

Tomasz TOMASZEWICZ

ZUT w Szczecinie, Zakład Rekultywacji i Chemii Środowiska

Dariusz BŁAŻEJCZAK, Marek ŚNIEG

ZUT w Szczecinie, Katedra Budowy i Użytkowania Urządzeń Technicznych

Roman HONZIK

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. (Výzkumná stanice Chomutov)

ASSESSMENT OF SELECTED PROPERTIES OF THE HUMIC INDUSTRIAL SOIL MADE OF THE BROWN COAL BLANKET CLAYSTONE (CHOMUTOV, CZECH REPUBLIC)

Summary

The humic industrial soil, made of the brown coal blanket, was investigated. Soil was examined in layers located at the following depths: 0-5, 10-15, 20-25, 30-35, 40-45 and 55-60 cm. The following properties were examined: texture, water content, bulk density, shear strength and penetration resistance. It was proven that the industrial humic soil, created from heavy textured soil (loam, clay) with high organic matter content ($10,2 - 20,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), provides good conditions for the plant growth. The results showed that the soil had rather low or medium susceptibility to further compaction – calculated value of the packing density ranged from $1,66$ to $1,75 \text{ Mg} \cdot \text{cm}^{-3}$. Although at high water content it can be susceptible to deterioration of the investigated physical properties. This was due to, among others the content of readily-dispersible clay ($0,35 - 0,49 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). The use of tillage equipment should not be associated with increased working resistance, particularly in arable layer, because the values of shear strength and penetration resistance do not exceed on average respectively the values of 163 and 970 kPa .

Key words: reclamation, blanket, brown coal

OCENA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI INDUSTRIOZIEMU PRÓCHNICZNEGO WYTWORZONEGO Z IŁÓW NADKLADOWYCH WĘGLA BRUNATNEGO (CHOMUTOV, CZECHY)

Streszczenie

Badano glebę wytworzoną na zrehabilitowanym składowisku nadkładu zwał złoży węgla brunatnego. W warstwach na głębokościach: 0-5, 10-15, 20-25, 30-35, 40-45, 55-60 cm oznaczono: uziarnienie, wilgotność aktualną, gęstość objętościową szkieletu, opór ścinania i zwięzłość gleby. Stwierdzono, że wytworzony industrioziem próchniczny, zbudowany z utworów zwięzłych (głina, il) o znacznej zawartości materii organicznej (od $10,2$ do $20,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), zapewniał korzystne warunki rozwoju dla roślin uprawnych. Aktualny jego stan wskazywał na słabą do średniej podatność na ugniatanie. Obliczone wartości gęstości objętościowej szkieletu gleby wahały się w zakresie od $1,66$ do $1,75 \text{ Mg} \cdot \text{cm}^{-3}$. Stwierdzono, że w warunkach silnego uwilgotnienia może być on podatny na pogorszenie właściwości fizycznych, na co wskazuje m.in. zawartość łu łatwo dyspergującego (od $0,35$ do $0,49 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Stwierdzono również, że zastosowanie maszyn uprawowych nie jest związane ze zwiększonym oporem ich pracy, zwłaszcza w warstwie ornej, ponieważ wartości oporu ścinania i zwięzłości nie przekraczały średnio odpowiednio wartości 163 i 970 kPa .

Słowa kluczowe: rekultywacja, nadkład, węgiel brunatny

1. Wstęp i cel badań

W dobie wzrastającego zapotrzebowania na żywność, a jednocześnie malejącego arealu gleb uprawnych, konieczne jest rekultywowanie obszarów zdewastowanych, w tym składowisk ziemi nawiezionej na wyrobiska kopalni odkrywkowych węgla brunatnego.

Dążąc do przywrócenia rolnictwu zdewastowanych obszarów należy z dostępnej ziemi utworzyć glebę zdolną do wydania plonu. Jednym ze sposobów jest nawiezienie na rekultywowaną powierzchnię warstwy naturalnej gleby zawierającej próchnicę. W trakcie użytkowania tej gleby ważne jest monitorowanie zmieniającego się jej stanu fizycznego. W wyniku monitorowania można dobrać odpowiednie gatunki roślin oraz takie maszyny uprawowe, które nie spowodują nadmierne zagęszczenia warstwy podornej.

Celem badań było określenie stanu fizycznego warstw ornej i podornej utworzonego industrioziem próchnicznego oraz ocena stopnia zagęszczenia gleby przez agregaty uprawowe.

2. Materiał i metody

Badania przeprowadzono w obrębie obiektu Merkur V (Czechy, Chomutov), w 18 roku jego rekultywacji. Badano glebę typu industrioziem próchnicznego [1], powstałą przez nawiezienie na wyrównaną powierzchnię nadkładu zwał złóż węgla brunatnego, warstwy materiału naturalnego o miąższości 20-25 cm, pochodzącego z warstwy uprawnej okolicznych gruntów uprawnych, o uziarnieniu glin średnich. Badana gleba charakteryzowała się optymalnym odczynem i była zasobna w dostępne dla roślin składniki pokarmowe. Zawartość ogólnych form metali ciężkich nie ograniczała jej rolniczego wykorzystania [2]. W latach poprzedzających badania uprawiano tam przez 2 lata lucernę, następnie jęczmień ozimy, kukurydzę, a w roku wykonania pomiarów pszenicę jara.

W warstwach o miąższości 5 cm, leżących na głębokościach 0-5 i 10-15 cm (poziom orno-próchniczny) oraz 20-25, 30-35, 40-45, 55-60 cm (warstwa podorna) określono opór ścinania ścinarką krzyżkową (VANE TESTER H-60, firmy

Geonor), wyposażoną w końcówkę o wymiarach 16 x 32 mm, o zakresie pomiarowym od 0 do 260 kPa. Z warstw tych pobrano próbki o strukturze naruszonej i nienaruszonej, w których oznaczono, metodami powszechnie stosowanymi w gleboznawstwie [3], następujące parametry:

- uziarnienie – metodą aerometryczną Casagrande’a w modyfikacji Pruszyńskiego,
- zawartość węgla organicznego – metodą Tiurina,
- gęstość objętościową szkieletu i wilgotność aktualną wagową – metodą suszarkowo-wagową w cylindkach Kopecky’ego o pojemności 100 cm³ zgodnie z normą [4].
- zwięzłość gleby w warstwie 0-80 cm – zwięzłościomierzem (penetrologer – firmy Eijkelkamp), dokonując pomiaru co 1 cm i stosując stożek o kącie wierzchołkowym równym 30° i powierzchni jego podstawy 1 cm², przy prędkości posuwu 2 cm·s⁻¹.

Otrzymane wyniki pozwoliły na obliczenie:

- naprężenia granicznego (σ_{gr}) warstwy podornej [5],
- wskaźnika podatności gleb na degradację fizyczną (S_f) [6],
- podatności gleb na destrukcję struktury, określanej na podstawie zawartości łu łatwo dyspergującego (RDC) [7],
- gęstości objętościowej naturalnej ρ_n [8],
- połowej pojemności wodnej (PPW), wilgotności początku hamowania wzrostu roślin (WPHWR) i wilgotności trwałego wędnięcia roślin (WTWR) [9].

Do oceny istotności różnic pomiędzy badanymi właściwościami gleb zastosowano program Statistica, przeprowadzając wieloczynnikową analizę wariancji, tworząc grupy jednorodne za pomocą testu Newmana-Keulusa.

3. Wyniki i dyskusja

Badana gleba do głębokości 40 cm miała uziarnienie gliny ilastej, podścielonej łem zwykłym (tab. 1). Pozwala to zaliczyć ją do kategorii agrotechnicznej gleb ciężkich i bardzo ciężkich [1]. Wyrównane wartości wskaźników uziarnienia do głębokości 40 cm oraz pierwotna miąższość antropogenicznego poziomu próchnicznego (20-25 cm) pozwalają na stwierdzenie, że aktualne uziarnienie gleby jest wynikiem wymieszania materiału naturalnego i podścielającego go łu w trakcie zabiegów agrotechnicznych. Cała badana warstwa ze względu na skład granulometryczny kwalifikuje się do gleb odpornych na presję mechaniczną w stanie małej wilgotności i ulegających trwałej deformacji przy ugniataniu w stanie dużej wilgotności [10].

Ilość próchnicy w warstwie ornej 0-25 cm, obliczona na podstawie zawartości C_{org} (tab. 2), wynosząca od 33,5 do 33,9 g·kg⁻¹, zawierała się w przedziale zapewniającym optymalne warunki wzrostu roślin uprawnych dla gleb o uziarnieniu glin ciężkich i łułów [9].

Tab. 1. Procentowa zawartość frakcji granulometrycznych w badanych warstwach oraz grupa granulometryczna gleb [1]
Table 1. The percentage of granulometric fractions in the studied layers, and soil textural group [1]

Warstwa /Layer [cm]	Procentowa zawartość frakcji o średnicy w mm /Percentage of fraction of the diameter in mm				Grupa granulometryczna /Textural group
	> 2	2,0-0,05	0,05-0,002	< 0,002	
5-10	2,4	29,4	40,2	30,4	głina ilasta
15-20	3,5	30,2	41,3	28,5	głina ilasta
25-30	4,8	31,0	39,8	29,2	głina ilasta
35-40	5,5	30,4	39,2	30,4	głina ilasta
45-50	4,3	18,4	29,1	52,4	ił zwykły
55-60	0,0	16,0	33,0	51,0	ił zwykły

Źródło: opracowanie własne

Tab. 2. Uśrednione wartości oporu ścinania (S_c), zwięzłości (Z_w), naprężenie graniczne (σ_{gr}), zawartość węgla organicznego (C_{org}), podatność na degradację fizyczną (S_f) i destrukcję struktury określaną na podstawie zawartości łu łatwo dyspergującego (RDC)

Table 2. The mean values of shear strength (S_c), penetration resistance (Z_w), the pre-compression stress (σ_{gr}), organic carbon content (C_{org}), susceptibility to physical degradation (S_f) and destruction of the structure determined by the content of readily-dispersible clay (RDC)

Warstwa /Layer [cm]	C_{org} , g·kg ⁻¹	S_f		RDC		S_c	Z_w	σ_{gr}
		wartość	ocena	g·100 g ⁻¹ gleby	ocena			
5-10	19,7	5,08	duża	0,36	podatna	163a	748a	n.o.
						51	358	
15-20	19,4	5,11	duża	0,35	podatna	154a	970a	n.o.
						69	487	
25-30	20,1	n.o.	n.o.	0,35	podatna	227ab	1140ab	127,7
						52	373	
35-40	17,9	n.o.	n.o.	0,37	podatna	216ab	1513b	123,2
						42	523	
45-50	12,9	n.o.	n.o.	0,46	silnie podatna	187ab	1392ab	n.o.
						37	385	
55-60	10,2	n.o.	n.o.	0,49	silnie podatna	241b	1672b	n.o.
						25	416	
NIR						70,8	595	

Źródło: opracowanie własne

Uwaga: małymi cyframi podano wartość odchylenia standardowego; litery oznaczają grupy jednorodne; NIR – najmniejsza istotna różnica; n.o. – nie obliczono

Całkowita zawartość próchnicy w badanej 60 cm warstwie była równa $240,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, co pozwoliło przypuszczać, że badany profil zasobny zarówno w materię organiczną, jak i koloidy mineralne, o optymalnym odczynie miał predyspozycje do tworzenia struktury trwałej i odpornej na czynniki zewnętrzne. Jednak wartości wskaźników służących do oceny podatności gleby na degradację właściwości fizycznych (S_f , RDC) pozwoliły zaliczyć poziom orno-próchniczny (warstwy 5-10, 15-20 cm) do kategorii „dużej” podatności na degradację fizyczną (S_f) oraz sklasyfikować warstwę do 40 cm jako podatną, a głębiej – silnie podatną (RDC) na destrukcję struktury (tab. 2).

Wartości oporu ścinania i zwięzłości (tab. 2) dla badanego profilu nie odbiegały od zmierzonych w glebach naturalnych o porównywalnych właściwościach [11]. Oceniając zagęszczenie gleby na podstawie pomiaru zwięzłości można stwierdzić, że zmierzone wartości tego parametru w przedziale od 748 do 1672 kPa są znacznie niższe od wartości przedziału od 3200 do 3600 kPa, które zaproponował Iancu [12], jako graniczne dla rozwoju roślin, przy wilgotności gliny ilastej i łu mieszczących się odpowiednio w przedziałach 20-24 oraz 24-28% wag. Dane przedstawione przez Dawidowskiego i in. [13] wskazują jednoznacznie, że wartości S_c i Z_w w profilu glebowym determinowane są przez uziarnienie, zagęszczenie i wilgotność aktualną. Natomiast w badanej glebie stwierdzono wzrost wartości oporu ścinania i zwięzłości w warstwie 25-30 cm (tab. 2), a więc różnej od tej, w której nastąpiły zmiany uziarnienia, gęstości objętościowej i wilgotności aktualnej, tj. na głębokości poniżej 40 cm (tab. 1 i 3). Tłumaczyć to można tym, że do głębokości 20 cm na glebę silnie oddziaływały systemy korzeniowe roślin oraz zabiegi uprawowe. Podczas badań polowych zaobserwowano w warstwie 0-20 cm występowanie struktury agregatowej brylowej słabej. Niższe wartości Z_w oraz występowanie agregatów wskazywały na korzystne warunki dla rozwoju systemów korzeniowych roślin. Wyższe wartości S_c stwierdzone w tej war-

stwie mogą świadczyć o potencjalnie niższych oporach pracy maszyn stosowanych do uprawy gleby.

Oceniając wartości naprężenia granicznego (σ_{gr}), wyliczonego dla warstw 25-30 i 35-40 cm wg Błażejczaka [5], stwierdzono, że zawierają się w przedziale wartości wysokich [14] wskazujących, że w zastanych warunkach gleba była słabo podatna na zagęszczanie przez mechanizmy jezdne maszyn i ciągników. Potwierdzają to wartości „packing density” – P_d (tab. 3), które kwalifikowały glebę jako średnio podatną na zagęszczenie [14].

Analiza warunków rozwoju roślin na podstawie aktualnej gęstości objętościowej (tab. 3) wskazuje na ich zróżnicowanie. Ocena przeprowadzona na podstawie wartości granicznych przedstawionych przez USDA [15] pozwala stwierdzić, że nie występowały wartości ρ_d „mogące ograniczyć wzrost korzeni roślin, a na głębokości 35-40 cm gęstość objętościowa zbliżyła się nawet do gęstości „idealnej”. Jednak w warstwie 5-10 cm gęstość objętościowa gleby była większa od „optymalnej” [11], zawierając się w kategorii „średnio zagęszczonej” [8]. Na głębokościach od 15 do 50 cm ρ_d mieściła się zaś w przedziale gęstości „optymalnej” [11]. Występowały jednak różnice w stopniu zagęszczenia wg podziału Wojtasika [8]. Warstwy 15-20 i 25-30 cm były już tylko „słabo zagęszczone”, a w warstwie 35-40 cm (głina ilasta) zagęszczenie odpowiadało kategorii „gęstości naturalnej”. W warstwach (45-60 cm) o uziarnieniu łu zwykłego (tab. 1), gdzie następował istotny spadek wartości gęstości objętościowej, zagęszczenie gleby odpowiadało kategorii „słabo spulchniona” (tab. 3).

Przedstawione zróżnicowanie oceny gęstości objętościowej, przeprowadzonej wg podziału Wojtasika [8], potwierdziła analiza statystyczna wartości różnicy $\rho_d - \rho_n$. Jak przedstawiono w tab. 3, badane warstwy tworzą trzy grupy jednorodne, częściowo się pokrywające, jednak wskazujące na istotne różnice pomiędzy warstwami 5-10 cm i 35-60 cm.

Tab. 3. Uśrednione wartości gęstości objętościowej szkieletu (ρ_d) i gęstości objętościowej naturalnej (ρ_n), różnica pomiędzy ρ_d a ρ_n oraz *packing density* (P_d); uśrednione wartości wilgotności: aktualnej wagowej (W_{aw}), przy połowej pojemności wodnej (PPW), początku hamowania wzrostu roślin ($WPHWR$) i trwałego wędnięcia roślin ($WTWR$)

Table 3. The mean values of bulk density (ρ_d) and natural bulk density (ρ_n), the difference between ρ_d and ρ_n , and packing density (P_d); averaged values: of gravimetric moisture content (W_{aw}), at field water capacity (PPW), moisture of initial plant growth inhibition start ($WPHWR$) and moisture of permanent wilting of plants ($WTWR$)

Warstwa /Layer [cm]	ρ_d	ρ_n	$\rho_d - \rho_n$	P_d	W_{aw}	PPW	$WPHWR$	$WTWR$
	[g cm ⁻³]							
5-10	1,48b 0,03	1,32	0,16a 0,034	1,75	21,7a 1,3	35,4	30,2	11,2
15-20	1,41b 0,05	1,35	0,06ab 0,054	1,66	23,3a 0,9	35,8	30,1	10,7
25-30	1,47b 0,05	1,36	0,11ab 0,051	1,74	21,9a 1,1	35,7	29,7	10,9
35-40	1,39b 0,07	1,40	-0,01cb 0,070	1,67	22,8a 2,3	34,5	29,2	10,5
45-50	1,24a 0,05	1,32	-0,08c 0,049	1,71	35,3b 2,8	36,0	31,0	12,2
55-60	1,24a 0,05	1,34	-0,10c 0,050	1,70	36,6b 1,5	37,5	30,3	11,2
NIR	0,12		0,12		4,1			

Źródło: opracowanie własne

Uwaga: małymi cyframi podano wartość odchylenia standardowego; litery oznaczają grupy jednorodne; NIR – najmniejsza istotna różnica

Wartości wilgotności aktualnej wagowej (W_{aw}) gliny ilastej (w warstwie 0-40 cm), stanowiące od 61,3 do 66,1% połowej pojemności wodnej (PPW), były niższe od wilgotności początku hamowania wzrostu roślin ($WPHWR$), co wskazywało na ograniczenie dostępności wody dla roślin w momencie prowadzenia badań. Jednak W_{aw} była około dwukrotnie większa niż wartość wilgotności trwałego wędnięcia roślin ($WTWR$). W warstwie głębszej (45-60 cm), zbudowanej z łu zwykłego, wartości W_{aw} były istotnie większe od zmierzonych w warstwach położonych powyżej, zawierając się w przedziale 97,5-98,0% PPW (tab. 3).

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Powstały w wyniku rekultywacji industrioziem próchniczny, zasobny w materię organiczną, zapewnia roślinom uprawnym warunki do rozwoju.
2. Na podstawie wyników pomiarów oporu ścinania (S_c) i zwięzłości (Z_w) można przypuszczać, że zastosowanie maszyn uprawowych nie będzie wiązało się ze zwiększonym oporem ich pracy w porównaniu do gleb naturalnych o zbliżonych właściwościach.
3. Wyliczone wartości *packing density* (P_d) i naprężenia granicznego (σ_{gr}) wskazywały na słabą do średniej podatność gleby na ugniatanie przez mechanizmy jezdne maszyn rolniczych. Jednak wartości S_f i RDC pozwalają przypuszczać, że w warunkach silnego uwilgotnienia gleba będzie podatna na pogorszenie właściwości fizycznych.

5. Bibliografia

- [1] Systematyka gleb polski. Roczn. Glebozn. 62,3. PTG Warszawa, 2011.
- [2] Tomaszewicz T., Meller E., Stankowski Sł., Maciorowski R., Honzik R., Ustiak S.: Indicators of Zea mays plants growth and development against the physical-chemical traits of the humic industrial soil made of the brown coal post mining waste layers and the natural brown soil. In: New agrochemicals and their safe use for health and environment "Chemicals in sustainable agriculture IV", Ed.: H. Górecki, Z. Dobrzański, P. Kafarski, 2004, Wyd. Pol-Czech-Trade: 673-682. ISBN 80-239-3289-6.
- [3] Mocek A., Drzymała S.: Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wyd. UP, Poznań, 2010.
- [4] PN-88/B-04481 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
- [5] Błażejczak D.: Prognozowanie naprężenia granicznego w warstwie podornej gleb ugniatanych kołami pojazdów rolniczych. Wyd. ZUT w Szczecinie, 2010. ISBN 978-83-7663-050-2: 96.
- [6] Grzebisz W., Diatta J., Gaj R., Wojciechowski A.: Zawartość próchnicy w glebach uprawnych, a ich potencjalna podatność na degradację fizyczną. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1998, 460: 237-248.
- [7] Czyż E. A.: Podatność na destrukcję gleb użytków rolnych Polski. Pam. Puł., 2003, z. 132: 21-31.
- [8] Wojtasik M.: Gęstość naturalna gleb mineralnych. WSP, Bydgoszcz, 1995.
- [9] Trzecki S.: Determination of water capacity of soils on the basis of their mechanical composition. Roczn. Glebozn., 1974, 25, Dodatek: 33-44.
- [10] PTG 2008. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych [online]. [dostęp 18.10.2011]. Dostępny w Internecie: www.ptg.sggw.pl/uziarnienie.
- [11] Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz A.: Struktura gleby jako wskaźnik agrotechnicznych i ekologicznych skutków zagęszczenia gleb użytkowanych rolniczo. Fragmenta Agronomica, 1996, 19(XIII) nr 1(49): 104-113.
- [12] Ślusarczyk E.: Optymalny model gleby dla potrzeb roślin uprawowych. Roczn. Glebozn., 1985, 36, 1: 185-189.
- [13] Iancu M.: Technique for Reducing Subsoil Compaction of Pedogenetic Origin. Proceedings of the 3rd INCO Copernicus Workshop on Subsoil Compaction. Busteni-Romania. June 14-18, 2001: 437-451.
- [14] Dawidowski J.B., Błażejczak D., Śnieg M., Tomaszewicz T., Wereszczaka J.: Sprawozdanie merytoryczne z realizacji projektu badawczego nr 3P06 R 00724 pt.: Fizyko-mechaniczna charakterystyka właściwości podornej warstwy wybranych gleb rejonu zachodniopomorskiego na użytek przyszłej bazy danych. 2006, 44.
- [15] Horn R., Fleige H., Richter F.-H., Czyż E.A., Dexter A., Diaz-Pereira E., Dumitru E., Enarache R., Mayol F., Rajkai K., de la Rosa D., Simota C.: SIDASS project, Part 5: Prediction of mechanical strength of arable soils and its effects on physical properties at various map scales. Soil & Tillage Research, 2005, 82: 47-56.
- [16] Jones R.J.A., Spoor G., Thomasson A.J.: Vulnerability of subsoil in Europe to compaction: a preliminary analysis. Soil & Tillage Research, 2003, 73: 131-143.
- [17] USDA 2001. Soil Quality Test Kit Guide. [online]. [dostęp 18.10.2011]. Dostępny w Internecie http://soils.usda.gov/msqi/assessment/files/test_kit_complete.pdf.