

Wojtasik Mieczysław, Szatten Dawid. Granulometryczny wskaźnik gęstości naturalnej gleb = Granulometric coefficient of natural bulk density of soil. *Journal of Education, Health and Sport*. 2015;5(5):76-85. ISSN 2391-8306. DOI [10.5281/zenodo.17444](https://doi.org/10.5281/zenodo.17444)  
<http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/2015%3B5%285%29%3A76-85>  
<https://pbn.nauka.gov.pl/works/559147>  
<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17444>  
Formerly Journal of Health Sciences. ISSN 1429-9623 / 2300-665X. Archives 2011 – 2014  
<http://journal.rsw.edu.pl/index.php/JHS/issue/archive>

Deklaracja.

Specyfika i zawartość merytoryczna czasopisma nie ulega zmianie.  
Zgodnie z informacją MNiSW z dnia 2 czerwca 2014 r., że w roku 2014 nie będzie przeprowadzana ocena czasopism naukowych; czasopismo o zmienionym tytule otrzymuje tyle samo punktów co na wykazie czasopism naukowych z dnia 31 grudnia 2014 r.

The Journal has had 5 points in Ministry of Science and Higher Education of Poland parametric evaluation. Part B item 1089. (31.12.2014).

© The Author (s) 2015;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland and Radom University in Radom, Poland  
Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

Received: 15.02.2015. Revised 27.04.2015. Accepted: 08.05.2015.

## Granulometryczny wskaźnik gęstości naturalnej gleb

## Granulometric coefficient of natural bulk density of soil

Mieczysław Wojtasik, Dawid Szatten

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Wydział Kultury Fizycznej, Zdrowia i Turystyki, Instytut Geografii, 85-428 Bydgoszcz, ul. Mińska 15

### Streszczenie

Kluczowym wskaźnikiem fizycznej jakości gleby jest gęstość objętościowa, a zwłaszcza jej najbardziej znacząca wielkość, czyli gęstość naturalna ( $\rho_n$ ). Gęstość naturalną w całym przedziale zmian kształtuje w największym stopniu granulometryczny wskaźnik g, wyrażany stosunkiem liczbowym frakcji o średnicy 0,5 – 0,1 mm do frakcji o średnicy poniżej 0,002 mm, korygowanym w przypadkach dużej zawartości frakcji  $\phi$  0,1 – 0,02 mm. Na podstawie wielkości tego wskaźnika można ustalić rząd wielkości gęstości naturalnej ( $\rho_n$ ) dla gleb o podobnej charakterystyce uziarnienia oraz w każdym indywidualnym przypadku, czyli warstwie pedonu, dokładną wielkość tej cechy.

### Abstract

Key indicator of the physical quality of the soil is bulk density, especially its most significant factor - natural bulk density of soil ( $\rho_n$ ). Natural bulk density of soil for the whole range is formed in the greatest extent by granulometric index g, expressed in a relationship of fractions of diameter 0,5 – 0,1 mm and fraction of diameter less than 0,002 mm, corrected in the case of a high content of fraction  $\phi$  0,1 – 0,02 mm. On the basis of the size of this indicator the order of magnitude natural bulk density ( $\rho_n$ ) can be determined for soils with a similar grain size and in each individual case, i.e. specified depth of soil profile, exact amount of this characteristic.

**Słowa kluczowe:** gęstość naturalna gleby, granulometryczny wskaźnik gęstości naturalnej gleby, zróżnicowanie uziarnienia gleb, grupa i podgrupa granulometryczna utworu glebowego.

**Key words:** natural bulk density of soil, granulometric index of natural bulk density of soil, particle size distribution of soils, grain size groups and subgroups of soils.

## Wprowadzenie

Na wielkość gęstości objętościowej gleby, mierzoną okazjonalnie i nazwaną gęstością chwilową lub tymczasową ( $\rho_t$ ), wpływa wg danych literaturowych [20] ponad 40 czynników. Natomiast na wielkość gęstości naturalnej ( $\rho_n$ ), którą możemy również nazwać normalną albo równoważną, oddziałują tylko czynniki związane z charakterem tworzywa glebowego, czyli stałe. Są to skład granulometryczny poprzez wskaźnik  $g$ , zawartość węgla organicznego ( $c$ ), węglan wapnia ( $w$ ) i zagłębienie (głębokość) w pedonie ( $z$ ). W największym stopniu i w całym zakresie zróżnicowania uziarnienia gleb wielkość  $\rho_n$  determinuje wskaźnik  $g$ . Matematycznym wyrazem tego wskaźnika są liczby od 0 do ponad 15,13. Najprawdopodobniej niemożliwe w praktyce jest znalezienie gleby, dla której wskaźnik  $g$  wyniósłby 0. W niniejszej pracy podano przykład gleby charakteryzującej się przypuszczalnie najniższą wielkością wskaźnika  $g$ , wynoszącą 0,002. Dla  $g > 15,13$  wielkość  $\rho_n$  przyjmują wartość stałą [20, 21]. Na głębokości 10 dm wynosi ona  $1,659 \text{ Mg m}^{-3}$  [19, 20].

Jak wykazały wyniki badań zamieszczonych w niniejszej pracy oraz w pracach innych autorów [3, 5] nie ma jednej wielkości gęstości objętościowej, która wyznaczałaby optimum fizycznych właściwości dla wszystkich gleb niezależnie od ich uziarnienia i pozostałych determinantów  $\rho_n$ . Są to różne wielkości (tab. 1), wynoszące według przedstawionych danych od  $1,479 \text{ Mg m}^{-3}$  (poz. 1) do  $1,856 \text{ Mg m}^{-3}$  (poz. 35, 36).

## Cel

Przedstawione wyniki badań, odnoszące się do całego przedziału zmienności uziarnienia gleb, mają unaocznić niezbędną potrzebę posługiwania się w praktyce glebo- i gruntoznawczej oraz rolniczej granulometrycznym wskaźnikiem ( $g$ ) do oznaczenia gęstości naturalnej gleb ( $\rho_n$ ). Nadto uzmysłwić zainteresowanym jego wagę i celowość włączenia do standardowego pakietu badań właściwości gleb dla potrzeb naukowych oraz użytkowych.

## Metody

Z zestawu oznaczeń wyznaczników gęstości naturalnej ( $\rho_n$ ), zaczerpniętych z literatury i przedstawionych w pracy [21], w liczbie 66, usunięto połowę, czyli 33. Były to zestawy z udziałem funkcji zawartości węgla organicznego (c) i węglanu wapnia (w), a także te, w których granulometrycznych wskaźnik nie wpływał na wielkość  $\rho_n$ , czyli gdy  $g > 15,13$ . Pozostawiono tylko te, które wyrażają zależność między wielkościami wskaźnika g, a gęstością naturalną  $\rho_n$  i uzupełniono danymi z badań własnych, mając na uwadze to, iżby sięgały do granic przedziału zmienności wskaźnika g oraz zapewniały jego równomierny rozkład (tab. 1). Następnie określono ścisłość związku pomiędzy pomierzonymi wielkościami gęstości gleb ( $\rho_t$ ) a obliczonymi za pomocą formuły  $\rho_n$  i zobrazowano graficznie (rys. 1).

## Wyniki i dyskusja

Zależność gęstości naturalnej gleby  $\rho_n$  od granulometrycznego wskaźnika g (rys. 1) ma skomplikowany kształt. Krzywą obrazującą tę zależność można byłoby podzielić na kilka odcinków (przedziałów) według kierunku (+/-) i tempa zmian analizowanych wielkości. Do gleb o najmniejszych wartościach gęstości naturalnej  $\rho_n$  można zaliczyć wymienione w tab. 1 w poz. 1 – 13, czyli odpowiadające wskaźnikowi  $g = 0,002 - 0,269$ . Dla głębokości w pedonach wynoszących średnio 10 dm (ze stref 9 – 11 dm)  $\rho_n$  dla tych gleb przyjmują wielkości 1,479 – 1,592 Mg m<sup>-3</sup>. Ze zgromadzonych w niniejszej pracy jednostek uziarnienia do wymienionego przedziału wpisują się: czterokrotnie pył ilasty (płi), po dwa razy pył gliniasty (płg) i pył zwykły (płz) oraz jednokrotnie pył piaszczysty (płp), ił (i), glina ciężka (gc) i glina bardzo ciężka (gbc), a ponadto piasek gliniasty lekki pylasty (pglp) mający graniczną z pyłem piaszczystym zawartość frakcji  $\phi$  0,1 – 0,02 mm, czyli 40%.

Tab. 1. Zależność między wielkościami granulometrycznego wskaźnika  $g$  i gęstości naturalnej gleb  $\rho_n$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ostromecko park	20.	0,02/85,98/9,0	plz	0,002	9,50	1,456	1,479	-1,6
2	Ostromecko park	20.	0,06/86,94/8,0	plz	0,008	10,00	1,488	1,484	+0,3
3	Brochocin, 11	2.	0,9/59,0/13,0	pli	0,069	10,7	1,48	1,520	-2,6
4	Pogórze Izerskie – Zalipie	2.	1,2/59,7/13,0	pli	0,092	9,75	1,58	1,530	+3,3
5	Wierzba, 7a	10.	2,6/51,5/25,7	pli	0,101	9,4	1,55	1,534	+1,0
6	Kotl. Toruńska – Sadki	19.	5,7/12,0/46,0	i	0,124	9,75	1,50	1,543	-2,8
7	Kotl. Toruńska – Szarlej, 1	1.	32,2/55,0/4,0	plp	0,124**	9,5	1,61	1,543	+4,3
8	Wzg. Dalkowskie, 7	7.	1,4/60,2/10,0	pli	0,140	9,75	1,52	1,549	-1,9
9	Poj. Starogardz. – Cierzpice	18.	10,0/10,0/49,0	gbc	0,204	9,75	1,54	1,572	-2,0
10	Kotl. Warszawska – Kazuń n. Wisłą	11.	37,0/42,0/8,0	plg	0,216***	9,25	1,52	1,576	-3,6
11	Poj. Starogardz. - Oltarzew	18.	43,0/40,0/10,0	pglp	0,233*	9,75	1,61	1,581	+1,8
12	Czarna ziemia, 2(13)	13.	3,2/68,3/13,0	plg	0,246	10,0	1,56	1,585	-1,6
13	Kotl. Toruńska – Sadki	18.	9,7/22,0/36,0	gc	0,269	9,75	1,60	1,592	-0,5
14	Lubostroń, 3b	20.	41,25/37,0/15,0	gpp	0,364*	10,50	1,649	1,699	-2,9
15	Kotl. Warszawska – Grądk	11.	23,0/50,0/9,0	plg	0,391	10,25	1,64	1,624	+1,0
16	Falęcin, 29	20.	32,2/38,0/16,0	glp	0,497*	10,25	1,758	1,692	+3,9
17	Trzemiętowo, 91	20.	29,0/39,0/17,0	gpp	0,586*	10,50	1,683	1,687	-0,2
18	Poj. Mazurskie – Borki	16.	23,7/21,0/33,0	gc	0,718	10,75	1,64	1,691	-3,0
19	Czarna ziemia, 2	7.	7,6/67,8/11,0	plg	0,782	10,0	1,59	1,701	-6,5
20	Wudzyń, 1a	20.	23,0/23,0/28,0	gc	0,821	10,0	1,708	1,707	+0,1
21	Wola Żelechowska, 8	6.	27,0/16,0/30,0	gc	0,900	9,0	1,80	1,719	+4,7
22	Kijewo	20.	25,0/23,0/26,0	gs	0,962	9,0	1,750	1,728	+1,3
23	Lubostroń, 4	20.	27,0/28,0/27,0	gsp	1,000	10,75	1,724	1,733	-0,6
24	Kłębów Nowy, 7	6.	34,4/14,0/27,0	gs	1,274	9,0	1,75	1,765	-0,8
25	Łasin, 1	20.	31,0/26,0/23,0	gsp	1,348	9,0	1,775	1,773	+0,1
26	Trzebnica, 5	2.	32,6/24,6/24,0	gs	1,358	9,7	1,76	1,773	-0,7
27	Lubostroń, 3 park	20.	33,9/29,0/21,0	glp	1,614	10,50	1,817	1,796	+1,2
28	Samostrzel, park	20.	32,6/32,0/20,0	glp	1,630	9,75	1,795	1,797	-0,1

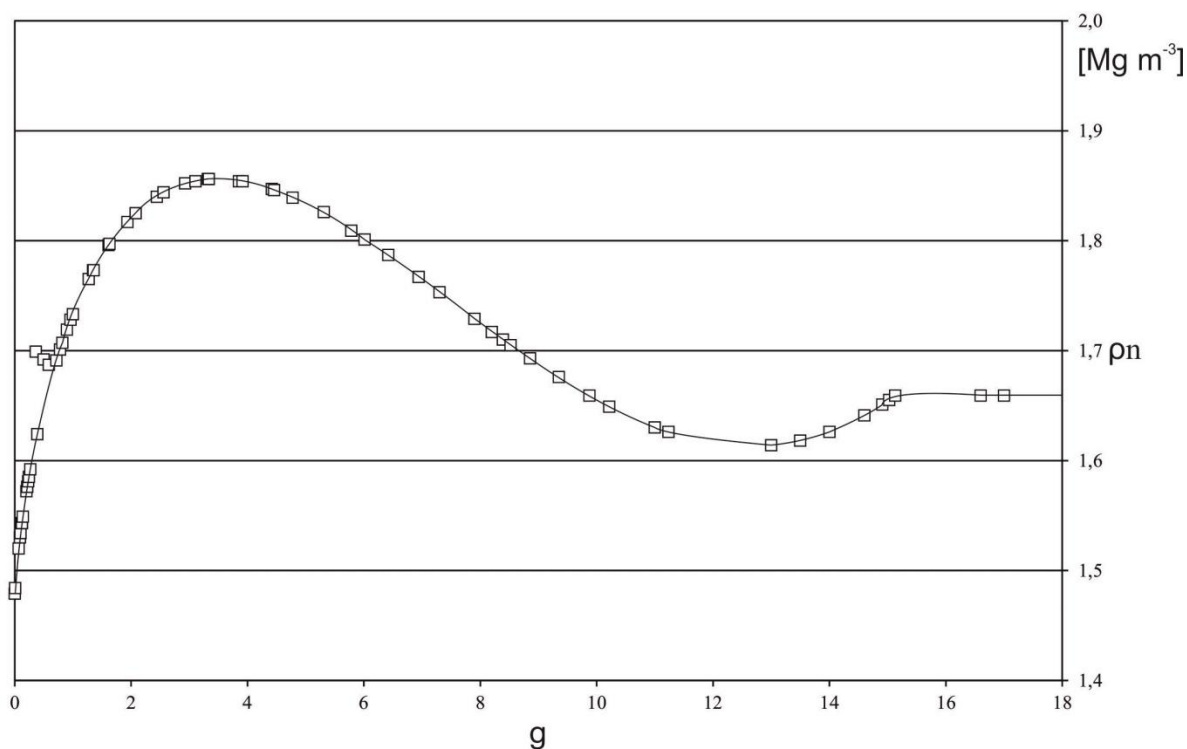
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	Kolonia Jarczew, 3	6.	40,7/20,0/21,0	gl	1,938	9,0	1,78	1,817	-2,0
30	Trzemiętowo, 70	20.	31,2/33,0/15,0	glp	2,080	10,25	1,818	1,825	-0,3
31	Zwola Duża, 16	6.	44,0/23,0/18,0	gl	2,444	9,0	1,81	1,840	-1,6
32	Baczków, 19	6.	43,5/18,0/17,0	gl	2,559	10,0	1,87	1,844	+1,4
33	Podgórzyce	11.	41,0/20,0/14,0	gl	2,929	9,25	1,80	1,852	-2,8
34	Wierzchucinek, 103	20.	43,5/27,0/14,0	gpp	3,107	10,50	1,891	1,854	+2,0
35	Żelechów, 6	6.	46,5/19,0/14,0	gl	3,321	10,0	1,85	1,856	-0,3
36	Wys. Leszczyńska – Kąkolewo, 9	4.	54,7/18,9/13,9	pgm	3,335	9,25	1,75	1,856	-5,7
37	Piekary, 2	20.	42,4/23,0/11,0	gl	3,855	10,00	1,887	1,854	+1,8
38	Duchnice, 2	11.	47,0/11,0/12,0	pgm	3,917	10,5	1,77	1,854	-4,5
39	Równ. Wrzes. – Słomówko, 2	4.	57,0/15,4/12,9	pgm	4,419	10,5	1,80	1,847	-2,6
40	Profil 10	15.	53,5/11,0/12,0	gp	4,458	9,6	1,75	1,846	-5,2
41	Lubostroń, 5	20.	43,0/32,0/9,0	gpp	4,778	9,50	1,749	1,839	-4,9
42	Brzegi, 11	6.	47,8/23,0/9,0	gp	5,311	10,0	1,78	1,826	-2,5
43	Białowieski Park Narodowy, profil 41	12.	55,0/25,5/9,5	pgl	5,786	9,25	1,81	1,809	+0,1
44	Paniewek	20.	48,1/29,0/8,0	pgmp	6,013	9,00	1,810	1,801	+0,5
45	Kończewice, 1	20.	57,8/23,0/9,0	pgmp	6,422	10,00	1,795	1,787	+0,5
46	Samotwór, 4	14.	48,6/11,4/7,0	pgl	6,943	9,35	1,76	1,767	-2,9
47	Trzemiętowo, 102	20.	43,8/30,0/6,0	psp	7,300	10,50	1,758	1,753	+0,3
48	Trzemiętowo, 76	20.	44,7/35,0/6,0	psp	7,900	10,50	1,800	1,729	+4,1
49	Wierzchucinek, 105	20.	41,0/34,0/5,0	pgmp	8,200	9,00	1,680	1,717	-2,2
50	Gliszcz, 63	20.	50,34/32,0/6,0	psp	8,390	10,50	1,725	1,710	+0,8
51	Brzostowo, 3	20.	42,6/39,0/5,0	pglp	8,520	10,80	1,716	1,705	+0,6
52	Kończewice, 4	20.	62,0/23,0/7,0	pgl	8,857	10,00	1,690	1,693	-0,2
53	Borówno, 43	20.	56,1/27,0/6,0	pglp	9,350	9,25	1,706	1,676	+1,8
54	Branice	2.	79,0/7,4/8,0	ps	9,875	9,25	1,72	1,659	+3,7
55	Rychnowy, 10	20.	61,3/21,0/6,0	ps	10,217	10,00	1,623	1,649	-1,6
56	Chełmiczki, 2	20.	55,0/30,0/5,0	pglp	11,000	10,00	1,610	1,630	-1,2
57	Trampowo, 1b	20.	61,8/25,5/5,5	pglp	11,236	10,00	1,564	1,626	-3,8
58	Gliszcz, 67	20.	52,0/26,0/4,0	psp	13,000	10,50	1,614	1,614	0,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
59	Miasteczko Kraj., 1	20.	54,0/37,0/4,0	psp	13,500	10,00	1,642	1,618	+1,5
60	Trzemiętowo, 89	20.	56,0/11,0/4,0	ps	14,000	11,00	1,640	1,626	+0,9
61	Poczałkowo Łąka	20.	73,0/11,0/5,0	ps	14,600	9,00	1,648	1,641	+0,4
62	Miasteczko Kraj., 2	20.	67,1/24,5/4,5	psp	14,911	10,00	1,671	1,651	+1,2
63	Okol. Wrocławia – Czechnica	9.	51,5/16,0/3,4	ps	15,029	10,25	1,72	1,655	+3,9
64	Paniewek	20.	60,52/26,0/4,0	psp	15,130	9,50	1,659	1,659	0,0
65	Duchnice, 3	11.	83,0/8,0/5,0	ps	16,600	10,5	1,59	1,659	-4,2
66	Czarnów	11.	68,0/23,0/4,0	ps	17,000	9,5	1,62	1,659	-2,4
Średnie							1,693	1,701	
Stosunek korelacyjny ( $\eta$ $\rho_t$ $\rho_n$ )							0,847		
Współczynnik korelacji (r)							0,920		

Objaśnienia: 1 – liczba porządkowa; 2 – Region – miejscowość, cechy gleby, nr profilu; 3 – pozycja literatury według spisu; 4 – skład

granulometryczny gleby: % części 0,5-0,1/0,1-0,02/<0,002 mm; 5 – skrót nazwy grupy gleby wg BN-78/9180-11; 6 – 7 wyznaczniki  $\rho_n$ : 6 – g, 7

– z; 8 –  $\rho_t$ ; 9 –  $\rho_n$ ; 10 –  $\Delta\rho = \frac{\rho_t - \rho_n}{\rho_n} 100\%$ ; przy  $g^*$  - funkcja  $ag + b \frac{1}{g}$ ; \*\*f:  $\frac{1}{g}$



Rys. 1. Zależność pomiędzy wartościami granulometrycznego wskaźnika  $\rho$ , a gęstością naturalną gleby obliczoną za pomocą formuły  $\rho_n$

Najwyższe wartości  $\rho_n$  odpowiadają wskaźnikom  $g$  wynoszącym od 1,630 do 3,335 (faza wzniosu kopulastego fragmentu krzywej – rys. 1) oraz od 3,855 do 6,013 (faza opadania krzywej). Wskaźnikowi  $g$  w tych zakresach odpowiadają wielkości  $\rho_n$  od 1,797 (poz. 28 w tab. 1) do 1,856 Mg m<sup>-3</sup> (poz. 35 i 36 w tab. 1), a więc o 0,377 Mg m<sup>-3</sup> większe od najniższej wielkości odpowiadającej  $g = 0,002$ . W przypadkach gdy wskaźnik  $g$  przekracza 15,13 zależność  $\rho_n$  od  $g$  przyjmuje postać linii prostej równoległej do osi poziomej wykresu o wartości 1,659 Mg m<sup>-3</sup> (tab. 1, rys. 1).

Powyższe ustalenia dowodzą, iż wskaźnik  $g$  jest kluczowym parametrem do wyznaczenia wielkości naturalnej gęstości gleby ( $\rho_n$ ) stanowiącej optimum stosunków wodno-powietrznych gleby [20, 21]. Wskaźnik ten powinien być określany dla każdego pedonu na podstawie analizy składu granulometrycznego. Przybliżoną wielkość optymalnej

gęstości objętościowej gleby, czyli jej naturalną gęstość ( $\rho_n$ ), można oszacować stosownie do podgrupy granulometrycznej utworu glebowego, co próbował wcześniej czynić Ślusarczyk [17]. Przy czym trzeba zaznaczyć, iż ustalenia  $\rho_n$  znacznie lepiej korespondują z wycofaną klasyfikacją uziarnienia gleb mineralnych, czyli BN-78/9180-11, niż wprowadzoną do użytku klasyfikacją PTG 2008.

## **Wnioski**

1. Kluczowym wyznacznikiem gęstości naturalnej gleby ( $\rho_n$ ) dla każdego pedonu jest granulometryczny wskaźnik  $g$ , wyrażany stosunkiem liczbowym frakcji o średnicy 0,5 – 0,1 mm do frakcji o średnicy poniżej 0,002 mm, korygowanym w przypadku dużej zawartości frakcji  $\phi$  0,1 – 0,02 mm.
2. Granulometryczny wskaźnik  $g$  powinien być w trybie badań podstawowych określony dla każdego pedonu, z uwzględnieniem pozostałych składników formuły gęstości naturalnej  $\rho_n$ , czyli funkcji zawartości węgla organicznego, węglanu wapnia oraz głębokości w profilu gleby.
3. W przybliżeniu można szacować wielkość gęstości naturalnej dla określonej warstwy pedonu na podstawie znajomości jej składu granulometrycznego opisanego według klasyfikacji uziarnienia gleb BN-78/9180/11. Mniej przydatna do tego celu jest klasyfikacja PTG 2008.

## **Literatura**

1. Bieńkiewicz P., 1973, Wpływ użytkowania łąkowego i polowego na właściwości fizyczno-wodne i wartość rolniczą gleb mineralno-murszowych. Praca doktor. niepublik.,



2. Borkowski J., 1963, Studia nad glebami pyłowymi i pylastymi Śląska. Roczniki Gleboznawcze t.XIII, z.1, s.79-109,
3. Brady N. C., 1974, The nature and properties of soils. 8<sup>th</sup> ed. McMillan. Publishing New York,
4. Dzieciolowski W., 1966, Gleby grądów Wielkopolski, Roczniki WSR w Poznaniu, XXXI, s. 149-207,
5. Kaczyński N. A., 1958, Ocienka osnownych fizycznych swojstw w agronomicznych cielach i ich prirodnowo płodorodia po mechaniczeskomu sostawu. Poczwow. 5, 80-83,
6. Konecka-Betley i inni, 1970, Wpływ procesu odgórnego oglejenia na kształtowanie się gleb wytworzonych z glin zwałowych, Roczn. Glebozn. t.XXI, z.1, s.21-50,
7. Kowaliński S., 1960, Zróznicowanie właściwości morfologicznych, fizycznych i chemicznych czarnych ziem pod wpływem zmiany ich użytkowania. Zesz. Nauk. WSR, Nr 29, s.101-118,
8. Kowalkowski A., 1966, Główne kierunki rozwoju gleb w warunkach środowiska morfogenetycznego Wzgórz Dalkowskich. Roczn. Glebozn. t.XVI, z.2,
9. Kutera J., 1974, Zużycie wody w poszczególnych fazach wegetacji przez rośliny uprawne na madach lekkich. Wiad. IMUZ, t.1, z.3, s.24-102,
10. Musierowicz A. i inni, 1966, Gleby lessowe orne w terasach erodowanych, Roczn. Nauk. Roln., t.116, ser. D.,
11. Musierowicz A., Król H., 1962, Współzależność między pojemnością wodną polową a kapilarną gleb. Roczn. Gleb., t.XII, s.161-181,
12. Prusinkiewicz Z., Kowalkowski A., 1964, Studia Gleboznawcze w Białowieskim Parku Narodowym. Roczn. Gleb. t.XIV, 22, s.161-304,

13. Pul W., 1959, Gleby powiatu oławskiego jako wyznacznik rejonizacyjny. Zesz. Nauk. WSR Wrocław, Nr 25, s. 43-67,
14. Pul W., Gedrojć B., Szerszeń L., 1958, Niektóre właściwości fizyczne i chemiczne gleb gospodarstwa Samotwór. Zesz. Nauk. WSR we Wrocławiu, Nr 17 s.35-50,
15. Pul W., Szerszeń L., Borkowski J., 1960, Gleby Zakładu Doświadczalnego Świerklaniec. Zesz. Nauk. WSR Wrocław, Nr 29, s.137-151,
16. Ugła H., Ferczyńska Z., 1975, Studia nad właściwościami gleb opadowoglejowych pod lasami liściastymi w terenach falistych Pojezierza Mazurskiego. Roczn. Gleb. t.XXVI, z.1, s.3-26,
17. Ślusarczyk E., 1985, Optymalny model gleby dla potrzeb roślin uprawnych (pierwsze przybliżenie). Roczn. Gleb. t. XXXVI, nr 1, s. 185-190,
18. Wojtasik M., Miatkowski Z., 1966, Skład granulometryczny a gęstość gleb ciężkich. Studia Przyrodn. Zesz. Nauk. WSP w Bydgoszczy, z.12, s.87-94,
19. Wojtasik M., 1990, Głębokość w profilu glebowym jako wyznacznik naturalnej gęstości gleby. Fragm. Agron. 1/25, s.36-43,
20. Wojtasik M., 1995, Gęstość gleb mineralnych. Wyd. Uczel. WSP w Bydgoszczy, ss.120.
21. Wojtasik M., Szatten D., 2015, Wyznaczanie gęstości naturalnej gleb. Journal of Education, Health and Sport, 5(3), 218-228.