

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 52, 2011: 153–159
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 52, 2011)

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 52, 2011: 153–159
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 52, 2011)

Włodzimierz RAJDA, Wioletta ŻARNOWIEC, Tomasz STACHURA

Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Department of Land Reclamation and Environment Development, University of Agriculture
in Krakow

Własności fizyczne i przepuszczalność płyty boiska Wisły Kraków SA po renowacji

Physical properties and water permeability of the football field Wisła Kraków after the renovation

Słowa kluczowe: boisko, renowacja, grunt, własności fizyczne, wodoprzepuszczalność

Key words: football field, renovation, soil, physical properties, water permeability

Wprowadzenie

Przy renowacji istniejących lub budowie nowych boisk, poza znormalizowanymi wymiarami, płyty o trawiastym poroście powinny charakteryzować się odpowiednią wodoprzepuszczalnością, pojemnością wodną oraz zdolnością sorpcyjną i zasobnością w składniki pokarmowe.

Gdy boisko jest zlokalizowane na gruncie przepuszczalnym, w dłuższych okresach bezopadowych jego płyta wymaga częstego nawadniania. W przeciwnym razie, przy małej pojemności wodnej warstwy korzeniowej i zwiększonych rozchodach wilgoci na ewapotranspirację, murawa wysycha. Z kolei na zwięzłych

gruntach o małej przepuszczalności woda podczas dużych opadów lub nawadniania jest zatrzymywana na powierzchni i tworzą się zastoiska (rys. 1), których następstwem jest wymakanie i zanikanie murawy (rys. 2).



RYSUNEK 1. Fragment boiska po renowacji podczas deszczowania, widoczne lokalne stagnowanie wody

FIGURE 3. Fragment of the field during irrigation after the renovation, visible local puddles of water



RYSUNEK 2. Murawa płyty boiska Wisła Kraków SA w okresie suszy po renowacji w 2002 roku

FIGURE 2. Grass of the field Wisła Kraków in the period of drought after the renovation in 2002

Żegocińska-Tyżuk (1988) podaje, że właściwie wykonana płyta powinna być zbudowana z warstwy nośnej i bezpośrednio pod nią zalegającej warstwy drenazowej oraz podbudowy. Wymagań tych nie spełniono podczas renowacji boiska na stadionie Wisły Kraków SA w Krakowie wykonanej w 2002 roku. Obejmowała ona podłoże oraz wymianę nawierzchni wraz darnią. Ponadto w ramach renowacji wykonano system nawadniania deszczownianego oraz system drenazowy.

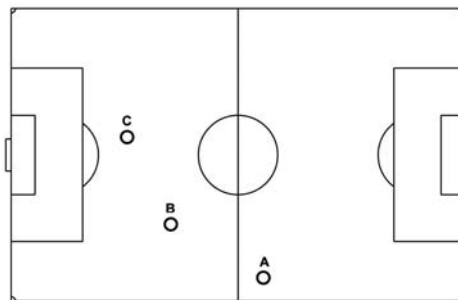
Renowacja okazała się mało skuteczną, co uwidoczniło się małą zwartością murawy (rys. 2), lokalnym nadmiernym uwilgotnieniem płyty, którego występowanie stwierdzono podczas wizji lokalnej po znacznych opadach deszczu w dniach 28.09–10.10.2002 roku. Wówczas pod naciskiem stopy na powierzchni płyty pojawiała się woda. Woda stagnowała również po nawadnianiu płyty (rys. 1).

W pracy przedstawiono wyniki laboratoryjnych badań własności fizycz-

nych materiału gruntowego użytego do przebudowy płyty oraz pomiaru przepiękliwości nawierzchni boiska. Mogą one być pomocne przy budowie nowych lub przebudowie istniejących boisk – także na terenach pozamiejskich.

Material i metody

Przeprowadzone na terenie boiska badania obejmowały pomiar niwelacyjny powierzchni płyty, pobranie próbek gruntu w trzech nadmiernie wilgotnych miejscach (rys. 3) oraz trwający 24 godziny pomiar przepiękliwości. Próbkę gruntu o naruszonej strukturze pobrano świdrem do głębokości 180 cm, próbki zaś o strukturze nienaruszonej – za pomocą sondy firmy Ejikelkamp, do pierścieni o pojemności 100 cm³, wciskanych w kolejne 5-centymetrowe warstwy do głębokości 70 cm. Przepiękliwość oznaczono za pomocą cylindrów Burgera. Ponadto w 96 punktach rozmieszczonych na wierzchołkach kwadratów 10 × 10 m na całej powierzchni boiska pobrano próbki materiału do oznaczenia zawartości substancji organicznej w warstwie 5–15 cm.



RYSUNEK 3. Miejsca pomiaru przepiękliwości i pobrania próbek materiału gruntowego

FIGURE 3. Permeability measurement location and sampling soil material

W laboratorium oznaczono uziarnienie gruntu metodą areometryczną oraz gęstość objętościową i właściwą odpowiednio metodą suszarkowo-wagową i piknometryczną (Zawadzki 2002). Obliczono porowatość materiału. Substancję organiczną oznaczono przez prażenie w temperaturze 550°C próbek uprzednio wysuszonych w 105°C. Przy pobieraniu i przygotowywaniu próbek oraz wykonaniu oznaczeń kierowano się normami: PN-R-04031, PN-R-04032, PN-R-04033 i PN-ISO-11464.

Wyniki

Pomiary niwelacyjne wykazały prawidłowe ukształtowanie płyty. Miała ona nieznaczny spadek w kierunku linii bocznych, a na powierzchni nie było nierówności większych niż ± 20 mm (DIN 1835).

Na podstawie analizy uziarnienia stwierdzono, że grunt pobrany z warstwy 5–40 cm kwalifikował się do glin lekkich. W warstwie 41–80 cm występowała glina piaszczysta, a poniżej – do

180 cm – piasek (tab. 1). Do głębokości 80 cm materiał był bardzo różnoziarnisty (Wiłun 2000), wskaźnik różnoziarnistości $U = d_{60}/d_{10}$ dla warstwy 5–40 cm wynosił 64, a dla warstwy 41–80 cm – ponad 250. Krzywe uziarnienia (rys. 4) wykaczały znacznie poza normatywny przedział zalecany dla mieszanek przydatnych do budowy warstwy nośnej (DIN 1835). Jedynie uziarnienie gruntu zalegającego poniżej 80 cm, o wskaźniku $U \approx 7$ (krzywa 3), mieściło się w przedziale zalecanym w normie (tab. 1, rys. 4).

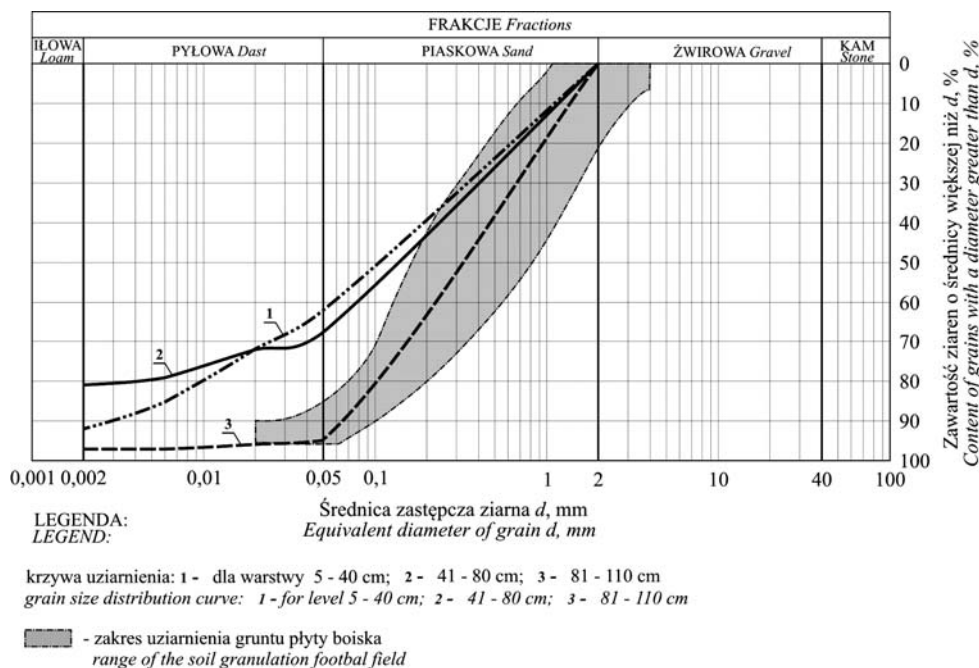
Sprzyjające zagęszczaniu uziarnienie w warstwie 20–40 cm potwierdzono gęstością objętościową i porowatością materiału gruntowego. Średnie wartości tych parametrów wynosiły $1,70 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ i 30,7%, to jest w przypadku gęstości objętościowej odpowiednio o 15 i 10% więcej w stosunku do analogicznych wartości w warstwach 0–20 cm i poniżej 40 cm. W przypadku porowatości było to analogicznie o 23 i 20% mniej w stosunku do materiału zalegającego powyżej i poniżej warstwy 20–40 cm (tab. 2).

TABELA 1. Skład granulometryczny materiału płyty po renowacji boiska, średnia dla 3 punktów boiska

TABLE 1. Grain size of the plate material after renovation field, average from 3 points field

Poziom [cm] Level	Średnia, procentowa zawartość frakcji [mm] Average, percentage fraction					Gatunek gleby Soil type
	2,0–0,05	0,05–0,02	0,02–0,006	0,006–0,002	< 0,002	
	piasek sand	pył dust			ił loam	
5–40 ^a	62	10	13	7	8	gl
41–80	68	4	7	2	19	gp
81–110	95	1	1	0	3	p
111–140	97	0	0	0	3	p
141–180	97	0	0	0	3	p

^a W warstwie 0–15 cm średnia z 96 oznaczeń zawartości substancji organicznej wynosi 5,7% (2,5–8,1%).
In level 0–15 cm the average of 96 determinations organic matter content is 5.7% (2.5–8.1%).



RYSUNEK 4. Krzywe uziarnienia gruntu płyty boiska i dopuszczalny przedział uziarnienia według wymagań normy DIN 18035
FIGURE 4. Grain size distribution curves of the field and acceptable range of granulation according to the requirements of DIN 18035

Zbliżone do średnich relacje między wymienionymi własnościami stwierdzono we wszystkich 3 badanych punktach płyty, ale w niektórych poziomach profilu nr 3 gęstość objętościowa wyniosła nawet $1,83$ i $1,86 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, a porowatość tylko $27,2$ i $23,1\%$. Świadczy to o mechanicznym zagęszczeniu przeprowadzonym podczas renowacji boiska. W wyniku tego uzyskano wyrównanie powierzchni, ale ubocznym, niepożądanym skutkiem było pogorszenie się wodoprzepuszczalności, na którą wpłynęła pośrednio także bardzo duża różnoziarnistość materiału gruntowego płyty. Małej przepuszczalności sprzyjała także duża zawartość substancji organicznej w warstwie $5\text{--}15 \text{ cm}$, której średni udział

z 96 oznaczeń wynosił $5,7\%$ (od $2,5$ do $8,1\%$), to jest ponad 2 razy więcej od zalecanych $1\text{--}3\%$ (DIN 18035).

Pomierzona prędkość wsiąkania w trzech badanych punktach płyty była bardzo mała i wyrównana (tab. 3). Średnia jej wartość wynosiła $0,0403 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$, to jest siedmiokrotnie mniej niż dopuszczalna prędkość wchłaniania wody przez normatywną mieszankę (kompozyt) w zastrzonych warunkach pełnego kapilarnego nasycenia, zalecana do budowy warstwy nośnej płyty, wynosząca $0,3 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$. Analogicznie była ona prawie 25-krotnie mniejsza niż $1,0 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ zalecanego dla wilgotności odpowiadającej 60% pełnego kapilarnego nasycenia mieszanki (DIN 18035).

TABELA 2. Gęstość objętościowa i porowatość materiału płyty po renowacji boiska, średnie dla 3 punktów boiska

TABLE 2. Volume density and porosity of the plate material after renovation field, average from 3 points field

Poziom [cm] Level	Gęstość objętościowa ρ [g·cm ⁻³] Volume density		Porowatość n [%] Porosity	
	średnia average	średnia w warstwie average in layer	średnia average	średnia w warstwie average in layer
0–5	1,44	1,48	42,6	40,1
5–10	1,52		38,2	
10–15	1,41		41,9	
15–20	1,55		37,6	
20–25	1,70	1,70	31,2	30,7
25–30	1,70		32,2	
30–35	1,73		31,0	
35–40	1,68		28,2	
40–45	1,53	1,54	38,3	38,6
45–50	1,56		38,4	
50–55	1,45		42,5	
55–60	1,49		40,5	
60–65	1,61		35,0	
65–70	1,59		37,0	

TABELA 3. Przesiakiwość materiału płyty po renowacji

TABLE 3. Permeability of the plate material after the renovation

Stanowisko Position	Średnia prędkość infiltracji po upływie t godzin [mm·min ⁻¹] Average infiltration speed after t hours					
	1	2	5	21	24	średnia dla stanowiska average for the position
A	0,0385	0,0408	0,0633	0,0375	0,0317	0,0424
B	0,0248	0,0295	0,0600	0,0408	0,0363	0,0383
C	0,0340	0,0408	0,0583	0,0378	0,0295	0,0401
Średnia Average	0,0324	0,0371	0,0606	0,0387	0,0325	0,0403

Podsumowanie i wnioski

Z badań wynika, że do renowacji płyty zastosowano materiał miejscowy o nieodpowiednim uziarnieniu. Przez zagęszczenie, głównie warstwy 20–40 cm, zmniejszono jego porowatość i przesiąkliwość. W rezultacie uzyskano na-

wierzchnię o bardzo małej przesiąkliwości, znacznie mniejszej od zalecanej w normie.

Wchłanianie wody do nawierzchni boiska powinno wynikać z obliczonego dla danego regionu natężenia ulewnego deszczu o założonym czasie trwania i prawdopodobieństwie występowania.

Deszcz taki powinien infiltrować w założonym czasie, przyjmowanym w zależności od rangi boiska.

Przykładowo obliczone wzorem Lambora (Byczkowski 1996) natężenie deszczu ulewnego, o prawdopodobieństwie $p = 10\%$ i czasie trwania $t = 15$ min, dla stacji meteorologicznej w Ogrodzie Botanicznym w Krakowie, na której zanotowano w okresie 1971–2005 opad średni roczny 659 mm (Bokwa i Skowera 2008), wynosi $55 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ($0,055 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$). W ciągu 15 minut daje to objętość $0,0138 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-2}$ i odpowiada warstwie opadu 13,8 mm. Zakładając, że dla infiltracji rozpoczynającej się z chwilą wystąpienia takiego deszczu będzie on wsiąkał dwukrotnie dłużej niż czas jego trwania, wymagana średnia prędkość infiltracji byłaby równa:

$$0,0138 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-2} : 30 = 0,00046 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{min}^{-1} (0,46 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1})$$

Jest to ponad 11-krotnie więcej niż prędkość wsiąkania pomierzona na płycie boiska (tab. 3). Średni czas wsiąkania takiego deszczu przy tej prędkości infiltracji wynosiłby zatem 5,5 godziny. Z obliczeń wynika także, że trwający godzinę deszcz o takim samym prawdopodobieństwie wsiąkałby prawie 9 godzin, a deszcz trwający 3 godziny – około 14 godzin.

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następujących stwierdzeń i wniosków:

1. Materiał gruntowy zastosowany do renowacji płyty badanego boiska charakteryzował się niewłaściwym uziarnieniem, dużą gęstością objętościową, małą porowatością, a w konsekwencji zbyt małą przepuszczalnością, powodującą stagnowanie wody i wymakanie

murawy.

2. Przy renowacji płyty należy stosować technologię niepowodującą nadmiernego zagęszczania gruntu.

3. W przypadku gruntu zagęszczonego o nieodpowiednim uziarnieniu techniczny system drenarski nie zapewnia właściwych warunków wilgotnościowych płyty.

4. Przed renowacją lub przebudową dowolnego boiska uziarnienie stosowanego gruntu należy skonfrontować z wymaganiami normy. W przypadku niewłaściwego uziarnienia zaleca się sporządzić kompozyt, który zapewni wodoprzepuszczalność płyty odpowiednią do natężenia deszczu miarodajnego, przyjmowanego w zależności od rangi boiska.

Literatura

- BOKWA A., SKOWERA B. 2008: Wpływ rzeźby i użytkowania terenu na strukturę opadów atmosferycznych w okolicach Krakowa. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 5: 51–61.
- BYCZKOWSKI A. 1996: Hydrologia. T. 2. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- DIN 18035: 1991. Deutsche Norm. Teil 4. Sportplätze, Rasenflächen.
- PN-R-04031: 1997. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Pobieranie próbek.
- PN-R-04032: 1998. Gleby i utwory mineralne. Pobieranie próbek i oznaczanie składu granulometrycznego.
- PN-R-04033: 1998. Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne.
- PN-ISO-11464: 1999. Wstępne przygotowanie próbek do badań fizyczno-chemicznych.
- WIŁUN Z. 2000: Zarzys geotechniki. WKiŁ, Warszawa.
- ZAWADZKI S. 2002: Podstawy gleboznawstwa. PWRiL, Warszawa.

ŻEGOCIŃSKA-TYŻUK B. 1988: Terenowe urządzenia sportowo rekreacyjne. Wydaw. Politechniki Krakowskiej, Kraków.

Summary

Physical properties and water permeability of the football field Wisła Kraków after the renovation. The paper investigated the water permeability and some physical properties of the football field Wisła Kraków after the renovation done in 2002. Permeability, grain size, specific density, volume density and porosity of the soil taken

from the plates was determined by standard methods. It was shown that as a result of improper use of the material were significant differences in properties, particularly grains size and water permeability compared with DIN 18 035, causing local puddles of water on the surface of the pitch.

Author's address:

Włodzimierz Rajda
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja
w Krakowie
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków
Poland
e-mail: rmrajda@cyf-kr.edu.pl