U_z = 1 - \sum_{i=1}^m u_{sk}(d_i) \quad [5]$$

w którym:

- $u_{sk}(d_i)$ – objętościowy udział w warstwie frakcji szkieletu w przedziale uziarnienia o przeciętnej średnicy równej d_i ;
- m – ilość wydzielonych przedziałów uziarnienia frakcji szkieletowej.

Do obliczenia aktualnego zapasu wody w szkielecie o średnicy (d_i) wykorzystujemy zależność [3a], która pozwala na określenie w nim ilości wody przy aktualnej wilgotności części ziemistych. Daje on nam możliwość, przy znanej porowatości, obliczenia obecnego stopnia wilgotności szkieletu według wzoru:

$$S_{rsk}(d_i) = \frac{N_o(d_i)}{n_{sk}(d_i)} \quad [6]$$

w którym:

- $S_{rsk}(d_i)$ – stopień wilgotności szkieletu o średnicy d_i (wartość niemianowana);
- $n_{sk}(d_i)$ – porowatość szkieletu o średnicy d_i (w % objętości);
- $N_o(d_i)$ – nasiąkliwość skały oznaczona na podstawie wilgotności części ziemistych obliczona według wzoru [3a] w % objętości.

Następnie oblicza się zapas wody w całym szkielecie warstwy według wzoru:

$$Z_{sk} = \sum_{i=1}^m (h \cdot u_{sk}(d_i) \cdot n_{sk}(d_i) \cdot S_{rsk}(d_i)) \quad [\text{mm H}_2\text{O}] \quad [7]$$

w którym:

- m – ilość przedziałów uziarnienia frakcji szkieletowych;
- h – miąższość warstwy (w mm);
- $u_{sk}(d_i)$ – objętościowy udział w warstwie frakcji szkieletu (w i-tym przedziale uziarnienia);
- $n_{sk}(d_i)$ – jak wyżej.
- $S_{rsk}(d_i)$ – jak wyżej.

W przypadku wilgotności części ziemistych większej od W_{zgr} , stopień wilgotności ($S_{rsk}(d_i)$) wyliczamy dla maksymalnej nasiąkliwości ($N_o(d_i)_{max}$) oznaczonej w środowisku wodnym [PN-85/B-04101].

44 Jarosław Kucza

Sumując wzorem [1] zapas wody w częściach szkieletowych (Z_{sk}) i ziemistych (Z_z) otrzymuje się zapas dla warstwy.

Suma tak obliczonych zapasów w poszczególnych warstwach profilu stanowi całkowity zapas wody glebowej w mm H_2O .

$$Z_c = \sum_{i=1}^m (Z_{zi} + Z_{ski}) \quad [8]$$

gdzie:

m – ilość warstw gruntu w profilu.

Podsumowanie i wnioski

Badania dynamiki zapasu wody w szkieletowych profilach gleb leśnych metodą bezpośrednią lub metodami pośrednimi są niemożliwe do wykonania bez wcześniejszego określenia w nich udziału grubych frakcji wraz z ich właściwościami fizycznymi. Objętość zajmowana przez szkielet jest podstawą do określenia w sposób pośredni właściwości fizycznych frakcji ziemistych istotnych do bilansowania w nich ilości wody. O ile ziarna gruntu mniejsze od 2 mm możemy potraktować jako środowisko jednorodne i w stosunku do niego używać procedury obliczeniowej opisanej w I części pracy, to w przypadku zawartości frakcji szkieletowych istnieje potrzeba zastosowania oddzielnej procedury badawczej oraz obliczeniowej. Spowodowane jest to znaczną różnicą porowatości tych dwóch ośrodków powodującą dużą dysproporcję między występującymi w nich siłami ssącymi. Różnice te wywołują odmienną dynamikę wymiany (przyjmowania i oddawania) wody między częściami szkieletowymi a częściami ziemistymi. Proponowane badania nad nasiąkliwością części szkieletowych w profilu glebowym można podzielić na 4 etapy:

- ✦ Określenie objętościowego udziału części szkieletowych.
- ✦ Określenie zależności nasiąkliwości od granulacji cząstek szkieletu pozwalającej na analizę przedziału zmienności tej cechy i wybór średnic przeciętnych dla wybranych przedziałów nasiąkliwości. W przypadku stwierdzenia niewielkiej zmienności nasiąkliwości (do 5% objętości) obliczamy jedną przeciętną średnicę szkieletu dla wszystkich odłamków skalnych w warstwie gruntu.
- ✦ Określenie funkcyjnej zależności pomiędzy nasiąkliwością szkieletu a wilgotnością części ziemistych na próbkach materiału skalnego o wyznaczonych przeciętnych średnicach. Wzór [3a] stanowi pierwsze ujęcie liczbowe relacji między wilgotnością części szkieletowych i ziemistych w profilach gleb górskich. Relacje te mają podstawowe znaczenie dla kształtowania się pojemności wodnej pokrywy glebowej traktowanej jako continuum. Stwierdzony związek otwiera nową perspektywę obliczania bilansu wody w leśnych szkieletowych glebach górskich w ujęciu dynamicznym.
- ✦ Dysponując wilgotnością obecną części ziemistych można, posługując się wymienioną zależnością, obliczyć nasiąkliwość objętościową frakcji szkieletowych wraz z obecnym stopniem wilgotności, będącym podstawą omówionych algorytmów.

Literatura

- Brożek S., Chmielewski L. 1986. Porowatość i nasiąkliwość wodna szkieletu glebowego wybranych górskich gleb leśnych. Roczn. Gleb. 37, 4: 23-34.
- Brożek S., Figura T. 1988a. Porowatość i nasiąkliwość wodna szkieletu glebowego wytworzonego z tatrzytu i wapienia. Roczn. Gleb. 39, 3: 21-32.
- Brożek S., Włodek P. 1988b. Porowatość i nasiąkliwość wodna szkieletu glebowego wytworzonego z piaskowców godulskich. Roczn. Gleb. 39, 3: 33-43.

- Kucza J. 2003.** Laboratoryjne badania zatrzymywania wody w poziomach organicznych i mineralnych gleb wybranych dolnoreglowych drzewostanów świerkowych w Beskidzie Śląskim Część II. Relacje między zdolnością zatrzymywania wody a gęstością objętościową próbki. *Acta Agr. Silv. ser. Silv.* 41: 59-74.
- Kucza J. 2005.** Teoretyczne i praktyczne aspekty obliczania zapasu wody w glebach leśnych. Część I. Gleby bezszkieletowe. Warszawa. Sylwan 9: 24-33.
- Kucza J., Suliński J. 2000.** Relacje pomiędzy porowatością kapilarną a gęstością objętościową i kurczliwością gruntu o różnej zawartości części organicznych, występujących na terenie zlewni doświadczalnej Potok Dupniański w Beskidzie Śląskim. *Acta Agr. et Silv., ser. Silv.* 38: 91-106.
- Maciaszek W., Furmański G. 1990.** Właściwości fizyczne wybranych kamienistych gleb leśnych wytworzonych ze skał warstw magurskich w Beskidzie Żywieckim. *Rocz. Gleb.* 41,1-2: 23-33.
- Maciaszek W., Wójciak A. 1990.** Właściwości fizyczne wybranych szkieletowych gleb leśnych wytworzonych ze skał warstw podmagurskich w Beskidzie Niskim. *Rocz. Gleb.* 41, 1-2: 35-46.
- Malicki M. 1980.** Przegląd metod pomiaru wilgotności gleb i ocena ich przydatności w badaniach polowych. *Probl. Agrif.* 31.
- Malicki M. 1990.** A reflectometric (TDR) meter of moisture content in soils and other capillary-porous materials. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 388: 107-114.
- Ostromięcki J. 1969.** Udział podsiąku z poziomu wody gruntowej w pokrywaniu niedoborów pomiędzy parowaniem i opadem. *Rocz. Nauk Rol.* 77, F-2.
- PN-66 B-04100. 1988.** Materiały kamienne. Oznaczanie gęstości objętościowej, gęstości i szczelności. PKNMij, Wydawnictwa Normalizacyjne „Alfa”, Warszawa.
- PN-85 B-04101. 1985.** Materiały kamienne. Oznaczanie nasiąkliwości wodą. PKNMij, Wydawnictwa Normalizacyjne „Alfa”, Warszawa.
- PN-86/B-02480. 1986.** Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów. PKNMij, Wydawnictwa Normalizacyjne „Alfa”, Warszawa.
- PN-88/B-04481. 1988.** Grunty budowlane. Badania próbek gruntu. PKNMij, Wydawnictwa Normalizacyjne „Alfa”, Warszawa.
- Rykała R. 2000.** Wpływ części szkieletowych na zapas wody w wybranych profilach glebowych zlewni doświadczalnej Potok Dupniański. MSK, s.1-47, ZIL AR Kraków.
- Suliński J., Kucza J. i in. 2001.** Zbadanie czynników określających dynamikę zapasu wody, chemizm i produktywność gleb leśnych wytworzonych z piaskowców istebniańskich. Raport końcowy, MSK, GDLP Warszawa, ZIL AR Kraków. 1-142.

SUMMARY

Theoretical and practical aspects of calculating water resources in forest soils. Part II. Skeletal soils

The calculation of actual soil water resource in the profiles of mountain forest skeletal soils is a complex issue both in respect of ground moisture measurements using the direct and indirect methods. Different physical properties of earth and skeletal fractions cause a high disproportion between the porosity and suction force between the two environments. This results in differences in water intake and release dynamics by the skeletal fraction which should be taken into consideration while calculating actual water resource in the skeletal profiles of forest soils. The paper presents the procedures of calculating water resources in this type of profiles based on the assumption that the actual total water resource in the ground layer (Z_c) is the sum of water resources in the both analysed environments calculated from equation [1]. The description of the physical properties of the both fractions and additional studies on water properties of the soil fraction needed for these calculations are illustrated in the diagram (Fig. 2). Calculations of water resources in skeletal fractions require determining their normative physical properties and additional studies on their absorptivity. These studies should be conducted at two stages. At the first stage a relationship between absorbing capacity (N_0) and

46 Jarosław Kucza

particle sizes of the skeletal fraction (d) should be determined. The functional character of this relationship [2] decides about skeletal fraction sample sizes designed for studies at the second stage to find relationships [3a] between their absorbing capacity ($N_o(d_{sr})$) and moisture content of the native earth fraction (W_z). The actual absorptivity of the skeletal fraction determined from equation [3a] serves to calculate from equation [6] its moisture content being a transitional stage to balancing water resources in the coarse-grain soil fractions using equation [7]. Calculating the water resource in the skeletal and earth fractions in particular layers from equation [8] and summing obtained results from all the layers we obtain total actual; water resource in the soil profile.