INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 1/IV/2013, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 271–283
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

JAK ZBUDOWAĆ PŁYTĘ BOISKA PIŁKARSKIEGO O TRAWIASTYM POROŚCIE CZ. I. BADANIE PRZYDATNOŚCI GRUNTU RODZIMEGO DO BUDOWY PŁYTY BOISKA

Tomasz Kowalik, Włodzimierz Rajda
Uniwersytet Rolniczy im H. Kołłątaja w Krakowie

HOW TO CONSTRUCT A TURF COVERED FOOTBALL PITCH – PART 1. TESTING SUITABILITY OF NATURAL GROUND FOR CONSTRUCTING FOOTBALL PITCH

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań przydatności miejscowego materiału gruntowego do budowy nawierzchni planowanego boiska, pod względem wodoprzepuszczalności i zdolności retencyjnych. Zbadano własności fizyko-wodne gliny pylastej pobranej z terenu planowanego boiska. Uwzględniając bardzo małą wodoprzepuszczalność gruntu w poziomie podornym, wskazuje to na możliwe w tych warunkach, utrzymywanie się znacznego, po obfitym opadzie deszczu, niekorzystnego uwilgotnienia nawierzchni planowanego boiska. W takich warunkach nawierzchnia płyty będzie niszczona, co może utrudniać a nawet uniemożliwić prowadzenie gry i pogorszyć walory estetyczne boiska. W konkluzji przeprowadzonych badań polowych i laboratoryjnych można stwierdzić, że skład granulometryczny, mała wodoprzepuszczalność i bardzo duża pojemność wodna dyskwalifikują rodzimą glinę pylastą na terenie projektowanego boiska, jako materiał do budowy warstwy nośnej, a tym bardziej warstwy drenażowej płyty.

Słowa kluczowe: glina pylasta, wodoprzepuszczalność, retencyjność, dostępność wody.

Summary

The paper presents the results of research on the suitability of local natural ground for construction of the surface of planned football field, in terms of water permeability and retention capabilitiey. Physico-water properties of silt loam collected from the area of planned football field were tested. Under conditions of very low water permeability of the tested ground in the sub-arable horizon, there is a possibility of persistent considerable moisture content in the planned football field surface after heavy rainfall. Therefore, the football pitch will be damaged, which may make difficult or even prevent football playing and worsen the esthetical values of the football field. In conclusion of conducted field and laboratory analyses it may be stated that granulometric composition, low water permeability and very high water capacity definitely disqualify the natural silt loam in the area of the designed football field as a material suitable for constructing either the carrying layer or the drainage layer of the football pitch.

Key words: *silt loam, water permeability, retention of soil, water availability*

WPROWADZENIE

Boiska są elementem infrastruktury sportowej terenów miejskich i osiedlowych. Poza wymiarami – najczęściej 106,5 x 71,5 m – najistotniejszym elementem boiska jest jego porośnięta murawą płyta, która powinna charakteryzować się dobrą wodoprzepuszczalnością i zdolnością retencyjną [Żegocińska-Tyżuk 1988]. Jednak nowo budowane lub przebudowywane boiska często nie spełniają tych wymagań z powodu stosowania niewłaściwych materiałów lub nieodpowiedniej technologii [Adams 1996].

Murawa boisk budowanych na gruntach piaszczystych o małej pojemności wodnej (retencyjności) wymaga w okresach bezopadowych kosztownego zwilżania lub wysycha. Na gruntach zwięzłych natomiast, górna warstwa płyty boiska ma zwykle dużą pojemność wodną, ale jest mało przepuszczalna dla wody i w okresie nadmiernych opadów lub przy nawadnianiu tworzą się zastoiska powodujące wymakanie trawnika. W obu przypadkach nie sprzyja to korzystaniu z boiska, pogarsza walory estetyczne i utrudnienia jego utrzymanie

w sprawności funkcjonalnej. Płyta boiska powinna się ponadto cechować dobrą pojemnością sorpcyjną i zasobnością w składniki pokarmowe [James 2007, Rajda i in. 2006, Rajda i in. 2011], przy równoczesnym spełnieniu warunku wodoprzepuszczalności według normy DIN 18 035 [Deutsche Norm 1991]. Powinna być także odpowiednio zagęszczona w celu uzyskania elastyczności i wytrzymałości na obciążenia dynamiczne, co jednak ma wpływ na wodoprzepuszczalność i zdolności retencyjne [Gołąb i Gondek 2013].

Problemy z doborem odpowiedniego materiału gruntowego zgodnie z normą wystąpiły przy budowie gminnego boiska w miejscowości Mucharz w powiecie wadowickim.

W I części pracy przedstawiono wyniki badań uziarnienia, własności fizycznych, wodoprzepuszczalności i zdolności retencyjnej miejscowego materiału gruntowego na terenie planowanego boiska w Mucharzu (rys. 1). Badania przeprowadzono w aspekcie przydatności tego materiału do budowy kilkunastocentymetrowej, wodoprzepuszczalnej warstwy nośnej boiska, zalegającej – zgodnie z w/w normą – na warstwie drenażowej o podobnej miąższości. Kompozyty utworzone z piasku, substratu torfowego i materiału miejscowego pobranego z poziomu próchnicznego na terenie planowanego boiska – a także wynikom badań ich uziarnienia, własności fizycznych, wodoprzepuszczalności i retencyjności poświęcono II część pracy.

ZAKRES I METODY BADAŃ PRACE I POMIARY TERENOWE

Próbki materiału miejscowego do badań laboratoryjnych pobrano z 3 płytkich (około 45 cm) odkrywek na terenie planowanego boiska (rys. 1). W punktach tych wykonano również pomiary przesiąkliwości. Ze względu na zróżnicowane niektórych własności materiału miejscowego, zależne od poziomu genetycznego gleby, pobór próbek i pomiar przesiąkliwości wykonano na głębokości 5-30 cm (poziom próchniczny) i 31-45 cm (poziom podorny). Przesiąkliwość pomierzono za pomocą pierścieni Kopeckiego o przekroju 78,5 cm^2.

Z odkrywek pobrano również w 3 powtórzeniach z tych samych głębokości, próbki o nienaruszonej strukturze do 18 pierścieni o średnicy 53 mm i pojemności 100 cm^3 do oznaczeń fizykow-wodnych.

Źródło: Opracowanie własne

Rysunek. 1. Teren planowanego boiska w Mucharzu
Figure. 1. The area of planned football field in Mucharz

Przebieg infiltracji ustalono z zależności [Ostromęcki 1964]:

$$\omega_t = \omega_1 \cdot t^{\alpha} \quad (1),$$

gdzie:

ω_t – prędkość wsiąkania [mm·min^{-1}] w chwili t od początku pomiaru,

ω_1 – prędkość wsiąkania [mm·min^{-1}] po upływie pierwszej jednostki czasu ($t = 1$),

t – czas wsiąkania [min],

α – współczynnik ustalany na podstawie logarytmu krzywych infiltracji, zależny od własności gruntu; zazwyczaj w granicach $-0{,}8 < \alpha < -0{,}3$ [Ostromęcki 1964],

ω_{ot} – średnia prędkość wsiąkania w czasie $0 - t$ [mm·min^{-1}];

$$\omega_o = \frac{\omega_t}{\alpha + 1} \tag{2},$$

oraz:

V_{ot} – sumaryczna objętość wody wsiąkającej czasie *0 – t*,

$$V_{\phi} = \omega_{o-t} \cdot t \tag{3}$$

Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 2. Usytuowanie miejsc pobrania próbek i pomiarów;
1, 2, 3 – lokalizacja odkrywek

Figure 2. Location of sampling and measurement sites; 1, 2, 3 – location of pites

BADANIA LABORATORYJNE

Własności materiału gruntowego oznaczono zgodnie z metodyką zalecaną przez Pisarczyka [2001], Myślińską [1998], Ostrowską i in. [1991], Bednarka i in. [2004] oraz zgodnie z instrukcjami przyrządów pomiarowych [Operating instructions 09.02 … , Instrukcja obsługi 5 – i 15-barowego …] Skład granulometryczny oznaczono metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, porowatość obliczono na podstawie gęstości objętościowej oznaczonej metodą grawimetryczną i gęstości właściwej oznaczonej metodą piknometryczną. Współczynnik filtracji K_f oznaczono w przepuszczalnościomierzu laboratoryjnym Eijkelkamp [Operating instructions 09.02 …]. Przed pomiarem współczynnika filtracji próbki nasycono do pełnej pojemności wodnej podwyższając stopniowo poziom wody w zbiorniku głównym.

Współczynniki filtracji K obliczono z formuły (4):

$$K = \frac{Q \cdot L}{h \cdot A}\left[\boldsymbol{m} \quad \cdot \min^{-1}\right] \quad , (4)$$

gdzie:

L i A – wysokość pierścienia w cm i powierzchnia przekroju w cm^2,

Q – iloraz pomierzonej w pipecie objętości przesączonej wody w cm^3 i czasu pomiaru w minutach,

h – różnica poziomu wody (ciśnienie) w zbiorniku głównym i w pierścieniu nad próbką w cm.

Ze względu na lepkość wody zależną od jej temperatury podczas pomiaru, wyniki sprowadzono do wartości stałej, *t = 10°C* [Ostromęcki 1964]:

$$k_{10} = \frac{\eta_T}{\eta_{10}} \cdot k_T\left[\boldsymbol{m} \quad \cdot \min^{-1}\right]$$

gdzie:

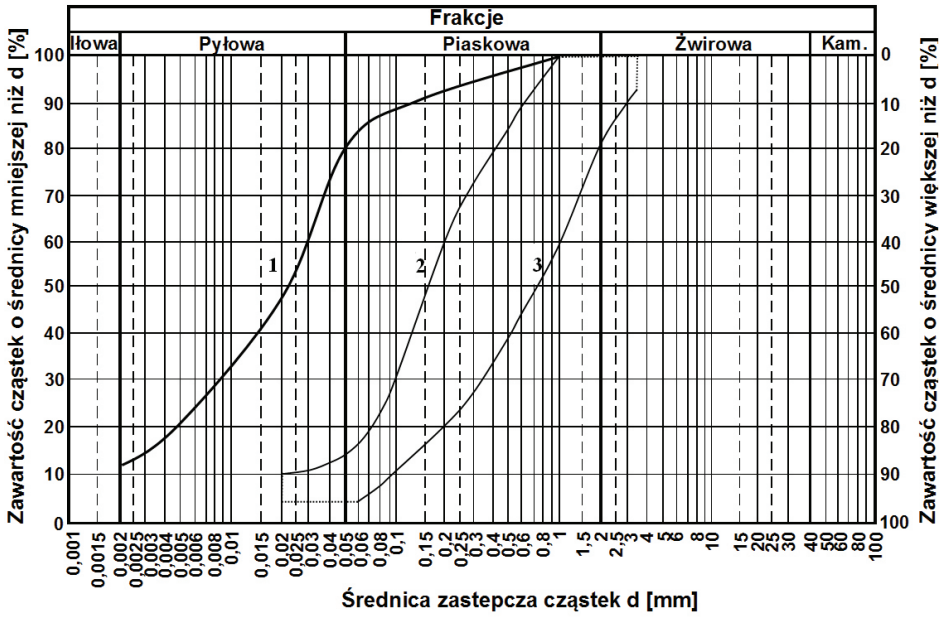
k_{10} – współczynnik filtracji dla wody o temperatury t=10°C,

k_T – współczynnik filtracji dla wody o temperaturze T w °C w czasie pomiaru,

η_{10} – lepkość dynamiczna wody przy temperaturze t=10°C,

η_T – lepkość dynamiczna wody w temperaturze T °C [Ostromęcki 1964].

Zdolność retencyjną ustalono na podstawie krzywych potencjału wodnego pF oznaczonych za pomocą ciśnieniowych komór ekstrakcyjnych [Instrukcja obsługi 5 – i 15-barowego …].



Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 3. Średnie uziarnienie gruntu z warstwy próchnicznej i podornej (1) oraz krzywe minimalnego (2) i maksymalnego (3) uziarnienia materiału nadającego się do budowy nawierzchni boiska [Deutsche Norm 1991]

Figure 3. Mean grain size distribution in the Grodnu from humus and sub-areable horizons (1), curves if minimum (2) and maximum (3) grain sizedistribution in the material suitable for football field surface construction [Deutsche Norm 1991]

WYNIKI BADAŃ

Podstawowe własności gruntu

Uziarnienie gruntu na terenie projektowanego boiska charakteryzuje się 64-74% zawartością frakcji Ø 0,05-0,002 mm i 15% zawartością frakcji mniejszych od 0,002 mm (rys.2). Był to łatwy do zagęszczania materiał o bardzo

nierównomiernym uziarnieniu (U= d_{60}:d_{10} =18,7). Kwalifikował się do glin pylastych o miarodajnych średnicach zastępczych: $d_{60} \approx 0{,}03$ mm, d_{90}=0,12 mm i $d_{10} \approx 0{,}0015$ mm. Udział frakcji piaskowej nie przekraczał 20%, a frakcji iłowej – około 12%. Należy podkreślić, że zgodnie z normą [Deutsche Norm 1991], w składzie ziarnowym materiału zalecanego do budowy warstwy nośnej boiska powinny przeważać frakcje piaskowe o średnicach zastępczych d_{60} w przedziale od 0,2 mm do 1,0 mm, z dopuszczalną, ok. 20% zawartością frakcji żwirowej o średnicach 2-4 mm i 4-10% zawartością frakcji 0,02-0,06 mm (rys. 3).

Tabela 1. Własności fizyczne gruntu w poziomie 5-30 cm i 31 – 45 cm oraz zawartość substancji organicznej

Table 1. Physical properties of ground on 5-30 cm and 31-45 cm horizons and organic matter content

Odkrywka	Poziom [cm]	Własności gleby				
		Substancja organiczna	Gęstość szkieletu, [g·cm^{-3}]		Porowatość [%]	Wskaźnik porowatości
			właściwa	Objętościowa		
I	0-30	3,00	2,64	1,47	44,3	0,79
		2,97		1,35	48,9	0,96
		-		1,37	48,1	0,93
	31-45	1,85	2,65	1,59	40,0	0,67
		1,84		1,65	37,7	0,61
		-		1,61	39,2	0,65
II	0-30	2,89	2,66	1,38	48,1	0,92
		2,61		1,45	45,5	0,82
		-		1,36	48,9	0,95
	31-45	1,28	2,68	1,57	41,4	0,70
		1,04		1,57	41,4	0,70
		-		1,60	40,3	0,68
III	0-30	3,00	2,63	1,47	44,1	0,79
		2,80		1,45	44,9	0,81
		-		1,49	43,3	0,77
	31-45	2,20	2,68	1,60	40,3	0,68
		2,90		1,66	38,1	0,61
		-		1,67	37,7	0.60
Średnio I-III	0-30	2,88	2,64	1,42	46,2	0,86
	31-45	1,85	2,67	1,61	39,8	0,66

Źródło: Opracowanie własne

Grunt rodzimy różnił się, zależnie od poziomu genetycznego, pod względem innych własności fizycznych (tab. 1). Jednym z czynników różnicujących były zabiegi uprawowe stosowane przed przeznaczeniem terenu pod budowę boiska. Różnice wartości średnich wyrażały się mniejszą gęstością objętościową i większą porowatością poziomu próchnicznego w porównaniu z poziomem podornym. Bezwzględne różnice wynosiły średnio 0,19 g·cm^{-3}, co stanowiło około 13% w stosunku do poziomu próchnicznego. Adekwatnie do tego, w poziomie podornym zmniejszyła się porowatość ogólna, a bezwzględna różnica wynosiła w tym przypadku 6,4 % objętościowych (tab. 1). Średnia z 3 odkrywek zawartość substancji organicznej w poziomie próchnicznym wynosiła około 2,9% i była wyższa niż w zalegającym pod nią poziomie podornym (tab. 1).

Duża zawartość frakcji najdrobniejszych (rys. 3) i znaczna porowatość ogólna (tab. 1) przy małych wymiarach porów powodują, że woda w tych warunkach może być zatrzymywana w poziomie próchnicznym, ale, jak wykazały pomiary terenowe i laboratoryjne, ze względu na bardzo małą przesiąkliwość poziomu podornego (tab. 2), nie może ona przesiąkać do warstw zalegających poniżej.

Tabela 2. Średnia z 3 powtórzeń przesiąkliwość gruntu w czasie 0-t ($\omega_{0\text{-}t}$)
Table 2. Mean for 3 replications water permeability in 0-t time ($\omega_{0\text{-}t}$)

Odkrywka	Poziom [cm]	Przesiąkliwość [mm·min^{1}]
I	5-30	1,34
	31-45	0,00
II	5-30	0,08
	31-45	0,07

Źródło: Opracowanie własne

Współczynnik filtracji K_f w poziomie próchnicznym wynosił 0,23 mm·min^{-1}, a w poziomie podornym zaledwie 0,003 mm·min^{-1} (tab. 3), podczas gdy dla warstwy nośnej boiska dopuszczalna wartość normatywna tego wskaźnika przy pełnym nasyceniu nie powinna być mniejsza od 0,3 mm·min^{-1}, a w przypadku warstwy drenażowej powinna się kształtować w przedziale od 3,0 do 30 mm·min^{-1} [Deutsche Norm 1991].

Tabela 3. Średnie z 3 powtórzeń współczynniki filtracji K_f
Table 3. Mean for 3 replications coefficients of permeability K_f

Odkrywka	Poziom [cm]	$K_f = K_{10}$ [mm·min^{-1}]
I	5-30	0,149
	31-45	0,005
II	5-30	0,256
	31-45	0,002
III	5-30	0,290
	31-45	0,000
Średnie I-III	5-30	0,230
	31-45	0,003

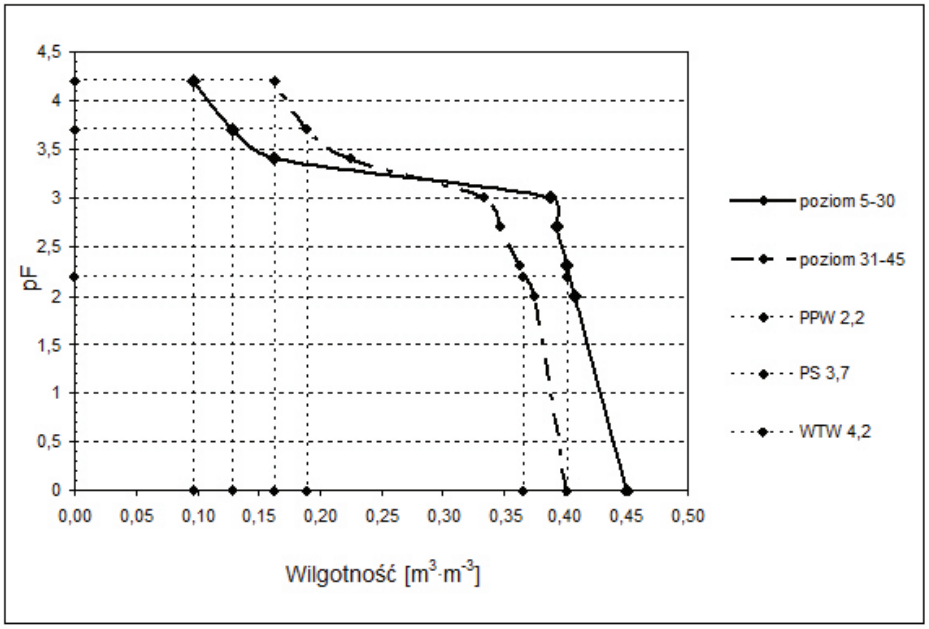
Źródło: Opracowanie własne

Badany grunt rodzimy charakteryzuje się dużymi zdolnościami retencyjnymi (rys. 4). W poziomie próchnicznym warstwa o miąższości 10 cm (ok. 5 cm mniejszej od normatywnej warstwy nośnej boiska piłkarskiego) może zatrzymywać około 3 cm^3·cm^{-3} (30 mm) wody ogólnie dostępnej, a w poziomie podornym – prawie 2 cm^3·cm^{-3} (20 mm). Zapas wody trudno dostępnej wynosił tylko 0,31 cm^3·cm^{-3} (3,1 mm) i 0,27 cm^3·cm^{-3} (2,7 mm) (tab. 4).

Tabela 4. Charakterystyczne stany wilgotności i zapasy wody w 10-cm warstwie gruntu w poziomie próchnicznym 5-30 i podornym 31-45 cm
Table 4. Characteristic moisture contents and water supply in 10 cm ground layer in 5-30 cm humus horizon and in 31-45 cm sub-areable horizon

Poziom [cm]	Wilgotność gleby przy [m^3·m^{-3}]			Zapasy wody dostępnej w warstwie 10 cm [mm]		
	pF=2,2 PPW	pF=3,7 PS	pF=4,2 WTW	ogólnie WOD	łatwo WŁD	trudno WTD
5-30	0,398	0,128	0,097	30,1	27,0	3,1
31-45	0,362	0,190	0,163	19,9	17,2	2,7

PPW – polowa pojemność wodna, PS – pojemność okresu suszy, WTW – punkt trwałego więdnięcia, WOD – woda ogólnie dostępna, WŁD – woda łatwo dostępna, WTD – woda trudno dostępna
Źródło: Opracowanie własne



Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 4. Średnie dla 3 odkrywek i powtórzeń, krzywe potencjału wodnego pF i charakterystyczne stany uwilgotnienia gruntu dla poziomu próchnicznego (5-30 cm) i podornego (31-45 cm)

Figure 4. Means for 3 pits and replications, curves of water potential pF and characteristic ground moisture contents in the humus (5-30 cm) and sub-areable (31-45 cm) horizons

PODSUMOWANIE

Polowa pojemność wodna (PPW) gruntu w poziomie próchnicznym i podornym jest tylko nieznacznie mniejsza od średnich porowatości tych warstw (por. tab. 4 i 1). Uwzględniając bardzo małą wodoprzepuszczalność gruntu w poziomie podornym, wskazuje to na możliwe w tych warunkach, utrzymywanie się znacznego, po obfitym opadzie deszczu, niekorzystnego uwilgotnienia nawierzchni planowanego boiska. W takich warunkach nawierzchnia płyty może ulegać zniszczeniu, co pogarszałoby walory estetyczne boiska i utrudniało, a nawet uniemożliwiało prowadzenie gry.

W konkluzji przeprowadzonych badań polowych i laboratoryjnych można stwierdzić, że skład granulometryczny, mała przepuszczalność wody (współczynnik filtracji K_f – zwłaszcza warstwy podornej) i bardzo duża pojemność wodna dyskwalifikują rodzimą glinę pylastą do budowy zalegającej na powierzchni, kilkunastocentymetrowej warstwy nośnej, a tym bardziej warstwy drenażowej płyty projektowanego boiska. Materiał ten może być jednak, obok piasku o odpowiedniej granulacji, jednym z komponentów mieszanki przydatnej do budowy tej warstwy. Wyniki badań tak utworzonych kompozytów będą przedmiotem drugiej części pracy.

BIBLIOGRAFIA

Adams, W.A. , (1996). Recommendations on the construction, upgrading and maintenance of natural turf pitches for winter games. Natural Turf Pitch Prototypes Advisory Panel Report No. 11, Sports Council.

Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojska U., Prusinkiewicz Z. (2004). Badania ekologiczno-gleboznawcze. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.

Deutsche Norm, DIN 18035, cz. 4. Sportplätze. Rasenflächen, Teil 4, 1991.

Głąb T., Gondek K. (2013). The Influence of Soil Compaction on Chemical Properties of Mollic Fluvisol Soil under Lucerne (Medicago sativa L.). Polish Journal of Environmental Studies, 22 (1), 107-113.

Instrukcja obsługi 5 – i 15-barowego (nr kat. 08.25.07, 08.25.01), ekstraktorów ciśnieniowych http://pkd.eijkelkamp.com/Portals/2/Eijkelkamp/Files/P1-81e.pdf.

James I. T., Blackburn D.W.K., Godwin R. J. (2007). Mole drainage as an alternative to sand slitting in natural turf sports surfaces on clays. Soil Use and Management, 23, 28–35.

Myślińska E. (2001). Laboratoryjne badania gruntów. Wydanie II, zmienione i rozszerzone. PWN, Warszawa.

Operating instructions 09.02 laboratorium permeameters – instrukcja obsługi przepuszczalnościomierza laboratoryjnego (rok 1999). http://pkd.eijkelkamp.com/Portals/2/ Eijkelkamp/ Files/Manuals/M1-0902e%20Lab-permeameters.pdf

Ostrołęcki J. (1964). Wstęp do melioracji rolnych. PWRiL, Warszawa.

Ostrowska A, Gawliński S., Szczubiałka Z. (1991). Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.

Pisarczyk S. (2001). Gruntoznawstwo inżynierskie. PWN, Warszawa.

Rajda W., Kanownik W. Retencja użyteczna warstwy nośnej i drenażowej płyty boiska do piłki nożnej. Acta Sci. Pol., Architektura 5 (2), 65-74, 2006.

Rajda W., Żarnowiec W., Stachura T. (2011). Właściwości fizyczne i przesiąkliwość płyty boiska TS Wisła Kraków S.A. po renowacji. Przegląd Naukowy Inżynierii i Kształtowania Środowiska 20(2), 153-159.

Żegocińska–Tyżuk B. (1988). Terenowe urządzenia sportowo rekreacyjne. Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków.

dr inż. Tomasz Kowalik
rmkowali@cyf-kr.edu.pl
prof. dr hab. inż. Włodzimierz Rajda
rmrajda@cyf-kr.edu.pl
Katedra Melioracji I Kształtowania Środowiska
Uniwersytet Rolniczy

Al. Mickiewicza 24/28
30-059 Kraków