
Przegląd Naukowy

Inżynieria i Kształtowanie Środowiska

Rocznik XI

2002

Zeszyt 1(24)

SCIENTIFIC REVIEW
ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

RADA PROGRAMOWA

Kazimierz Adamowski (University of Ottawa, Kanada), Kazimierz Banasik – przewodniczący (SGGW), Tadeusz Bednarczyk (Akademia Rolnicza, Kraków), Kazimierz Garbulewski (SGGW), Małgorzata Gutry-Korycka (Uniwersytet Warszawski), Zbigniew Heidrich (Politechnika Warszawska), Bonifacy Lykowski (SGGW), Mariusz Kembłowski (Utah State University, USA), Jiří Vaška (Politechnika w Pradze, Czechy)

ZESPÓŁ REDAKCYJNY

Andrzej Ciepeliowski, Jerzy Jeznach, Bonifacy Lykowski (przewodniczący), Mieczysław Połoński

RECENZENCI

Elżbieta Biernacka, Andrzej Ciepeliowski, Szecepan L. Dąbkowski, Piotr Domański, Jan Gawęcki, Kazimierz Grabowski, Wanda Harkot, Piotr Hewelke, Paweł Ogłęcki, Bogumiła Pawluśkiewicz, Kazimierz Piekut, Sławomir Prończuk, Barbara Rutkowska, Piotr Stypiński, Zbigniew Szwejkowski, Czesław Wysocki, Stanisław Żakowicz

ADRES REDAKCJI

Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa
tel. 843 90 41 (61, 81) w. 11273 i 11769

Przegląd Naukowy

Inżynieria i Kształtowanie Środowiska

Rocznik XI

2002

Zeszyt 1(24)

Spis treści *Contents*

PRACE ORYGINALNE

Z. HABER, P. URBĄSKI: Trawniki – historia i współczesność <i>The lawns in history and nowadays</i>	5
B. RUTKOWSKA, W. HARKOT: Działalność naukowa, organizacyjna i popularyzatorska w zakresie zakładania i użytkowania trawników rekreacyjnych i sportowych <i>Research, organisational and popularisation activities on the area of recreation and sports lawn establishment and management</i>	15
C. WYSOCKI: Przyrodniczo-techniczne uwarunkowania w opracowaniach projektowych trawników sportowych <i>Natural and technical conditioning in project of turf sports</i>	34
J. JEZNACH: Nawadnianie terenów rekreacyjnych i sportowych <i>Irrigation of recreation and sports fields</i>	44
J. JEZNACH: Przyrodnicze i techniczne problemy odwadniania terenów rekreacyjnych i sportowych <i>Natural and technical problems of drainage of recreation and sports fields</i>	50
T. STAŃCZYK: Koncepcja poprawy warunków gospodarowania wodą w parku Morskie Oko w Warszawie <i>Conception of water management improvement in Morskie Oko Park in Warsaw</i>	61
S. PRONCZUK: Uwarunkowania technologiczne w uprawie i ocenie trawników <i>Technological principles in management and evaluation of turfgrasses</i>	70
K. WOLSKI: Możliwości wykorzystania siewu rzutowego i perforacyjnego w zakładaniu sportowych nawierzchni trawiastych <i>Punch and broadcast sowing used in establishing grass of surfaces sporting facilities</i>	79
P.J. DOMAŃSKI: Gatunki i odmiany traw w mieszkankach na trawniki i boiska sportowe <i>Grass species and varieties in mixtures for lawns and sports stadiums</i>	83

W. HARKOT, Z. CZARNECKI, T. CZUSZ: Ocena jakości materiału siewnego dostępnego w handlu polskich i zagranicznych mieszanek traw przeznaczonych do zadarniania boisk sportowych <i>Evaluation of the sowing material of polish and foreign grass mixtures used for the sodding of sports fields available on the market</i>	106
K. GRABOWSKI, S. GRZEGORCZYK, S. BENEDYCKI, H. KWIETNIEWSKI: Wzrost i rozwój niektórych odmian traw w siewie czystym i mieszanek przeznaczonych na trawniki sportowe w roku siewu <i>Growth and development of some grass varieties sown in pure method and in mixtures intended for sport lawns in the year of sowing</i>	113
B. GOLIŃSKA: Ocena przydatności wybranych odmian hodowlanych <i>Festuca rubra</i> i <i>Festuca ovina</i> do ekstensywnego użytkowania trawnikowego <i>Usefulness evaluation of selected cultivars of Festuca rubra and Festuca ovina to extensive lawn utilisation</i>	123
S. KOZŁOWSKI, P. GOLIŃSKI, B. GOLIŃSKA: Zmienność barwy trawnika wiechlinowego <i>Changeability of colour of Kentucky blue-grass lawn</i>	130
C. WYSOCKI: Główne przyczyny złego stanu trawników sportowych w Polsce <i>Principal causes of the poor quality of sports turf in Poland</i>	136
W. HARKOT, B. MOSEK, W. LIPIŃSKI: Skład florystyczny trawiastych nawierzchni boisk klubów sportowych w Łęcznej i w Lublinie <i>Floristic composition of grass-surfaced sports fields of the sports clubs in Łęczna and Lublin</i>	143
F. GOSPODARCZYK, E. RUTKOWSKA, J. KULPEKSZA: Ocena składu botanicznego i zadarnienie boisk piłkarskich klasy okręgowej Wrocławia <i>Evaluation of botanical composition and turfness of football pitches of the Wrocław District League</i>	157
Z. CZARNECKI: Zmiany zadarnienia mieszanek trawnikowych w okresie czteroletniego intensywnego użytkowania <i>Changes in the sward of the lawn grass mixtures during a four-year period of intensive utilisation</i>	163
H. CZYŻ, T. KITCZAK: Wpływ podłoża glebowego na stan murawy boiska sportowego <i>Influence of soil base on sward of a sports ground</i>	169
B. GOLIŃSKA, P. GOLIŃSKI: Predyspozycje <i>Festuca rubra</i> do odkładania filcu na trawnikach <i>Predisposition of Festuca rubra to deposit mat on lawns</i>	173
B. PAWLUŚKIEWICZ, J. ZASTAWNY: Ocena przydatności metod renowacji powierzchni trawiastych na terenach parkowo-rekreacyjnych o zróżnicowanym stopniu zacinienia <i>Assessment of usefulness of grass surfaces renovation methods on the recreation areas at different rate of shadow</i>	179
B. PAWLUŚKIEWICZ: Tworzenie zadarnień wzmocnionych kratką Grass-Paver z wykorzystaniem polskich i zagranicznych odmian traw gazonowych <i>Establishment of soddings reinforced Grass-Paver grate based on Polish and foreign turfgrass species</i>	190
K. WOLSKI: Wpływ różnych sposobów renowacji na nawierzchnię trawiastą boisk piłkarskich po wieloletniej eksploatacji <i>Effect of different ways of renovation on grass football fields after long-term utilisation</i>	202
J.R. STARCK: Stosunki powietrzne w glebie pod trawnikami sportowymi <i>Air conditions in soil under grass on sport fields</i>	206
K. WOLSKI: Analiza wybranych elementów gry w piłkę nożną na murawie przed i po renowacji <i>Analysis of selected elements of football played on sward before and after renovation</i>	210

P. URBĄSKI: Ocena przydatności nowych herbicydów do zwalczania chwastów na trawnikach <i>Evaluation of the effectiveness of new herbicides for the control of weeds on lawns</i>	214
M. PRONCZUK: Występowanie i szkodliwość chorób traw, a intensywność uprawy trawników <i>Occurrence and harmfulness of grass diseases and intensity of turf maintenance</i>	218
M. KRUKOWSKI, J. KUBRAK: Teoretyczne podstawy rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń pasywnych w korytach otwartych <i>Basic of theoreticals spread of passive pollutants in the open channels</i>	228
J. KUBRAK, M. SZYDŁOWSKI: Zastosowanie modelu Singha i Quiroga do prognozowania hydrogramu wypływu wody przez prostokątną wyrwę w zaporze ziemnej <i>Singh and Quiroga model application for prediction of hydrograph for earth dam rectangular breach outflow</i>	240
H. KAZIEKO, L. KAZIEKO: Analityczny model dopływu wód podziemnych do szczeliny pionowego drenażu <i>Analytical model of groundwater discharge of vertical drain</i>	251
H. KAZIEKO, L. KAZIEKO: Określenie optymalnych warunków nawodnienia stokowego <i>Evaluation of optimal conditions for border irrigation system</i>	259
W. MIODUSZEWSKI: Mała retencja i jej wpływ na stan środowiska naturalnego i zasobów wodnych <i>Small retention and its influence on the state of environment and water resources</i>	267
A. PAWŁAT-ZAWRZYKRAJ: Metoda inwentaryzacji i waloryzacji przyrodniczo-krajobrazowej małych zbiorników wodnych w opracowaniach ekofizjograficznych <i>The method of ecological and landscape inventory-making and evaluation of small water ponds for ecophysiological studies</i>	276
A. BŁĘDZIŃSKA: Związek między sumą opadu a kierunkiem napływu mas powietrza w rejonie Ursynowa <i>The relationship between precipitation total and air-mass direction in Ursynów</i>	288
B. ŁYKOWSKI: Wpływ urbanizacji na opady atmosferyczne w południowej części Warszawy <i>Influence of urbanization on atmospheric precipitation in the southern districts of Warsaw</i>	298
M. KLENIEWSKA: Charakterystyka stężenia dwutlenku siarki w miesiącach zimowych w Warszawie-Ursynowie <i>Characteristic of sulphur dioxide concentration in winter months in Warsaw-Ursynów</i>	305
T. ROZBICKI: Związek między wysokością plonu pszenicy ozimej a elementami meteorologicznymi w latach ciepłych oraz w latach wilgotnych <i>The relationship between winter wheat yield and meteorological elements in warm years and wet years</i>	312
K. ROZBICKA: Próba oceny parowania dziennego i nocnego z ewaporometrów pan klasy A i Wilda <i>Evaluation of daytime and night-time evaporation of class A pan and Wild evaporimeters</i>	318
D. GOŁASZEWSKI: Czas trwania oraz pionowy zasięg warstwy powietrza objętej przymrozkiem w okresie jesiennych nocy na stacji Ursynów SGGW <i>Duration and vertical range of frost layer during autumn nights in Ursynów WAU</i>	327
M. JEZNACH: Technologia uprawy warzyw jako kryterium oceny jakościowej <i>Technology of vegetables growing as a criterion of quality estimation</i>	334
B. OLSZAK: Zastosowanie technologii ICEAS SBR na przykładzie oczyszczalni ścieków w Rogowie <i>Waste water treatment plant in Rogów as example of ICEAS SBR technology</i>	340

WSPOMNIENIE POŚMIERTNE

Edward Zawada (1934–2001)	348

DONIESIENIA

R. PANFIL: Sportowe i rekreacyjne nawierzchnie trawiaste w Polsce – stan i perspektywy	350
T. PRZYDATEK: IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt. „Zadarnianie terenów rekreacyjnych i sportowych w świetle badań i praktyki”	357
J. JEZNACH, B. PAWLUŚKIEWICZ: Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. „Gabiony w kształtowaniu i ochronie środowiska naturalnego”	358
A. HOFFMANN: Zaopatrzenie w wodę hanzeatyckiego miasta Gdańsk	361
J. WYSOCKI, P. ORŁOWSKI: Kształcenie w zakresie geodezji, fotogrametrii-teledetekcji i systemów informacji przestrzennej (SIT-GIS) na Wydziale Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW	366

© Copyright by Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002

Redaktor – Ewa Ramus
Redaktor techniczny – Krystyna Piotrowska
Korekta – Jadwiga Rydzewska

ISBN 83-7244-315-7

Druk: P.P. EVAN, 02-629 Warszawa, ul. Pilicka 11

Zbigniew HABER, Piotr URBAŃSKI

Katedra Terenów Zieleni, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Department of Landscape Architecture, Agricultural University of Poznań

Trawniki – historia i współczesność **The lawns in history and nowadays**

Wprowadzenie

W referacie przedstawiono sposoby tworzenia nawierzchni trawiastych od historii traw i zmian w sposobie zadarniania gruntu, aż do urządzania trawników współczesnych.

Darń trawnikowa jako nawierzchnia ozdobna i użytkowa stała się elementem terenów zieleni utrwalanym tradycją od 400 lat, udoskonalonym jednak dopiero w XX wieku. Obecnie do podstawowych rodzajów trawników zalicza się:

- trawniki gazonowe, jako nawierzchnie najbardziej dekoracyjne,
- trawniki sportowe, mające oprócz ozdobnych również największe walory użytkowe,
- najpowszechniej jednak spotykane są trawniki parkowe, jako znak czasów, kiedy na pielęgnację terenów zieleni systematycznie brakuje środków finansowych.

Nasze (zaniedbane) trawniki parkowe są jednak bardziej ozdobne od lansowanych w krajach Europy Zachodniej trawników „ekologicznych”, urządzanych głównie na peryferiach miast.

Historia trawników

Trawniki wywodzą się od naturalnej darni, która od zarania dziejów stanowiła pionierską roślinność pokrywającą tereny po karczowaniu pierwotnych lasów. Lasy jeszcze na początku drugiego tysiąclecia pokrywały obszar Europy w 80%. Nie była to jednak darń trawiasta w znaczeniu dzisiejszym, lecz mieszanina gatunków światłolubnych, nisko rosnących, jakie pojawiały się w runie jako dzika, naturalna okrywa gruntu po wykarczowaniu lub wypaleniu zadrzewień. W runie tym roślinność trawiasta, jako najbardziej ekspansywna, rozwijała się intensywniej niż inne mniej ekspansywne gatunki. W miarę przystosowywania się do nowych warunków, grupa roślinności trawiastej rozwijała się coraz silniej, co doprowadziło w końcowym okresie średniowiecza do wyselekcjonowania różnych typów roślinności trawiastej, które w okresie renesansu pozwoliły tworzyć pierwsze zadarnione trawami powierzchnie ogrodów jako pierwotne trawniki.

Pokrywanie gruntu roślinnością okrywową znane było już w starożytności. W Rzymie ogrody patrycjuszy zadarniano barwinkiem (*Vinca* sp.) i bluszczem (*Hedera* sp.). W Grecji do naturalnej darni w parkach, zwanych tu gimnazjonami, wsiewano nasiona kwiatów rocznych, tworząc w ten sposób pierwsze łąki kwietne, które jako pierwotne barwne zadarnienia przetrwały przez okres całego średniowiecza. W Egipcie jako okrywę gruntu stosowano nisko rosnące krzewinki: bukszpan i mirt, a oprócz tego połacie ogrodów faraonów i kapłanów obsiewano rocznymi kwiatami: chabrami, szlaczem, makami itp. Tak więc w Europie trawniki, jako okrywa gruntu, pojawiły się dopiero w okresie renesansu, a rozwój ich nastąpił w okresie baroku.

Selekty roślin, które w tamtych czasach stosowano do zadarnień, stanowiły mieszaninę gatunków traw i ich naturalnych mieszańców. Wyodrębniane gatunki jako ówczesne selekty usystematyzowane zostały dopiero przez Linneusza w XVIII wieku. W czasach Linneusza były to cztery podstawowe rodzaje traw pastewnych o cechach, które pozwoliły niektórym gatunkom z tych rodzajów zaliczyć do traw ozdobnych. Gatunki przydatne dla terenów zieleni wyhodowano jednak dopiero w XIX wieku, gdy pozwolił na to rozwój naukowej hodowli roślin (Iacopi i Kiney 1979).

Z ogromnej, nadal zwiększającej się liczby odkrywanych i oznaczonych gatunków traw (rodzina *Poace* liczy obecnie około 14 tys. gatunków), dla potrzeb terenów zieleni okazały się najbardziej przydatne gatunki z rodzajów: rajgras, kostrzewa, mietlica i wiechlina. Krzyżowanie i selekcja

dały w ciągu 100 lat około 6 tys. odmian stosowanych obecnie w terenach zieleni do zakładania trawników.

Trawniki tradycyjne, podział i charakterystyka

Prawidłowo założony i pielęgnowany trawnik stanowi rodzaj zielonej podłogi lub żywego, zielonego dywanu w ogrodzie. Stąd te najbardziej ozdobne trawniki nazywane są „dywanowymi” lub „gazonowymi”, gdyż słowo *gazon* w języku francuskim oznacza dywan (Brzywczy-Kunińska i Rutkowska 1969). Obecnie (Orzeszek-Gajewska 1994), ze względu na walory ozdobne i użytkowe, trawniki dzieli się na:

1. Trawniki dywanowe (gazonowe), wykazujące wszystkie cechy decydujące o walorach ozdobnych trawnika: wyrównana barwa, dokładna niwelacja i wyrównanie powierzchni, jednolity skład botaniczny roślinności (wyłącznie roślinność trawiasta bez chwastów), żywozielona barwa; trawniki dywanowe są pieczołowicie pielęgnowane – regularnie podlewane, zasilane, często strzyżone, wapnowane, wałowane i przewietrzane.
2. Trawniki parkowe w odróżnieniu od trawników gazonowych cechują się zmienną różnorodnością składu botanicznego gatunków. W wyniku niewystarczającej na ogół pielęgnacji po kilku latach skład botaniczny roślinności, tworzącej darń parkową, ulega zmianie. Następuje rozwój roślinności, która w danym siedlisku znajduje najkorzystniejsze warunki wegetacji, co przy niedo-

borze wody, rzadkim przycinaniu, umożliwia wykłaskanie się chwastów jednorocznych i prowadzi do narastającego zachwaszczenia trawników w parkach. Dla utrzymania walorów ozdobnych, trawniki parkowe powinny być również odchwaszczane, corocznie wałowane, odfilcowywane i napowietrzane. W doborze herbicydów należy jednak kierować się zasadą, aby środki nie były cuchnące i szybko ulegały rozkładowi.

3. Trawniki sportowe (specjalne), łączące walory trawników gazonowych z odpornością na intensywną eksploatację, wykazują zwiększoną wytrzymałość na rozrywanie i zdolność szybkiej regeneracji. Trawniki sportowe wymagają intensywniej pielęgnacji: częstego podlewania (w okresie upałów 2–3 razy w tygodniu, licząc po co najmniej 25 tys. litrów wody na 1 ha boiska), zasilania, w miarę potrzeby odchwaszczania, corocznego wapnowania (wapń wpływa korzystnie na zwartość korzeni traw), regularnego wiosennego odfilcowywania, napowietrzania i wałowania oraz częstego (2 razy w tygodniu) krótkiego strzyżenia.

Zasady urządzania trawników tradycyjnych

Istotny jest wybór stanowiska i gleby lub jej przygotowanie (Bartosiewicz i Brzywczy-Kunińska 1973). Pod trawniki preferowane są miejsca nasłonecznione, gleby lekkie, przewiewne, próchniczne, zasobne w wapń i magnez.

Przed urządzeniem nawierzchni trawnikowej konieczne jest dokładne oczyszczenie gleby z chwastów trwałych. W tym celu obecnie najskuteczniejsze jest zastosowanie herbicydu Roundap. Należy pamiętać, że jest to herbicyd systemiczny wnikaący do korzeni wyłączenie przez zielone części chwastów. Jeżeli trawnik zakłada się na glebie silnie zachwaszczonej, to oprysk Roundapem w dawce 300 ml preparatu rozpuszczonego w 10 litrach wody wystarcza na 400 m² zachwaszczonej powierzchni. Po upływie 10 dni od oprysku można przystąpić do spulchniania gleby przy użyciu glebogryzarki, zagęszczenia warstwy uprawnej walem o masie 50–100 kg, ponownego wygrabienia i dopiero na tak przygotowaną powierzchnię można wysiewać nasiona (ziarniaki) traw. Nasiona należy wysiewać w dawce zgodnej z zaleceniami producenta mieszanki, uwzględniającymi proporcje nasion drobnych (mietlica, wiechlina) do nasion grubych (rajgras, kostrzewa). Dawki wysiewu mieszczą się zwykle w zakresie 2–4 kg na 1 ar. Po wysiewie konieczne jest przykrycie części nasion przy użyciu lekkiego wału, tzw. kolczatki. Przez okres 2–3 tygodni, tj. do pełnych wschodów, zaleca się zraszać (o ile to możliwe) wysiewy 2–3 razy dziennie. Trawnika świeżo skielkowanego nie należy przycinać, lecz w odstępach tygodniowych 2–3-krotnie wałować lekkim walem o masie 15 kg. Wałowanie powoduje mechaniczne uszkodzanie węzłów krzewienia, dzięki czemu natychmiast wytwarzane są nowe liście i korzenie. Strzyżenie trawnika przy użyciu kosiarki można dopiero wykonać, gdy dobrze rozkrzewiona i zagęsz-

czona trawa osiąga wysokość kilku centymetrów. W tym terminie liście należy skracać nie więcej niż o 1/3 ich długości, przy czym przy pierwszym przycinaniu nóż kosiarki musi być bardzo ostry.

W doborze mieszanek należy kierować się przeznaczeniem trawnika. W handlu występują mieszanki gazonowe, sportowe, parkowe, ozdobne, dekoracyjne i inne. Z punktu widzenia potrzeb terenów zieleni liczą się tylko mieszanki z dwóch pierwszych grup. Producentami ich mogą być firmy hodowlane zarówno krajowe, jak i zagraniczne. Do najbardziej znanych firm zachodnich należą: Johnson, Barenburg i Quedlingburg, a z krajowych za najlepsze uważa się mieszanki ze Stacji Hodowli Roślin Nieznanice oraz ze Stacji Hodowli Traw Rolimpexu (Śrem, Hława). Zachodnie mieszanki są zwykle o kilka procent droższe, są zawsze ładnie opakowane, niekiedy jednak słabiej kielkują, gdyż zdarza się, że czekając na nabywcę, bywają przeterminowane. Najkorzystniejsze jest używanie mieszanek polskich, gdyż odmiany krajowe są lepiej przystosowane do warunków klimatycznych.

Na zachodzie Europy trawniki zawierające dodatek roślinności kwitnącej i innych gatunków występujących w stanowiskach naturalnych nazywane są trawnikami ekologicznymi. Oprócz roślinności trawnikowej występują w nich gatunki z rodzin baldaszkowatych: marchew, koper, pietruszka (doprowadzane do kwitnienia), i roślin złożonych, jak: margaretki, cykoria, a z wargowych występują: lucerna, nostrzyki, lubiny i inne. Trawniki te tylko raz, tj. pod koniec okresu wegetacji, są koszo-

ne, a w międzyczasie są podlewane i nawożone, aby roślinność ich utrzymać w ciągu lata jak najdłużej w stanie zielonym. Są to trawniki ekologiczne, ale bynajmniej nie estetyczne, urządzone są tylko na peryferiach miast, natomiast w parkach miejskich i na reprezentacyjnych zieleńcach utrzymywane są wyłącznie nawierzchnie gazonowe.

Trawniki przenośne i ich stosowanie

Określenie „trawniki przenośne” oznacza, że są to trawniki przygotowywane w innym miejscu aniżeli miejsce ich ekspozycji. Trawniki przenośne mogą być stosowane do dekoracji okolicznościowych różnych obiektów, jak: wystawy, stoiska, wnętrza, krótkotrwałe dekoracje terenów utwardzonych lub – gdy potrzebna jest szybka estetyzacja (w ciągu 2 do 3 dni) zdewastowanego terenu, jak np. urządzenie ozdobnego ogrodu wokół nowo wybudowanego domu.

Przenośne trawniki mogą być też wykorzystywane do celów użytkowych, jak urządzenie lub uzupełnianie ubytków w nawierzchni trawiastej boisk, jako tło dla kompozycji kwiatowych w dekoracji wnętrz, jako tło dla urządzania przenośnych kwietników w dekoracji terenów utwardzonych, do umacniania skarp i nachyleń w budownictwie drogowym, komunalnym, kolejowym i w melioracjach, ale przede wszystkim w urządzeniu nawierzchni trawiastej „z dnia na dzień” i przy poprawie stanu nawierzchni boisk piłkarskich przez wypełnianie zniszczonych fragmentów darni w miejscach najbardziej eksploatowanych, tj. głównie w pobliżu bramek.



RYSUNEK 1. Mechaniczne podcinanie i zwijanie darni przenośnej przygotowanej bezpośrednio na torfowisku wysokim (lub na próchnicznej glebie ornej) po wyrównaniu powierzchni, użyznieniu, zwapnowaniu i krótkim przyszczyżeniu liści traw

FIGURE 1. Mechanical undercutting and rolling of sode ready made directly on the surface of a high bog peat

Tradycyjna metoda produkcji trawników przenośnych polegała na zbieraniu darni z terenów specjalnie na ten cel przeznaczonych. Ta tradycyjna metoda jest dziś stosowana rzadko, gdyż darni przygotowywana na glebie rolniczej jest zbyt ciężka, rwie się przy zdejmowaniu i łatwo ulega niszczeniu przy transporcie. Wraz z darnią zbierana była najbardziej wartościowa – próchnicza warstwa gleby uprawnej. Metoda ta obecnie została w znacznym stopniu zmodyfikowana. Rozwój technologii doprowadził do tego, że do zadarniania za pomocą przenośnych trawników używa się zwykle innych podłoży aniżeli mineralna gleba uprawna. Tradycyjna metoda produkcji darni zastąpio-

na została głównie przygotowywaniem darni na warstwie torfu sfagnowego (wysokiego), mieszaniny torfu wysokiego z torfem niskim (o korzystnych cechach fizycznych) lub torfu z dodatkiem silnie rozdrobnionej, rozłożonej (pozbawionej substancji o charakterze fenolowym i żywicznym) kory z drzew iglastych. W ostatnich latach opracowano również technologie przygotowywania darni na wojłoku z odpadów tekstylnych i roszarnicznych. Nowoczesne trawniki przenośne na torfie i wojłoku są lekkie, umożliwiają uzyskiwanie w stosunkowo krótkim czasie zwartej (trwałej przy transporcie) darni, są estetyczne, wygodniejsze w użyciu i urządzeniu nawierzchni trawiastych.



RYSUNEK 2. Kwadraty darni przenośnej przygotowanej na substracie torfowym w ramach blaszanych (50 × 50 × 2 cm) z dnem z 1 mm folii polietylenowej (sztywnej) lub z 2 mm szyby
 FIGURE 2. A square of transportable sod prepared in a frame (50 cm × 50 cm) filled with a thin layer of peat substrate

Dzięki tym zaletom stają się coraz bardziej popularne.

Przenośne trawniki torfowe można produkować czterema metodami:

1. Bezpośrednio na powierzchni torfowiska wysokiego, po zagęszczeniu, zneutralizowaniu i użyznieniu kilkucentymetrowej jego warstwy. Do tego celu potrzebne są specjalne maszyny w zestawie umożliwiającym pełne zmechanizowanie całej produkcji i transportu łącznie z użyznianiem i neutralizacją kwaśnego odczynu złoża przez natryskiwanie roztworem soli pokarmowych i substancji alkalizujących kwaśny torf, krótkim stryżeniem liści, podcinaniem darni, jej zwijaniem (rys. 1), załadunkiem i transportem często

na bardzo duże odległości. Metoda ta stosowana jest powszechnie na torfowiskach w USA.

2. Na utwardzonej, gładkiej nawierzchni, w ramach blaszanych (lub drewnianych) o wymiarach 45 × 45 z wystającą krawędzią na 2 cm (rys. 2) z podkładem ze sztywnej folii polietylenowej (1–2 mm) lub tafli szkła stanowiących dno ramki.
3. Na utwardzonej gładkiej powierzchni betonowej pokrytej szlichtą cementową, na pasach ograniczonych wbetonowanymi teownikami na taką głębokość, aby nad powierzchnię wystawała krawędź teownika na wysokość 20 mm, a szerokość pasów mieściła się w zasięgu pracy noża kosiarki, tj. 35–48 cm. Na takiej po-

wierzchni betonowej należy zachować pasy na przejścia, koła kosiarki i prowadzenie węży do nawadniania i zasilania.

4. Na utwardzonej i gładkiej powierzchni na płask (asfalt, beton, zagęszczona i wyrównana gleba) bez ograniczeń szerokości. Jednak przy tej metodzie strzyżenie trawnika powoduje częściowe uszkodzenie darni na skutek ujeżdżania jej kołami kosiarki, co obniża walory i wartość handlową trawnika.

Trawniki na macie z odpadów włókienniczych

Technologia produkcji i stosowania maty z wojłoku naturalnego opracowana została w Akademii Rolniczej w Poznaniu, przy współpracy z IKWN, przed 1979 rokiem. Informacje na temat metod badań, które doprowadziły do opracowania technologii produkcji i stosowania maty trawnikowej, znajdują się w publikacjach autora, cytowanych w spisie literatury uzupełniającej (Haber 1995). W przeprowadzanych badaniach porównywano przydatność różnych odpadów do wytwarzania wojłoku, głównie roszarniczych, ścinki materiałów tekstylnych jako czyste odpady organiczne oraz ścinki z dodatkiem tworzyw sztucznych. Porównywano też różne gatunki traw przy różnej gęstości wysiewu na matę oraz procent uszkodzenia nasion przy igłowaniu, z opisem zasad wykorzystania maty. Mata po ułożeniu zabezpiecza powierzchnię przez początkowe okrycie jej swą otuliną, a po skielkowaniu nasion traw lub innych roślin, które za-

wiera, umacnia nawierzchnię wrastającym w podłoże systemem korzeni. W Polsce jako podstawowego surowca do produkcji maty używa się odpadów roszarniczych, niekiedy odpadów przemysłu tekstylnego, natomiast w ostatnich latach w USA stosuje się do tego celu rozwlóknione, wysuszone tkanki rośliny włóknodajnej o nazwie kenaf (*Hibiscus cannabinus*).

W wyniku współpracy rozwlóknia-cza, siewnika z przystawką do rozkładania juty, urządzenia prasującego wojłok i igłowarki, nadającej trwałą zwartość wszystkim warstwom (wojłok, juta, torf z nasionami), powstaje mata trawnikowa o szerokości 220 cm i grubości 6 mm (po relaksacji). Mata zawiera wszystko oprócz wody, co potrzebne jest dla wzrostu traw. Woda higroskopijna, jaka występuje w wojłoku (poniżej 8% s.m.) uniemożliwia kiełkowanie nasion w okresie składowania maty. W pomieszczeniach suchych i przewiewnych mata może być przechowywana wiele miesięcy, aż do utraty żywotności nasion. Dla skielkowania nasion trzeba ją tylko podlać, rozłożyć na warstwie przygotowanej wilgotnej, wyrównanej gleby i cienką warstwą tej samej gleby matę przykryć. Po ułożeniu na powierzchni gruntu mata, wilgotniejąc od spodu, umożliwia szybkie kiełkowanie nasion i wytwarzanie korzeni. Trawy kiełkując, najpierw wytwarzają pionowy korzeń, co powoduje, że po wnikięciu korzeni do gleby następuje przytwierdzenie maty do podłoża, a następnie rozwijają się kielki i mata się zazielenia. W ciągu roku mata rozkłada się, wzbogacając podłoże w próchnicę, a dopóki się nie rozłoży, wyklucza rozwój chwastów,

które nie są w stanie przebić się przez zwartą, sprężystą otulinę z wojłoku. Kiełkowanie nasion i rozwój korzeni następują w sprzyjających warunków w ciągu 10–14 dni, natomiast pełen efekt umacniania powierzchni uzyskuje się po 2–4 tygodniach od skiełkowania. Do produkcji maty trawnikowej można wykorzystać również odpady przemysłu tekstylnego. Z odpadów tych uzyskuje się jednak wojłok bardzo delikatny, cienki, o małej pojemności wodnej.

Trawniki przenośne przygotowywane bezpośrednio na glebie ornej

Trawniki przenośne można też przygotować na żyznej próchniczej glebie ornej, wyrównanej i zagęszczonej przez walowanie, z intensywnym podlewaniem, nawożeniem i częstym stryżeniem dla poprawy zwartości. Metoda ta wymaga posiadania specjalnej maszyny do podcinania i zwijania gotowej darni. Okres produkcji darni tą metodą trwa od 7 do 15, a nawet 18 miesięcy. Głównym producentem tego rodzaju darni przenośnej jest Spółka SA „Zielony Horyzont” w Poznaniu. W ostatnich kilku latach pojawiają się coraz to nowi producenci przenośnej darni trawnikowej przygotowywanej na glebie ornej. Metoda ta, oprócz zalet, ma wiele wad. Mineralna gleba orna jest z natury ciężka. 1 m² darni może ważyć nawet 30 kg. Przy tak dużej masie podłoża uzyskanie możliwej do transportu (przenoszenia) warstwy trawnika wymaga dokładnego przerośnięcia i związania gleby korzeniami traw. Uzyskanie niezbędnej zwartości trwa przy tej metodzie od kilku do kilkunastu miesięcy.

Czasami darni na polu musi pozostać dłużej, aniżeli to jest potrzebne z agrotechnicznego punktu widzenia. Jest to korzystne dla odbiorcy, lecz niekorzystne dla producenta. Niekiedy jest to jednak koniecznością warunkowaną zbytem (zapotrzebowaniem). Używana mieszanka nasion musi charakteryzować się zdolnością do tworzenia silnego, zwartego systemu korzeniowego, a podłoże powinno zawierać jak najwięcej substancji organicznej, która ciężar gleby obniża i ułatwia przerastanie korzeni. Najkorzystniejszy wydaje się torf wysoki, grubowłóknisty.

Już 30 lat temu Amerykanie produkowali darni przenośną bezpośrednio na torfowiskach wysokich. Okres produkcji przenośnych trawników w tych warunkach trwa tylko 2 miesiące (stan Illinois). Obserwacja ogrodów zakładanych w ciągu trzech dni wokół nowo wybudowanych domów – budowa domu na peryferiach miasta z infrastrukturą trwa 8–10 dni, urządzenie ogrodu wokół domu z krzewami w pojemnikach, kwietnikami, trawnikiem – 2–3 dni – przypisywała o zawrót głowy. Dziś również w Polsce te elementy ogrodnicze można urządzić w takim samym czasie jak w USA.

Trawniki parkingowe typu „areal system”

Inny, nowatorski sposób tworzenia utwardzonych nawierzchni zielonych, znany jako „areal system” (AS), stosowany jest w krajach Europy Zachodniej dopiero od 1994 roku. System AS, polega na umocnieniu powierzchni gruntu przy użyciu szkieletoz z wielokomorowych płyt o strukturze plastra miodu, wykonanych z tworzywa sztucznego typu HDP, z wy-

pełnieniem jego komór podłożem, wysiewem nasion traw lub innych roślin, np. nisko rosnących bylin z rodzaju *Sedum*, *Aubrieta*, *Thymus*, *Ajuga*, i dalszej pielęgnacji z podlewaniem, zasilaniem stryżeniem lub pozostawieniu nawierzchni do pokrycia naturalną murawą, która zazwyczaj pielęgnacji nie wymaga. System AS może być wykorzystywany do stabilizacji skarp w budownictwie drogowym, umacnianiu rowów i brzegów zbiorników w budownictwie wodno-melioracyjnym oraz tworzenia zielonych, ozdobnych (ekologicznych) nawierzchni parkingowych (Haber i Kałwińska 1997).

Od 1996 roku płyty „areal system” dostępne są już w Polsce. Wytwórnę wybudowano i uruchomiono w 1996 roku w Poznaniu z udziałem kapitału zagranicznego.

Nawierzchnia boiska z tworzywa sztucznego stosowana jest wyłącznie do pokrywania boisk do gry w hokeja na trawie. W myśl zaleceń FIFA, sztuczną darnią nie wolno pokrywać boisk piłkarskich. Jest to trawopodobna darni przypominająca wyglądem (z daleka) darni naturalną, o kształcie liści zbliżonym do krótko przyciętego, silnie zagęszczonego trawnika. Zielona część sztucznej darni wtopiona jest w podkład filcowy z tworzywa sztucznego. Grubość części zielonej wynosi 12 mm, grubość podkładu – 8 mm. Podkład filcowy przyklejany jest do warstwy asfaltu, specjalnym wodoodpornym klejem. Ten sztuczny trawnik w stanie suchym jest śliski. Śliskość zanika, gdy sztuczna darni jest świeżo zmoczona. Dlatego na obrzeżach obiektów sportowych pokrytych sztuczną darnią zamontowane są deszczownie sterowane

przez osobę obserwującą grę i włączane do spryskiwania tej części boiska, na której w danym momencie nie ma zawodników.

Podsumowanie

W pracy przedstawiono stosowanie trawników przenośnych, tj. użytkowanych w innym miejscu aniżeli miejsce ich przygotowania. Opisano technologię produkcji darni przenośnej na glebie ornej (technologia kanadyjska), trawniki przenośne na podłożu torfowym i sposób produkcji maty trawnikowej z wsianymi nasionami traw i niekiedy innych roślin.

Oddzielnie przedstawiono trawniki typu „areal system”, służące do utwardzania nawierzchni narażonych na duże obciążenia (parkingi ekologiczne), do umacniania skarp, nasypów i brzegów zbiorników wodnych oraz sztuczne „trawniki” do pokrywania boisk, przeznaczonych do uprawiania tylko niektórych dyscyplin sportowych, np. hokeja na trawie.

Literatura

- BARTOSIEWICZ A., BRZYWCZY-KUŃSKA Z. 1973: Urządzanie i pielęgnacja terenów zieleni. PWSZ, Warszawa.
- BRZYWCZY-KUŃSKA Z., RUTKOWSKA B. 1969: Trawniki, zakładanie i pielęgnacja. PWRiL, Warszawa.
- HABER Z. 1995: Mata z wojłoku naturalnego jako podłoże dla przemysłowej produkcji trawników przenośnych. Materiały z Konferencji Naukowej: „Trawniki, nawierzchnie darniowe i runa parkowe”. Gdańsk.
- HABER Z., KAŁWIŃSKA A. 1997: Areal System – nowoczesna metoda tworzenia ekologicznych nawierzchni parkingowych i umacniania skarp w budownictwie drogowym. Materiały z Konferencji Naukowej:

„Przyjazne środowisku i nowoczesne drogi”. Warszawa.

IACOPI R.L., KINEY M. 1979: All about lawns. Ortho Books, San Francisco.

ORZESZEK-GAJEWSKA B. 1994: Kształtowanie terenów zieleni w miastach. PWD, Warszawa.

Summary

The lawns in history and nowadays.

On the back-ground of history of lawns, the

actual state and the tendency in various methods of growing and production of transferable sod and ornamental lawns in green areas is described.

Authors' address:

Zbigniew Haber, Piotr Urbański
Agricultural University of Poznań
Department of Landscape Architecture
60-594 Poznań
ul. Dąbrowskiego 159
Poland

Barbara RUTKOWSKA¹, Wanda HARKOT²

¹Katedra Agronomii SGGW
Department of Agronomy WAU

²Katedra Łąkarstwa, Akademia Rolnicza w Lublinie
Department of Grassland, Agricultural University of Lublin

Działalność naukowa, organizacyjna i popularyzatorska w zakresie zakładania i użytkowania trawników rekreacyjnych i sportowych

Research, organisational and popularisation activities on the area of recreation and sports lawn establishment and management

Trawiaste nawierzchnie – użytkowanie

Trawniki od zarania dziejów służyły człowiekowi. Pierwsze wzmianki o roślinach okrywowych znajdujemy w przekazach Pliniusza Młodszego (Hoogvelt 1996). W Europie trawnik, jako miejsce wypoczynku i zabawy, był znany już w średniowieczu (pierwsze informacje pochodzą z manuskryptu powstałego między 1300 a 1500 rokiem). Poza murami miast trawnik, a raczej łąka kwietna, był miejscem spotkań, zabaw i gier młodzieży dworskiej, natomiast na zamku, w obrębie murów, była przestrzeń trawiasta, po której spacerowano. Do odpoczynku służyły ławy darniowe.

Zapoczątkowaniem klasycznych terenów rekreacyjnych i sportowych były duże powierzchnie „dzikich pastwisk”, na których uprawiano różnego rodzaju

sporty i zabawy. Ze względu na ekstensywny sposób ich użytkowania oraz brak lub ograniczoną ilość zabiegów pielęgnacyjnych trawniki te charakteryzowały się występowaniem wielu gatunków z różnych rodzin botanicznych. Udeptywanie i trudne warunki bytowania spowodowały, że na tych terenach przetrwały przede wszystkim trawy, które wyróżniały się silnym, zwartym systemem korzeniowym oraz wykształcaniem licznych skróconych pędów wegetatywnych. Te właściwości traw zapewniały wymagane zadarnienie powierzchni nawet w niekorzystnych warunkach rozwoju i wzrostu.

Konsekwencją różnych gier i zabaw na otwartych zadarnionych powierzchniach było wyłonienie się kilku dyscyplin sportowych. Z tradycyjnych angielskich zabaw ludowych popularnych w III wieku wywodzi się futbol, piłka nożna i piłka ręczna. Dynamiczny roz-

wój tych dyscyplin nastąpił na przełomie XVIII i XIX wieku. Z kolei w XV wieku w Szkocji pojawił się golf, który w XVII wieku przeniknął do Anglii, a następnie rozprzestrzenił się w koloniach brytyjskich, Europie Zachodniej, USA i Japonii. Odbijanie piłki dłonią, praktykowane już w XIII wieku, dało początek grze w tenisa. Zasady tej gry oraz wymagania stawiane boiskom dla tej dyscypliny sportu opracowano jednak dopiero z końcem XIX wieku (1873 r.).

W Polsce wymienione dyscypliny sportu pojawiły się znacznie później – w połowie XIX wieku. Pierwszy Związek Piłki Nożnej powstał w 1903 roku we Lwowie, natomiast kilka lat później w Warszawie. Pierwsze boiska trawiaste do tenisa powstały około 1900 roku, natomiast pierwsze boisko golfowe założono w 1932 roku w Powsinie pod Warszawą. Zapoczątkowaniem piłki ręcznej był „szczypiorniak” rozegrany po raz pierwszy w 1918 roku w Szczypiornie przez internowanych tam legionistów z niemieckimi strażnikami.

W niepodległej Polsce ówczesnie uprawianym dyscyplinom sportowym patronował Polski Związek Palanta i Gier Ruchowych. Po II wojnie światowej trawami zasiewano nie tylko płyty boisk sportowych, ale także tereny wokół odbudowywanych i nowo budowanych budynków, tzw. bloków. Słabe było natomiast zainteresowanie zakładaniem trawiastych nawierzchni wokół posesji prywatnych, zwłaszcza na wsi.

W ostatnich dziesięciu latach obserwuje się dynamiczny wzrost zainteresowania zakładaniem różnorodnych trawników nie tylko w miastach, ale i na wsiach. Zwraca się uwagę na ich

estetykę, podkreśla znaczenie zdrowotne i inne walory użytkowe. W zależności od funkcji, jaką mają pełnić, powstają trawniki ozdobne, dywanowe, przydomowe, parkowe, łąkowe, sportowe (pola golfowe, boiska do piłki nożnej oraz tenisowe i hokejowe), na parkingach itp. Często na podstawie nazwy nie można określić jednoznacznie różnic w zakładaniu, eksploatacji i pielęgnacji tych trawników. Funkcja dekoracyjno-użytkowa trawników często jest łączona z rekultywacją i przywracaniem życia biologicznego różnego rodzaju nieużytkom, a także z funkcją ochronną czy fitosanitarną (Wysoczek i in. 1983, Wysocki 1994, Dąbrowska 1985, Rutkowska i Hempel 1986, Harkot i Czarnecki 1999b, Harkot i in. 1999, Patrzalek 1999, 2000, Pawłuskiewicz i Gutkowska 1999).

Prace hodowlane i ocena odmian traw

Rozwój różnych dyscyplin sportowych oraz coraz większe wymagania stawiane sportowym nawierzchniom trawiastym, a także rekreacyjnym przeznaczonym do uprawiania różnych gier i zabaw, spowodowały konieczność właściwego doboru roślin do ich obsiewu. Zaobserwowano, że spośród wielu gatunków roślin trawy wyróżniają się wieloma cechami decydującymi o przydatności do zadarniania, m.in.:

- niewielkimi wymaganiami glebowymi,
- zdolnością dostosowywania się do zmiennych warunków siedliskowych,
- długim okresem wegetacji,

- zróżnicowaniem biologicznym (rozwój, wczesność),
- rozmnażaniem wegetatywnym (rozlogi),
- intensywnym krzewieniem się i tworzeniem licznych nowych pędów wegetatywnych po każdej defoliacji,
- dużą masą korzeniową,
- zwartą, wyrównaną darnią,
- odpornością na deptanie i bardzo niskim koszeniem (strzyżeniem),
- dobrym wykorzystywaniem nawozów,
- trwałością.

Frey (2000) podkreśla jeszcze jedno, chyba największe, adaptacyjne osiągnięcie traw, a mianowicie odwrócenie „filozofii wzrostu” – zamiast rosnąć wierzchołkowo, trawy przyrastają od dołu: „Ten ewolucyjno-adaptacyjny trik pozwala trawom wyjść cało z sytuacji, która jest katastrofą dla większości innych roślin”.

Zwrócono uwagę na bogactwo gatunków i form oraz na ogromne zróżnicowanie cech morfologicznych i biologicznych w obrębie gatunku. Zmienność tę wykorzystywano następnie w hodowli odmian traw. Zapoczątkowaniem hodowli odmian trawnikowych były „dzikie pastwiska”, na których wytworzyły się formy gatunków traw dostosowane do deptania i intensywnego użytkowania. Hodowcy wyselekcjonowali z nich formy przydatne na różnego rodzaju trawniki i wykorzystali do produkcji nasion, a następnie do klasycznej hodowli odmian.

Pierwsze odmiany traw, bardzo cenne na tereny rekreacyjne i sportowe wyhodowano w Anglii. Odmiany te nie nadawały się jednak na tereny Europy Centralnej, ze względu na odmienne

warunki klimatyczne. W Polsce pierwsze prace nad hodowlą odmian traw przeznaczonych na trawniki zapoczątkował w 1924 roku Czesław Danielewicz. Zwrócił on uwagę na konieczność eliminowania form obficie wykształcających pędy generatywne, gdyż z reguły ta cecha jest ujemnie skorelowana ze zwartością darni. W związku z mniejszą wydajnością nasion hodowlanych odmian traw trawnikowych ich cena była wyższa od ceny nasion gatunków traw spotykanych na rynku. Spowodowało to trudności w ich zbycie, bowiem ze strony nabywców brak było zrozumienia i przekonania o większej wartości wyhodowanych odmian.

Zaniechane przez Danielewicza prace hodowlane podjął w latach 30. Karol Jansz (1955), który zgromadził wiele form kilkunastu gatunków traw zbieranych w parkach, na wieloletnich naturalnych pastwiskach, ugorach, a także „dzikich boiskach”. Jako najbardziej przydatne na różne rodzaje trawników do dalszej hodowli pozostawił, po selekcji negatywnej, tylko formy następujących gatunków traw: kostrzewy czerwonej, kostrzewy owczej, kostrzewy różnolistnej, wiechliny łąkowej, wiechliny zwyczajnej, wiechliny rocznej, mietlicy pospolitej, mietlicy białawej oraz życicy trwałej. W czasie wojny kolekcja ta uległa zniszczeniu.

Po wojnie, w końcu lat 40., Karol Jansz ponownie podjął się zgromadzenia form gatunków traw, które jeszcze przed wojną wytypował do hodowli odmian trawnikowych. W 1952 roku w Instytucie Gospodarki Komunalnej w Warszawie, staraniem Zofii Brzywczy-Kunińskiej, powstała Samodzielna Pracownia Zieleni Miejskiej. Kierow-

nikami tej Pracowni została Brzywczy-Kunińska, która włączyła się do współpracy z Janszem i przyczyniła się do wzbogacenia kolekcji traw o nowe formy. Ogółem zgromadzono ponad 300 form wyżej wymienionych gatunków traw.

W 1958 roku, w wyniku współpracy Pracowni Zieleni Miejskiej z Katedrą Uprawy Łąk i Pastwisk SGGW, ocenę zgromadzonych na kolekcji form powierzono Barbarze Rutkowskiej (Brzywczy-Kunińska i Rutkowska 1964a). Po licznych selekcjach negatywnych wybrano do dalszych wegetatywnych rozmnożeń formy wyróżniające się cechami, którymi powinny charakteryzować się odmiany trawnikowe. Wyselekcjonowane formy przekazano do Stacji Hodowli Roślin w Nieznaniarach, podległej Zjednoczeniu Hodowli Roślin i Nasiennictwa. Stacja ta została wytypowana przez Państwową Komisję Oceny Odmian przy Ministrze Rolnictwa, Sekcję Traw Pastewnych i Roślin Motylkowatych do prowadzenia prac hodowlanych. Realizację hodowli odmian traw gazonowych powierzono Jerzemu Radwańskiemu. W późniejszym okresie do prac hodowlanych włączył się Czesław Nowicki.

W wyniku rozmnożeń generatywnych uzyskano taką ilość nasion, która pozwoliła na założenie doświadczeń polowych. Doświadczenia założono w latach 1961–1962 w 5 regionach Polski zróżnicowanych pod względem warunków siedliskowych; w parkach miejskich w Oliwie (klimat nadmorski), Chorzowie (pyły fabryczne i kopalniane) i Warszawie (suchy region kraju), w Stacji Hodowli Roślin Nieznanice koło Częstochowy (duże wahania tem-

peratury, mała ilość opadów) oraz w Rolniczym Rejonowym Zakładzie Doświadczalnym Siejnik w pobliżu Suwałk (krótki okres wegetacji, częste przymrozki majowe). Do badań tych dla porównania włączono odmiany traw stosowane na pastwiska, ze względu na opinie, że można je wykorzystywać do zakładania trawników (Brzywczy-Kunińska 1970, Rutkowska 1965a,b, 1969c, 1979a,b, Rutkowska i Brzywczy-Kunińska 1969a,b; Rutkowska i in. 1973).

Wyniki badań wykazały zdecydowaną przewagę wyselekcjonowanych form nad odmianami pastwiskowymi, zarówno pod względem powolnego tempa odrastania, jak i intensywności krzewienia. Fakt ten był argumentem dla kontynuowania prac hodowlanych, których efektem było wpisanie w 1966 roku do „Rejestru odmian oryginalnych” pierwszych sześciu trawnikowych odmian: Alicja (wiechlina łąkowa), Igeka (mietlica pospolita), Leo (kostrzewa czerwona), Sima (kostrzewa owcza), Sawa (kostrzewa różnolistna), Więclawicki (życica trwała). Autorami tych odmian byli: Zofia Brzywczy-Kunińska, Barbara Rutkowska i Jerzy Radwański. O dużej wartości wyhodowanych wówczas odmian świadczy to, że pięć z nich do tej pory znajduje się na „Liście odmian roślin rolniczych” (2001). Poza tym niektóre z nich znalazły się w zagranicznych wykazach odmian i były eksportowane.

Ze względu na mniejszą wydajność nasion odmian trawnikowych w porównaniu z odmianami pastewnymi, w wyniku ścisłej współpracy Zjednoczenia Hodowli Roślin i Nasiennictwa oraz Państwowego Przedsiębiorstwa

Zjednoczenia Nasiennictwa, podjęto decyzję o podniesieniu cen nasion odmian trawnikowych. Plantacje nasion znajdowały się głównie na terenie byłego województwa krakowskiego. Nadzór nad nimi sprawował Jan Lipiński. Wówczas nasiona z tych plantacji prawie pokrywały zapotrzebowanie zarządców zieleni miejskiej i klubów sportowych (Radwański i Charmańska 1966).

Do 1985 roku w Rejestrze odmian wpisanych było tylko 7 odmian traw gazonowych, bowiem oprócz 6 odmian zarejestrowanych w 1966 roku, do Rejestru wpisano w 1978 roku odmianę *Espro* kostrzewy owczej. W połowie lat 80. bardzo aktywnie włączył się do prac hodowlanych Sławomir Prończuk. Zwrócił on uwagę na małą aktywność polskiej hodowli w obrębie traw na cele specjalne, w tym na boiska i trawniki. Okres końca lat 80. był korzystny dla hodowców traw. O ich osiągnięciach w latach 1986–1990 świadczy wpisanie do Rejestru 6 nowych odmian traw. Łącznie do 1990 roku polska hodowla wykreowała 13 odmian trawnikowych (Lista odmian roślin rolniczych 1990). Ilościowo, w stosunku do niektórych krajów o rozwiniętej gospodarce rynkowej, nie było to dużo, jednak w naszych warunkach i w tej części Europy było to niewątpliwie osiągnięcie.

Nasilenie rejestracji odmian traw gazonowych przypada na ostatnie dziesięciolecie. Obecnie połowę zarejestrowanych odmian traw stanowią odmiany trawnikowe. Charakteryzują się one dobrą wartością użytkową i mogą konkurować z zagranicznymi. Dużym sukcesem polskiej hodowli jest zarejestrowana w 1991 roku odmiana *Nimba* kostrzewy czerwonej. Wartością użytkową dorów-

nuje, a pod względem niektórych cech przewyższa najlepsze odmiany europejskie. Nie mamy nadal dobrych polskich odmian kostrzewy czerwonej rozłogowej. Niepokojącymi oznakami regresu w hodowli traw są mniej liczne w ostatnich latach zgłoszenia nowych polskich odmian do badań COBORU. Rośnie natomiast w zawrotnym tempie liczba zagranicznych odmian (głównie duńskich, holenderskich, niemieckich i brytyjskich) nie tylko w doświadczeniach wstępnych, ale także dużo odmian zostało zarejestrowanych. „Lista odmian roślin rolniczych” z 2001 roku obejmuje 88 odmian traw gazonowych, w tym 60 odmian zagranicznych (19 – kostrzewy czerwonej, 11 – kostrzewy owczej, 14 – życicy trwałej, 8 – wiechliny łąkowej, 3 – mietlice pospolitej, 1 – mietlice rozłogowej i 4 – kostrzewy trzcinowej). Trudną sytuację w polskiej hodowli traw potęguje brak następców starszej, doświadczonej kadry (Przydatek 1996, 2000).

Badania naukowe

Równoległe z pracami hodowlanymi prowadzono badania naukowe nad poprawą zadarnienia istniejących trawników oraz jakością nowo zakładanych. W latach 1952–1968 badania te prowadziła Samodzielna Pracownia Zieleni Miejskiej. Były one realizowane w następujących tematach:

1. Zasady nawożenia i częstotści koszenia trawników. Doświadczenia związane z tym tematem zakładano w parkach, ogródkach jordanowskich oraz na terenach rekreacyjnych i sportowych. Stwierdzono, że przyczyną złego stanu trawników

było niewłaściwe ich nawożenie (nieodpowiedni stosunek N : P : K, zbyt małe dawki, przypadkowe terminy) oraz zbyt rzadkie (2–3-krotne) i nierówne koszenie. Zalecono wówczas nawożenie azotem; 3–4-krotne w ciągu okresu wegetacji w dawkach po około $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na trawniki miejskie, a około $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na trawniki rekreacyjne i sportowe oraz przynajmniej 4–5-krotne koszenie w okresie wegetacji na wysokość 2,5 cm (trawniki sportowe) i 3,5 (trawniki miejskie) (Nazaruk 1965, Brzywczy-Kunińska i Rutkowska 1964c, 1970; Rutkowska 1979c).

2. Ocena jakości trawników zasiewanych jednym gatunkiem i handlowymi mieszankami. Badania wykazały, że mieszanki są bardziej odporne na niekorzystne warunki siedliskowe od siewów jednogatunkowych. Jednocześnie wykazano, że siewy jednogatunkowe są bardziej efektowne (jednorodna barwa, równomierne odrastanie), lecz szybciej ulegają zachwaszczeniu. Stwierdzono niewłaściwy dobór gatunków do mieszanek znajdujących się w handlu (Centralach Nasiennych). Niektóre mieszanki zawierały dużo życicy wielokwiatowej (około 30%), a nawet trawy wysokie, które są zupełnie nieprzydatne do zasiewu trawników. Przyczyną stosowania tak dużych ilości życicy wielokwiatowej do mieszanek trawnikowych było to, że Zarząd Zieleni Miejskiej odbierał trawniki w pierwszym roku po zasiewie. Życica wielokwiatowa ze względu na szybki rozwój i wzrost

zapewniała zadowalający wygląd trawnika w pierwszych dwóch latach, ale ze względu na krótkotrwałość oraz wrażliwość na warunki pogodowe trawniki były nie trwałe i wymagały ponownego zasiewu. Badania wskazały na konieczność wykluczenia z mieszanek życicy wielokwiatowej i zastąpienie jej zwiększoną ilością w mieszance nasion również szybko rozwijającą się życicą trwałą. Wyniki badań potwierdziły ponadto słuszność stosowania w mieszankach trawnikowych takich gatunków, jak: kostrzewa czerwona, wiechlina łąkowa i życica trwała (Brzywczy-Kunińska i Rutkowska 1968, Rutkowska 1965b,c, 1968b).

3. Określenie norm wysiewu. Zastrzeżenia budziła rozrzutność w ilości wysiewanych nasion (ponad $300\text{--}400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Często, zwłaszcza przy zakładaniu boisk sportowych, gleba była niemal zakryta nasionami. Fakt ten podnosił koszty zakładania trawników. W związku z tym w IGK założono doświadczenia dotyczące norm wysiewu. Wyniki wykazały, że normy wysiewu nasion na trawniki miejskie należy obniżyć do ok. $150\text{--}200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (w zależności od składu gatunkowego mieszanek, jak również przygotowania i rodzaju gleby), a do $250\text{--}300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na boiska sportowe. Oczywiście podane normy dotyczyły nasion o normalnej wartości użytkowej (odpowiedniej zdolności kiełkowania i czystości) (Brzywczy-Kunińska 1964b, Rutkowska 1965c).

Samodzielna Pracownia Zieleni Miejskiej w licznych doświadczeniach oceniała ponadto:

- wpływ częstości koszenia na rozwój traw i zadarnienie powierzchni w roku siewu (Brzywczy-Kunińska i Rutkowska 1964c),
- dobór gatunków traw do mieszanek na trawniki „ozdobne” i użytkowe; w badaniach wysiewano nasiona uzyskiwane z lokalnych plantacji nasiennych Zarządów Zieleni Miejskiej (Częstochowa, Warszawa) oraz odmian traw pastwiskowych (Rutkowska 1965bc, 1967, 1968a,b, 1970, Nasierowska 1968).
- wpływ częstości koszenia trawników (3, 6 i 12 razy) na głębokość zasięgu korzeni oraz ich masę; stwierdzono, że częste koszenie nie tylko powoduje spłycenie głębokości zasięgu korzeni (do około 10 cm), ale także zmniejsza ich masę, co w następstwie wpływa ujemnie na żywotność i zadarnienie trawników; tym niekorzystnym zjawiskiem można przeciwdziałać, stosując w odpowiednich dawkach nawożenie azotem oraz zraszanie i aerację (Brzywczy-Kunińska i Rutkowska 1964c, Rutkowska 1979c).

W latach 1969–1972 (do śmierci Brzywczy-Kunińskiej i rozwiązania Pracowni), po zarejestrowaniu pierwszych odmian traw trawnikowych, badania Pracowni dotyczyły następujących zagadnień:

1. Charakterystyka morfologiczno-biologiczna krajowych odmian traw trawnikowych zastosowanych w kilku mieszankach. Dla porównania wysiano także kilka mieszanek odmian zagranicznych (NRD –

wg dr. K.D. Ganderta, ZSRR – wg A. Gołowacza, NRF – z Weihenstephan) (Brzywczy-Kunińska i Rutkowska 1969b, Rutkowska 1970, 1971).

2. Dobór odmian traw trawnikowych do mieszanek na różne rodzaje trawników. Badania prowadzono na trawnikach przyulicznych w Warszawie, Lublinie i Łodzi, w parkach w Oliwie i Częstochowie oraz w warszawskich Łazienkach (Brzywczy-Kunińska i Rutkowska 1964a, Rutkowska 1971, Rutkowska 1979a,b).

W 1972 roku Antoni Hempel zorganizował Ośrodek Badawczo-Usługowy Nawierzchni Trawiastych (OBUNT) przy klubie sportowym w Gdańsku, a następnie jego filie przy klubach sportowych w Warszawie i w Katowicach. Z inicjatywy Hempela i pod jego kierunkiem rozpoczęto badania, które przede wszystkim dotyczyły trawników sportowych (Rutkowska 1980, Rutkowska i Hempel 1981). Do ważniejszych tematów należały:

- wpływ napowietrzania (areacja) i pionowego cięcia darni (wertekulacja) na rozwój masy korzeniowej traw i zadarnienie trawników,
- możliwości eksploatacji trawników sportowych w okresie zimy (pokrywa śnieżna, mulczowanie itp.),
- skład i grubość warstwy nośnej stosowanej do zakładania trawników sportowych i rekreacyjnych o różnej intensywności eksploatacji oraz do produkcji darni,
- sposoby przygotowania warstwy nośnej w zależności od przeznaczenia trawnika,

- stosowanie różnego rodzaju siatek metalowych lub z polietylenu (o różnej średnicy oczek) i umieszczanie ich na różnej głębokości; wyniki tych badań były szczególnie przydatne przy zakładaniu trawników na skarpach, trawników sportowych intensywnie eksploatowanych oraz użytkowanych w 1–2 roku po zasiewie,
- ocena krajowych i zagranicznych mieszanek odmian gatunków traw przeznaczonych do obsiewu terenów sportowych (badania prowadzono w kilku klubach sportowych, m.in. w Warszawie, Katowicach, Poznaniu, Gdańsku),
- przyczyny powstawania „filcu” na trawnikach i metody jego usuwania,
- szybkość rozkładu (mineralizacji) ściętych liści traw,
- wrażliwość blaszek liściowych gatunków i odmian traw na ustawienie i ostrość aparatu tnącego kosiarzek,
- wykorzystanie zabarwienia oraz struktury liści gatunków i odmian traw przy zakładaniu trawników dywanowych.

Bardzo dużo doświadczeń realizowano na płytach boisk sportowych. Celem tych badań była ocena przydatności gatunków i odmian traw do zadarniania boisk w zależności od intensywności i rodzaju eksploatacji, stosowanych zabiegów pielęgnacyjnych, dawek i terminów nawożenia mineralnego. Wyniki badań i obserwacji były systematycznie przekazywane i wykorzystywane w praktyce. Natomiast uwagi i zapytania czy też wątpliwości „odbiorców” uwzględniano w podejmowanych czy też już realizowanych

badaniach. Na podkreślenie zasługuje wnikliwa ocena odmian traw i ich przydatności do zakładania zarówno trawników ozdobnych, jak i użytkowych, sportowych. W ocenie odmian nie ograniczano się do cech przyjętych w instrukcjach (wymaganych). Uwzględniano pozornie subtelne różnice między odmianami, ale jakże istotne. Należały do nich:

- ustawienie blaszek liściowych w stosunku do podłoża (cecha ważna na trawnikach dywanowych i sportowych),
- terminy i obfitość pojawienia się wydłużonych pędów (potencjalnych pędów generatywnych) przyczyniających się do mało wyrównanej wysokości powierzchni trawnika, osłabienia krzewienia,
- rozmieszczenie i ilość masy korzeniowej w warstwie nośnej w zależności od częstości koszenia i intensywności udeptywania (dobrze wykształcony system korzeniowy korzystnie wpływa na trwałość i elastyczność trawnika – cechy szczególnie ważne na trawnikach rekreacyjnych i sportowych),
- długość pochew liściowych u kostrzewy czerwonej (długie pochwy liściowe nadają trawnikowi mało efektowny wygląd oraz powodują wolny odrost po skoszeniu),
- odporność blaszek liściowych na „ścieranie”, rozgniatanie – ocena ilości tkanki mechanicznej (cecha istotna na boiskach do piłki nożnej),
- elastyczność i miękkość darni oceniane na podstawie szybkości i zasięgu toczenia się piłki nożnej (stosowano specjalne urządzenia),

- wysokość odbijania się piłki nożnej od darni (urządzenie do oceny tej cechy skonstruowano w Ośrodku Dydaktyczno-Produkcyjnym Nawierzchni Trawiastych w Katowicach).

Poza tym wyniki badań i obserwacji prowadzone przez Samodzielną Pracownię Zieleni Miejskiej, a zwłaszcza przez Ośrodek Badawczo-Usługowy Nawierzchni Trawiastych przyczyniły się do pogłębienia wiedzy z zakresu morfologii i biologii traw. Wzrost i rozwój traw obserwowano w warunkach siedliskowych jakże odmiennych od warunków polowych, a zwłaszcza łąkowych. Stosowane niskie koszenie (strzyżenie), deptanie, częsta eksploatacja znacznie różniły się od użytkowania traw na łąkach czy pastwiskach.

Znaczący wkład do metodyki oceny odmian traw przydatnych na trawniki i zakładania doświadczeń wniosła Barbara Rutkowska (Katedra Uprawy Łąk i Pastwisk SGGW), która już w latach 60.. w trzech instrukcjach dotyczących zasad oceny odmian traw (Rutkowska 1961, 1969a,b), podkreślała konieczność zwrócenia uwagi na tworzenie odmian:

- o szybkim rozwoju już w roku siewu,
- wolno odrastających, lecz intensywnie krzewiących się,
- gwarantujących dużą zwartość runi,
- tolerujących częste, niskie koszenie, udeptywanie i ścieranie,
- tolerujących niesprzyjające warunki pogodowe (odpornych na mróz, suszę),
- wykazujących duże zdolności regeneracyjne po mechanicznych uszkodzeniach (rozerwaniu darni),
- odpornych na choroby,

- długim okresie wegetacji, a nawet zimozielonych.

W ostatnich latach ten system oceny odmian traw gazonowych został zmodyfikowany przez Domańskiego (COBORU) (Domański 1987, 1989a,b, 1992, 1996a, 1997a, 1998b) i Prończuka (IHAR) (Prończuk 1991, 1993, Prończuk i in. 1997). System ten obowiązuje aktualnie.

Na podstawie znanych hodowcom kryteriów badania i oceny istnieje możliwość skuteczniejszej selekcji i dostosowania nowych odmian do określonych sposobów użytkowania. Jednakże racjonalne wykorzystanie hodowlanych odmian traw gazonowych do zadarniania różnych trawników jest ściśle związane z uwzględnieniem ich cech morfologicznych i biologicznych, a także wymagań siedliskowych, intensywności użytkowania i sposobów pielęgnacji. Ponadto czynniki przyrodnicze: temperatura i wilgotność powietrza oraz gleby, a także dostępne składniki pokarmowe równocześnie oddziałują na rozwój i wzrost roślin od najwcześniejszych faz rozwojowych. Kompleksowe oddziaływanie czynników przyrodniczych i antropogenicznych sprawia, że tolerancja roślin w odniesieniu do każdego z nich zmienia się pod wpływem innych czynników środowiskowych, np. dostatek azotu w glebie osłabia negatywne skutki suszy. Granice tolerancji roślin na te czynniki zawęża ponadto ich współzawodnictwo w zbiorowisku. Pod wpływem zmieniających się oddziaływań czynników siedliskowych oraz działalności człowieka skład gatunkowy runi trawników rekreacyjnych i sportowych, zwłaszcza intensywnie użytkowanych, zmienia się

dynamicznie, nie zawsze w kierunku pożądanym przez użytkownika. Poznanie reakcji traw na te czynniki jest warunkiem właściwego doboru gatunków i odmian do mieszanek na różne rodzaje trawników (Prończuk i Żurek 1994, Domański 1995, 1997b,c,d,e, 1998a, Domański i Mikulski 1996, Prończuk 1997, 1998, Pawluśkiewicz 2000, Prończuk i Prończuk 2000).

W latach 90., oprócz doświadczeń prowadzonych w COBORU i IHAR, badania nad oceną wartości użytkowej odmian i mieszanek trawnikowych podjęły Katedry Łąkarstwa Akademii Rolniczej w Lublinie (Harkot i Warda 1994, Harkot i Czarnecki 1997, 1998a,b, 1999a, 2000, Harkot i Lipińska 1998; Lipińska i Harkot 2000), w Poznaniu (Goliński i Xi 2000) i we Wrocławiu, a także Katedra Ochrony Środowiska SGGW w Warszawie (Wysocki 1994, Wysocki i Stawicka 2000, Wysocki i in. 1983) oraz Zakład Łąkarstwa Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie (Grabowski i in. 1995, 1999a,b). Bezpośrednim powodem podjęcia tych badań było zarówno pojawienie się na polskim rynku licznych zagranicznych mieszanek traw gazonowych (holenderskie, duńskie, angielskie) oraz polskich mieszanek firmowanych przez nowo powstałe nieznane spółki z o.o., jak i brak informacji o wartości użytkowej tych mieszanek, a także wątpliwości dotyczące przydatności na nasze trawniki mieszanek zagranicznych (ze znacznym udziałem odmian życia trwałej). W prowadzonych doświadczeniach oceniano równomierność wschodów, szybkość zwarcia darni, w dalszych zaś latach tempo odrastania po koszeniach, zadarnienie,

stabilność barwy, reakcje na niekorzystne warunki siedliskowe (susza, nadmiar opadów, wysoka temperatura itp.) oraz intensywność użytkowania. Zwrócono także uwagę na choroby traw na trawnikach (Prończuk i Prończuk 1987, 1994, Prończuk M. 1995, 1996, 1997, 1998, Prończuk i in. 1984, 1988, Prończuk i Zagdańska 1993).

Badania prowadzone w wymienionych jednostkach wykazały, podobnie jak przeprowadzane wcześniej, że podstawowym warunkiem uzyskania zwartej zadarnienia powierzchni, zarówno w roku siewu, jak i w dalszych latach, są równomierne wschody. Decydujący wpływ na równomierność wschodów i szybkie zwarcie darni wywiera jakość materiału siewnego (zdolność kiełkowania, czystość i zdrowotność nasion), norma wysiewu nasion, głębokość i sposób siewu, zabiegi pielęgnacyjne (głównie przykaszanie) oraz nawadnianie i nawożenie (Prończuk 1994, Małuszyńska i Prończuk 1994, Harkot i in. 2000, Żyłka i Prończuk 2000). W dalszych latach wzrost i rozwój traw uzależniony jest przede wszystkim od sposobu i intensywności użytkowania, wielkości dawek i rodzaju nawożenia oraz terminów ich stosowania, a także nawadniania. Badania potwierdziły konieczność prowadzenia oceny wartości użytkowej odmian i mieszanek traw gazonowych w różnych warunkach siedliskowych oraz wykazały, że zarówno wśród mieszanek polskich, jak i zagranicznych są mieszanki zasługujące na polecenie do zasiewania różnego rodzaju trawników, ale też są mieszanki niewłaściwie skomponowane, o złej wartości użytkowej nasion niektórych komponentów

i te mieszanki nie powinny znaleźć się w handlu. Ponadto zastrzeżenia budzi uproszczona technika komponowania mieszanek, w której nie uwzględnia się obsady roślin. Dystrybutorzy mieszanek w ich komponowaniu nie biorą pod uwagę różnic między gatunkami w masie 1000 nasion.

W poszczególnych ośrodkach naukowych metodyka prowadzenia doświadczeń z trawami gazonowymi była różna. Próby skoordynowania tych badań podjął się Prończuk, organizując w lipcu 1997 roku w IHAR spotkanie robocze osób zajmujących się tą grupą roślin. W spotkaniu uczestniczyło 17 osób. Kolejne spotkanie tego zespołu zorganizowała Rutkowska w grudniu 1997 roku w Katedrze Łąkarstwa SGGW. Tematem tego spotkania było omówienie sposobu zakładania doświadczeń z trawami gazonowymi i metodyka badań. Niestety nowy sposób finansowania badań przez Komitet Badań Naukowych nie pozwalał na prowadzenie takich samych badań w kilku uczelniach. Próby oceny wartości użytkowej odmian i mieszanek traw gazonowych jednocześnie w różnych regionach Polski (w różnych warunkach siedliskowych) nie powiodły się.

Działalność organizacyjna

Staraniem Karola Jansza i Zofii Brzywczy-Kunińskiej w 1952 roku powstała Samodzielna Pracownia Zieleni Miejskiej przy Instytucie Gospodarki Komunalnej (IGK) podległym Ministerstwu Gospodarki Komunalnej. Pracownia początkowo ściśle współpracowała z kilkunastoma Miejskimi Przedsiębiorstwami Robót Ogrodni-

czych, np. w Częstochowie (mgr Alicja Górską – jej imieniem nazwano pierwszą polską odmianę wiechliny łąkowej) oraz Zarządami Zieleni Miejskiej. Następnie w 1958 roku nawiązała kontakt z uczelniami rolniczymi, zwłaszcza z SGGW – Katedrą Uprawy Łąk i Pastwisk (mgr Barbara Rutkowska). Tematyka badań Pracowni koncentrowała się głównie na projektowaniu i zakładaniu różnego rodzaju trawników, przede wszystkim ozdobnych i rekreacyjnych (Brzywczy-Kunińska 1960). Brzywczy-Kunińska rozpoczęła współpracę z Ministerstwem Rolnictwa, Departamentem Produkcji Roślinnej, Wydziałem Hodowli Roślin i Nasiennictwa (mgr I. Bruszewski) oraz ze Zjednoczeniem Hodowli Roślin i Nasiennictwa (mgr Zofia Przedpelska), a także z wytypowaną przez Departament Stację Hodowli Roślin w Nieznanicach, jako wiodącą i realizującą hodowlę odmian traw gazonowych (mgr Jerzy Radwański).

Zakres działalności Zakładu rozwijał się i jego ranga szybko wzrastała (Prace Instytutu Gospodarki Komunalnej, 1956). O fakcie tym świadczy włączenie w 1960 roku do prac Państwowej Komisji Oceny Odmian przy Ministrze Rolnictwa Sekcji Traw Pastewnych i Roślin Motylkowatych, traw przeznaczonych na trawniki ozdobne i użytkowe (ten kierunek reprezentowała Barbara Rutkowska). Możliwe to było dzięki przychylności ówczesnego przewodniczącego Sekcji prof. Henryka Kerna, prof. Jana Grzymały i pozostałych członków. Ze względu na powstanie COBORU Sekcja ta od 1975 roku znalazła się w Radzie Naukowej tej Instytucji. Poza tym problematykę

trawników (w szerokim zakresie) od 1963 roku uwzględniono w Radzie Naukowej IGK – Sekcji Zieleni Komunalnej (przewodniczący prof. A. Zielonko).

Po śmierci Brzywczy-Kunińskiej (1971 r.) zabrakło osoby o tak ogromnym autorytecie, pracowitości i zaangażowaniu. Sekcja Zieleni Miejskiej Rady Naukowej IGK przestała działać. Następnie zlikwidowano IGK oraz ZHRiN. Przerwa w realizacji badań i wdrażaniu wyników przez Miejskie Przedsiębiorstwa Robót Ogrodniczych spowodowana była, m.in. reorganizacjami w tych przedsiębiorstwach. Ożywiła się natomiast ogromnie działalność i zrozumienie konieczności podejmowania hodowli odmian przeznaczonych do zakładania różnych trawników. Nastąpiło to dzięki IHAR i COBORU, a zwłaszcza zaangażowaniu w tą działalność i dużej aktywności Sławomira Prończuka oraz Piotra Domańskiego.

W 1972 roku z niezwykłą energią, wyczuciem i entuzjazmem rozpoczął działalność inż. Antoni Hempel, były działacz sportowy, prezes wielu klubów sportowych. Jego zainteresowania i badania dotyczyły przede wszystkim terenów sportowych, zwłaszcza boisk do piłki nożnej, a w późniejszych latach terenów golfowych, w mniejszym zaś stopniu terenów rekreacyjnych. Z inicjatywy Hempla powstał w Gdańsku pierwszy w kraju Ośrodek Badawczo-Usługowy Nawierzchni Trawiastych. Później filie tego Ośrodka zostały utworzone przy kilku klubach sportowych (m.in. przy stadionie KS Legia w Warszawie) oraz przy AWF w Katowicach pod nazwą Ośrodek Dydaktyczno-

-Produkcyjny. Ich zadaniem było zakładanie i konserwacja boisk sportowych. Ze swej działalności Ośrodek był znany nie tylko w kraju, ale również za granicą (ZSRR, Szwajcaria, Czechosłowacja). Inż. A. Hempel współpracował z Głównym Komitetem Kultury Fizycznej oraz z AWF i z SGGW (B. Rutkowska), a w okresie późniejszym także z COBORU (P. Domański) i IHAR (S. Prończuk). Z wieloma klubami sportowymi Ośrodek prowadził szeroką działalność z zakresu doradztwa i konsultacji.

Obecnie brak jest jednostki, która koordynowałaby prace związane z zakładaniem i utrzymywaniem różnego rodzaju trawiastych nawierzchni. Działalność tę prowadzą niekiedy osoby, które nie posiadają podstawowej wiedzy nie tylko z zakresu morfologii i biologii traw, ale i ich wymagań siedliskowych.

Działalność popularyzatorska

Wyniki badań realizowane w Samodzielnej Pracowni Zieleni Miejskiej IGK przedstawiono w kilkunastu pracach opublikowanych w czasopismach naukowych (*Zeszyty Naukowe IGK*, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*) i naukowo-technicznych (*Przeglądy Informacyjne IGK*, *Ogrodnictwo*, *Hodowla Roślin i Nasiennictwo*). Opracowano trzy instrukcje:

1. Doświadczenia z oceną odmian traw przydatnych do zadarniania terenów specjalnych (B. Rutkowska). Min. Rolnictwa, Departament Produkcji Roślinnej i Ochrony Roślin, 1961.

2. Metody oceny odmian traw trawnikowych (B. Rutkowska). Państwowa Komisja Oceny Odmian przy Ministrze Rolnictwa, 1969.
3. Metody prowadzenia doświadczeń i obserwacji nad mieszkankami odmian traw i nowymi formami IGK, pod kątem ich przydatności na różne rodzaje trawników (Z. Brzywczy-Kunińska, B. Rutkowska). Sam. Prac. Zieleni Miejskiej IGK, 1969.

Pracownia wspólnie z SITO (Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Ogrodnictwa) NOT zorganizowała w 1964 roku seminarium na temat „Hodowla i ocena odmian traw przeznaczonych na różne rodzaje trawników” oraz dwie konferencje naukowo-techniczne (Warszawa 1966 i 1969 r.). Treścią ich było: zakładanie trawników i zabiegi pielęgnacyjne, dobór gatunków, a w późniejszych latach – odmian traw do mieszanek zalecanych na trawniki ozdobne i użytkowe (rekreacyjne).

Ośrodek Badawczo-Uslugowy Nawierzchni Trawiastych (OBUNT), a następnie Ośrodek Dydaktyczno-Produkcyjny Nawierzchni Trawiastych (ODPNT) w Katowicach wspólnie z GKKFiS i NOT z inicjatywy i staraniem inż. Hempła zorganizowały trzy konferencje naukowo-techniczne, których treścią było: zakładanie i budowa nawierzchni trawiastych na obiektach sportowych, ich eksploatacja (głównie boiska do piłki nożnej i pola golfowe), dobór gatunków i odmian traw oraz różne zestawy mieszanek na trawniki sportowe, ich ocena, pielęgnowanie trawników (Warszawa 1977, Gdańsk 1980, Katowice-Chorzów 1982 – międzynarodowa z udziałem CRS, ZSRR,

NRD) oraz dwa seminaria szkoleniowe na temat zastosowania traw gazonowych (Katowice 1989 i 1991 r.).

OBUNT przy współpracy z GKK-FiS i NOT pod kierunkiem Hempła prowadził przez kolejne trzy lata trzydniowe szkolenia przeznaczone dla przedstawicieli klubów sportowych, kierowników ds. techniki oraz konserwatorów boisk do piłki nożnej. W szkoleniach tych uczestniczyło łącznie ponad 150 osób (głównie pracownicy Parku Kultury i Wypoczynku w Chorzowie, Parku Kultury w Łodzi, Ośrodka Sportowego w Cetniewie). Opracowano poradnik „Dobór gatunków i odmian traw do mieszanek trawnikowych, eksploatacja i kompleksowa pielęgnacja trawników sportowych” (Rutkowska i Hempel 1981). OBUNT (a następnie ODPNT) udzielał ponadto konsultacji, sprawował nadzór nad zakładaniem terenów sportowych i rekreacyjnych, zajmował się produkcją darni dla potrzeb Zieleni Miejskiej.

Dużą stratą jest brak opracowań wyników badań realizowanych przez OBUNT i przedstawienia ich w publikacjach naukowych. Często natomiast ukazywały się artykuły popularne, przede wszystkim w gazetach i czasopiśmie sportowych.

Wyniki badań, obserwacji, współpraca Samodzielnej Pracowni Zieleni Miejskiej i OBUNT z Zarządami Zieleni Miejskiej, Miejskimi Przedsiębiorstwami Robót Ogrodniczych, Klubami Sportowymi itp., a także udział w konferencjach międzynarodowych pozwoliły na opracowanie czterech książek na temat trawników wydanych przez PWRiL w dość dużych odstępach czasowych (Brzywczy-Kunińska 1960, Brzywczy-

-Kunińska i Rutkowska, 1969c, Rutkowska i Hempel 1986, Rutkowska i Pawluśkiewicz 1996). Pozwoliło to na uwzględnienie aktualnych osiągnięć zarówno krajowych, jak i zagranicznych z zakresu zakładania i pielęgnacji różnego rodzaju trawników.

W latach 90., z inicjatywy Sławomira Prończuka, do działalności związanej z upowszechnianiem wiedzy z zakresu waloryzacji odmian traw gazonowych, zakładania, użytkowania i pielęgnacji trawników, a także zapobiegania chorobom traw oraz sposobom ich zwalczania dołączyła Pracownia Traw Zakładu Metodyki Hodowli (obecnie Zakład Roślin Motylkowatych i Traw) IHAR, organizując trzy seminaria szkoleniowe.

W ostatnich latach, oprócz licznych artykułów w różnych czasopismach, zostały wydane dwa poradniki dla użytkownika trawników oraz firm zakładających i pielęgnujących tereny zieleni (Gajda i Hempel 1997, Domański, 1996b) oraz dwie zagraniczne pozycje książkowe (Hessayon 1997, Ondřej i in. 1997). Należy jednak stwierdzić, że polskie tłumaczenia tych pozycji nie są najlepsze.

Podsumowanie

Osiągnięcia w hodowli (IHAR – Sławomir Prończuk) i ocenie odmian traw (COBORU – Piotr Domański) oraz ich przydatności do mieszanek przeznaczonych na trawniki ozdobne i użytkowe (wyniki badań Katedr Łąkarstwa Akademii Rolniczych) są ogromne. Niestety nie zawsze wyniki tych osiągnięć są wykorzystywane w prak-

tyce. Zgłaszają się pseudo doradcy, nieuczciwi dystrybutorzy, których wiedza z zakresu znajomości gatunków i odmian traw budzi duże zastrzeżenia. Wróciła do „łask” życica wielokwiatowa, kupkówka pospolita i inne gatunki traw wysokich oraz zupełnie nieprzydatne gatunki roślin motylkowatych. Jak temu zaradzić? To jest wyzwanie nie tylko dla osób prowadzących prace hodowlane oraz ocenę biologicznych właściwości gatunków i odmian traw gazonowych, w celu określenia ich przydatności do zadarniania różnych nawierzchni trawiastych, ale także dla osób zaangażowanych w działalność organizacyjną i popularyzatorską z zakresu zakładania trawników.

Literatura

- BRZYWCZY-KUŃSKA Z. 1960: Trawniki. Zakładanie i utrzymanie. IGK Dział Informacji Naukowej, Warszawa.
- BRZYWCZY-KUŃSKA Z. 1970: Główne kierunki prac hodowlanych nad trawami na trawniki miejskie. *Przegląd Inf. IGK* 2: 20–26.
- BRZYWCZY-KUŃSKA Z., RUTKOWSKA B. 1964a: Wstępne badania podstawowych gatunków traw i ich ekotypów odpowiednich na tereny zielone. *Zesz. Nauk. IGK*, 8: 50–79.
- BRZYWCZY-KUŃSKA Z., RUTKOWSKA B. 1964b: Wyniki obserwacji nad gęstością wysiewu nasion traw gazonowych. *Zesz. Nauk. IGK*, 8: 80–90.
- BRZYWCZY-KUŃSKA Z., RUTKOWSKA B. 1964c: Wpływ częstotliwości koszenia na rozwój i zadarnienie traw w pierwszym roku po wysiewie. *Zesz. Nauk. IGK*, 8: 91–100.
- BRZYWCZY-KUŃSKA Z., RUTKOWSKA B. 1968: Wyniki doświadczeń nad mieszanekami z krajowych odmian traw na trawniki. *Ogrodnictwo* 9: 280–282.
- BRZYWCZY-KUŃSKA Z., RUTKOWSKA B. 1969a: Metody prowadzenia doświadczeń i obserwacji nad mieszanekami traw z odmianami i ekotypami pod kątem przydat-

- ności na trawniki miejskie. I.GK Samodzielna Pracownia Zieleni Miejskiej. Instrukcja.
- BRZYWCZY-KUŃSKA Z., RUTKOWSKA B. 1969b: Trawniki. PWRiL, Warszawa.
- BRZYWCZY-KUŃSKA Z., RUTKOWSKA B. 1970: Zasady stosowania nawozów mineralnych na trawniki miejskie. *Przegląd Inf. I.GK* 2: 5–19.
- DĄBROWSKA L. 1985: Zmiany składu florystycznego trawników Plant Krakowskich w zależności od terminu wysiewu mieszanki. *Zesz. Nauk. AR, Rolnictwo, Kraków* 25: 29–39.
- DOMAŃSKI P. 1987: System badań oraz kryteria i metody oceny wartości gospodarczej odmian traw pastewnych w Polsce. *Wiad. Odm.* 2–3 (22): 1–61.
- DOMAŃSKI P. 1989a: Metodyka doświadczeń odmianowych z trawami gazonowymi. COBORU, Słupia Wielka.
- DOMAŃSKI P. 1989b: Postęp w hodowli traw na świecie i w Polsce. *Wiad. Odm.* 2 (32): 1–13.
- DOMAŃSKI P. 1992: System badań i oceny odmian traw gazonowych w Polsce. *Biul. IHAR* 183: 251–263.
- DOMAŃSKI P. 1995: Trawy darniowe: kostrzewa czerwona, kostrzewa owcza, mietlica pospolita, wiechlina łąkowa, życica trwała. Synteza wyników doświadczeń odmianowych. COBORU, Słupia Wielka. Seria 1991, z. 1058: 1–18.
- DOMAŃSKI P. 1996a: Metodyka badania wartości gospodarczej odmian (WGO) traw darniowych (gazonowych). Instrukcja COBORU, Słupia Wielka.
- DOMAŃSKI P. 1996b: Poradnik dla użytkownika trawników oraz firm zakładających i pielęgnacyjnych tereny zieleni „Barenbrug” Sp. z o.o.
- DOMAŃSKI P. 1997a: Koncepcja nowoczesnej oceny odmian traw w Polsce. *Biul. Oceny Odmian*, z. 28, COBORU w Słupi Wielkiej: 29–35.
- DOMAŃSKI P. 1997b: Mieszanki trawnikowe. *Ogrodnictwo*, V–VI: 27–30.
- DOMAŃSKI P. 1997c: Trawy darniowe: kostrzewa owcza, mietlica pospolita, życica trwała. Synteza wyników doświadczeń odmianowych. COBORU, Słupia Wielka. Seria 1992, z. 1101: 1–17.
- DOMAŃSKI P. 1997d: Trawy darniowe. Synteza wyników doświadczeń odmianowych. COBORU, Słupia Wielka. Seria 1993, z. 1116: 1–17.
- DOMAŃSKI P. 1997e: Tereny trawiaste – zainteresowanie społeczne, stan wiedzy i perspektywy. Konferencja Naukowa „Sztuka ogrodów w krajobrazie miasta”. Wrocław, 20–22 VI.
- DOMAŃSKI P. 1998a: Trawy darniowe: kostrzewa czerwona, wiechlina łąkowa, życica trwała. Synteza wyników doświadczeń odmianowych. COBORU, Słupia Wielka. Seria 1994, z. 1136, 1–21.
- DOMAŃSKI P. 1998b: Metodyka badania wartości gospodarczej odmian roślin uprawnych. Trawy darniowe: kostrzewa czerwona, tymotka łąkowa, wiechlina łąkowa, życica trwała. COBORU, Słupia Wielka, 1–35.
- DOMAŃSKI P., MIKULSKI W. 1996: Strategia w nasiennictwie traw. *Biul. IHAR* 199: 23–28.
- FREY L. 2000: Trawy niewyciężone. *Łąkarstwo w Polsce* 3: 9–20.
- GAJDA M., HEMPEL A. 1997: Trawniki. Plantpress, Kraków.
- GOLIŃSKI P., XI Q. 2000: Evaluation of turf quality of some selected cultivars of *Festuca rubra* in sowing year set against varying soil humidity. *Łąkarstwo w Polsce (Grassland Science in Poland)* 3: 43–50.
- GRABOWSKI K., GRZEGORCZYK S., BENEDYCKI S. 1995: Wstępne badania nad przydatnością krajowych traw gazonowych do obsiewu trawników. Mater. Międzyn. Konf. Olsztyn, 26–27 maja.
- GRABOWSKI K., GRZEGORCZYK S., BENEDYCKI S., KWIETNIEWSKI H. 1999a: Ocena wartości użytkowej wybranych gatunków i odmian traw gazonowych do obsiewu nawierzchni trawiastych. *Fol. Univ. Agric. Stetin. 197 Agricultura* (75): 81–88.
- GRABOWSKI K., GRZEGORCZYK S., BENEDYCKI S., KWIETNIEWSKI H. 1999b: Przydatność gatunków i odmian traw gazonowych do obsiewu trawników rekreacyjnych. *Fol. Univ. Agric. Stetin. 197 Agricultura* (75): 89–92.
- HARKOT W., CZARNECKI Z. 1997: Wpływ sposobu przygotowania podłoża na szybkość wschodów roślin polskich odmian traw gazonowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 451: 263–269.
- HARKOT W., CZARNECKI Z. 1998a: Establishment of Polish cultivars of lawn grasses

- on soil with a degraded topsoil layer. *Grassland Science in Europe* 3: 551–554.
- HARKOT W., CZARNECKI Z. 1998b: Dynamika wydłużania systemu korzeniowego siewek polskich odmian traw gazonowych na glebie o zniszczonej i ulepszonej wierzchniej warstwie. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska* s. E., v. LIII: 177–184.
- HARKOT W., CZARNECKI Z. 1999a: Przydatność polskich odmian traw gazonowych do zadarniania powierzchni w trudnych warunkach glebowych. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 197 *Agricultura* (75): 117–120.
- HARKOT W., CZARNECKI Z. 1999b: Grasses in the lawns of Lublin (Poland) within areas contaminated by road traffic. *Fragm. Flor. Geobot. Suppl.* 7: 149–154.
- HARKOT W., CZARNECKI Z. 2000: Intensywność odrastania polskich odmian traw na glebie mineralnej o zniszczonej mechanicznie wierzchniej warstwie. *Łąkarstwo w Polsce (Grassland Science in Poland)* 3: 59–64.
- HARKOT W., LIPIŃSKA H. 1998: Fitotoksyny martwych korzeni *Poa pratensis* jako czynnik hamujący kiełkowanie nasion wsiewanych traw. *Łąkarstwo w Polsce (Grassland Science in Poland)*, 1, 159–164.
- HARKOT W., WARDA M. 1994: Competition between grasses during early growth. Proceedings of the 15th General Meeting of the European Grassland Federation. Wageningen, Netherlands, June 6–9.
- HARKOT W., WYLUPEK T., KRUKOWSKA A. 1999: Zróżnicowanie socjologiczne przyulicznych trawników Zamościa. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna nt. „Rola użytków zielonych i zadrzewień w ochronie środowiska rolniczego”. Kraków-Jaworki, 21–22 X.
- HARKOT W., CZARNECKI Z., ALEXEEVA D.I., VELIKANOV L.P. 2000: Próba oceny jakości nasion traw gazonowych za pomocą rentgenografii. *Łąkarstwo w Polsce* 3: 9–20.
- HESSAYON D.G. 1997: Trawniki. Muza SA, Warszawa.
- HOOGVELT F. 1996: Styl twojego ogrodu. GEMINIS, Warszawa.
- JANSZ K. 1956: Trawniki w miastach. Z prac nad doбором i hodowlą traw odpowiednich dla miejskich terenów zielonych. *Prace IGK* rok II, 3: 3–13.
- LIPIŃSKA H., HARKOT W. 2000: Allelopatyczne oddziaływania liści *Poa pratensis* L. na początkowy wzrost i rozwój *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds. i *Phleum pratense* L. *Łąkarstwo w Polsce (Grassland Science in Poland)* 3: 95–104.
- Lista odmian roślin rolniczych. 1990, 2001. COBORU, Słupia Wielka.
- NAZARUK M. 1965: Ważniejsze nawozy mineralne i ich zastosowanie na trawniki. *Przegląd Inf. IGK* 2: 24–32.
- NASIEROWSKA R. 1968: Wyniki badań nad mieszkankami traw prowadzonymi w IGK. *Przegląd Inf. IGH* 2: 26–31.
- MAŁUSZYŃSKA E., PROŃCZUK S. 1994: Czystość nasion mieszanek traw gazonowych. *Genet. Pol.* 35A: 349–352.
- ONDŘEJ J., OPATRŃÁ M., ROB P. 1997: Trawniki i trawy ozdobne. Elipsa, Warszawa.
- PATRZĄŁEK A. 1999: Wzrost i rozwój *Festuca rubra* L. – odmiana Nimba w siedlisku trudnym. *Łąkarstwo w Polsce* 2: 101–111.
- PATRZĄŁEK A. 2000: Gatunki i odmiany traw dla celów specjalnych i ich użytkowanie. *Łąkarstwo w Polsce* 3: 105–118.
- PAWLUŚKIEWICZ A. 2000: Kiełkowanie i początkowy rozwój traw gazonowych w warunkach zasolenia i alkalizacji podłoża. *Łąkarstwo w Polsce* 3: 119–128.
- PAWLUŚKIEWICZ B., GUTKOWSKA A. 1999: Reakcja traw gazonowych na zasolenie gleby. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna nt. „Rola użytków zielonych i zadrzewień w ochronie środowiska rolniczego”. Kraków-Jaworki, 21–22 X.
- PROŃCZUK J. 1968: Perspektywiczne kierunki badania traw dla zieleni miejskiej. *Przegląd Inf. IGK* 2: 12–18.
- PROŃCZUK M. 1995: Kompendium wiedzy o chorobach traw i ich zapobieganiu na trawnikach. IHAR, Radzików.
- PROŃCZUK M. 1996: Główne choroby traw gazonowych w Polsce. *Biul. IHAR* 199: 157–169.
- PROŃCZUK M. 1997: Kompendium wiedzy o chorobach traw i ich zapobieganiu na trawnikach. IHAR, Radzików.
- PROŃCZUK M. 1998: Choroby traw i ich zapobieganie na trawniku. *Konf. Nauk. nt. „Miasto-ogród sto lat rozwoju idei”*. VII Targi Zieleni Miejskiej i Ogrodnictwa. Wrocław. 18–20 VI.
- PROŃCZUK M., PROŃCZUK S. 1987: Przydatność „metody chłodniowej” w ocenie odporności życicy trwałej na *Fusarium nivale* (Fr) Ces. *Biul. IHAR* 162: 27–32.

- PROŃCZUK M., PROŃCZUK S. 1994: Wstępna ocena odporności traw gazonowych na choroby w Polsce. *Genet. Pol.* 35A: 341–348.
- PROŃCZUK M., PROŃCZUK S., GÓRAL S. 1984: Wpływ chorób fusaryjnych na trwałość *Lolium perenne* L. *Biul. IHAR*, 155: 187–191.
- PROŃCZUK M., PROŃCZUK S., SCHOLENBERGER M. 1988: Wpływ chorób grzybowych i bakteryjnych na trwałość życicy trwałej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 366: 149–154.
- PROŃCZUK M., ZAGDAŃSKA B. 1993: Effect of *Microdochium nivale* and Low Temperature on Winter Survival of Perennial Ryegrass. *J. Phytopathology* 138: 1–8.
- PROŃCZUK S. 1991: Trawniki. system bonitacyjny. IHAR, Radzików.
- PROŃCZUK S. 1993: System oceny traw gazonowych. *Biuletyn IHAR* 186: 127–132.
- PROŃCZUK S. 1993: Stan hodowli i nasiennictwa traw gazonowych w Polsce. *Genet. Pol.* 35A: 329–339.
- PROŃCZUK S. 1994: Stan hodowli i nasiennictwa traw gazonowych w Polsce. *Genet. Pol.* 35A: 329–339.
- PROŃCZUK S. 1997: Comparicon of aesthetic aspects of turfgrasses in sun and shade conditions at Radzików. *Proceedings of the 20th Meeting of Eucarpia, Fodder Crops and Amenity Grass Section, Radzików*.
- PROŃCZUK S. 1998: Typy i rodzaje trawników – zakładanie i użytkowanie. *Konf. Nauk. nt.: „Miasto-ogród sto lat rozwoju idei”*. VII Targi Zieleni Miejskiej i Ogródnictwa. Wrocław, 18–20 VI.
- PROŃCZUK S., PROŃCZUK M. 2000: Nasiennictwo traw dla rekultywacji terenów trudnych. *Ląkarstwo w Polsce* 3: 129–139.
- PROŃCZUK S., PROŃCZUK M., ŻYŁKA D. 1997: Metody syntetycznej oceny wartości trawnikowej traw gazonowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 451: 125–134.
- PROŃCZUK S., ŻUREK G. 1994: Efektywność wstępnej selekcji ekotypów z kolekcji *Festuca rubra* (sensu lato) do celów gazonowych. *Biul. IHAR* 190: 109–118.
- PRZYDATEK T. 1996: Stan i zamierzenia hodowli oraz nasiennictwa traw gazonowych w Nieznanicach. *Biul. IHAR* 199: 41–47.
- PRZYDATEK T. 2000: Aktualna sytuacja w hodowli i nasiennictwie traw gazonowych w Polsce. *Ląkarstwo w Polsce* 3: 205–209.
- RADWAŃSKI J. 1968: Organizacja prac hodowlanych nad trawami gazonowymi. *Przegląd Inf. IGK* 2: 31–35.
- RADWAŃSKI J., CHARMAŃSKA W. 1966: Uprawa odmian traw gazonowych na nasiona. *Przegląd Inf. IGK* 2: 21–37.
- RUTKOWSKA B. 1961a: Wstępne obserwacje nad wiechliną roczną (*Poa annua* L.). *Dział Inf. Naukowej IGK* 1: 159–164.
- RUTKOWSKA B. 1961b: Doświadczenia z oceną odmian traw przydatnych do zadarniania terenów specjalnych. *Min. Rolnictwa. Departament Produkcji Roślinnej i Ochrony Roślin. Instrukcja*.
- RUTKOWSKA B. 1965a: Gatunki traw i ich ekotypy przydatne na trawniki miejskie. *Przegląd Inf. IGK* 1: 6–23.
- RUTKOWSKA B. 1965b: Dobór gatunków traw do mieszanek na trawniki miejskie. *Przegląd Inf. IGK* 1: 32–38.
- RUTKOWSKA B. 1965c: Zasady i sposoby obliczania mieszanek gatunków i odmian traw do obsiewu trawników i terenów sportowych. *Przegląd Inf. IGK* 2: 5–17.
- RUTKOWSKA B. 1968a: Krajowe odmiany traw dla terenów zieleni miejskiej. *Ogródnictwo* 9: 280–282.
- RUTKOWSKA B. 1968b: Ocena gatunków i odmian traw stosowanych na trawniki w siewach czystych i w mieszanekach. *Przegląd Inf. IGK* 2: 18–26.
- RUTKOWSKA B. 1969a: Metody oceny odmian traw trawnikowych. Państwowa Komisja Oceny Odmian przy Ministerstwie Rolnictwa. Instrukcja.
- RUTKOWSKA B. 1969b: Doświadczenia z odmianami traw przydatnych do zadarniania terenów specjalnych. Ministerstwo Rolnictwa. Zespół Roślin Pastewnych i Traw PKOO. Instrukcja.
- RUTKOWSKA B. 1969c: Wyniki doświadczeń z odmianami traw gazonowych. Opracowanie wieloletnie za lata 1961–1965. Synteza. PWRiL, Warszawa.
- RUTKOWSKA B. 1970: Problemy hodowli traw dla celów zieleni miejskiej. *Ogródnictwo* 5: 146–147.
- RUTKOWSKA B. 1971: Gatunki traw gazonowych i kierunki ich hodowli dla warunków Polski. *Hodowla Roślin i Nasiennictwo* 2 (29).
- RUTKOWSKA B. 1979a: Niektóre zagadnienia hodowli traw dla potrzeb zieleni miejskiej.

- Materiały z ogólnopolskiego seminarium PAN, Zakład Genetyki Roślin w Poznaniu.
- RUTKOWSKA B. 1979b: Współczesne kierunki hodowli traw dla potrzeb zieleni miejskiej. Materiały z ogólnopolskiej konferencji NOT-SITO, Warszawa.
- RUTKOWSKA B. 1979c: Zasady nawożenia nawierzchni trawiastych. Materiały z ogólnopolskiej konferencji NOT-SITO, Warszawa.
- RUTKOWSKA B. 1980: Wyniki badań krajowych i zagranicznych z zakresu doboru gatunków i odmian traw do budowy nawierzchni trawiastych na obiektach sportowych. Materiały z konferencji naukowo-technicznej, GKKE – Polsport, Gdańsk.
- RUTKOWSKA B., BRZYWCZY-KUŃSKA Z. 1969a: Badania odmian i ekotypów gatunków traw przydatnych dla potrzeb miejskich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 90: 67–71.
- RUTKOWSKA B., BRZYWCZY-KUŃSKA Z. 1969b: Kolekcja gatunków i ekotypów traw przydatnych do zadarniania terenów specjalnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 90: 55–58.
- RUTKOWSKA B., BRZYWCZY-KUŃSKA Z. 1970: Zasady stosowania nawozów mineralnych na trawniki miejskie. *Przegląd Inf. IGK* 2: 5–19.
- RUTKOWSKA B., HEMPEL A. 1981: Dobór gatunków i odmian traw, eksploatacja i kompleksowa pielęgnacja trawników sportowych. Poradnik. GKKE, Warszawa.
- RUTKOWSKA B., HEMPEL A. 1986: Trawniki. PWRiL, Warszawa.
- RUTKOWSKA B., LUCZYCKA M., KARASINSKA A. 1973: Wyniki obserwacji nad przydatnością odmian traw gazonowych i pastwiskowych w różnych zestawach mieszanek na trawniki dla rejonu nadmorskiego. *Biul. Inf. IGK* 1: 70–80.
- RUTKOWSKA B., PAWLUŚKIEWICZ M. 1996: Trawniki. Poradnik zakładania i pielęgnowania. PWRiL, Warszawa.
- WYSOCKI C. 1994: Studia nad funkcjonowaniem trawników na obszarach zurbanizowanych (na przykładzie Warszawy). *Rozprawy Naukowe i Monografie* 196: 1–96.
- WYSOCKI C., STAWICKA J. 2000: Ocena zmian florystycznych runi trawników miejskich. *Łąkarstwo w Polsce* 3: 169–176.
- WYSOCKI C., ZIMNY H., KORZENIEWSKA E. 1983: Sanitary function of lawns (Stopping the dust by lawns). *Pol. Ecol. Stud.* 9 (1–2): 193–206.
- ŻYŁKA D., PRONCZUK S. 2000: Współzależność pomiędzy masą tysiąca nasion a wybranymi cechami morfologicznymi i biologicznymi form gazonowych *Poa pratensis* L. *Łąkarstwo w Polsce* 3: 193–198.

Summary

Research, organisational and popularisation activities on the area of recreation and sports lawn establishment and management. Breeding work started already in the thirties, but the first six species of lawn grasses were entered into the Register of Cultivars as late as 1966. Dynamic development of the breeding work and species evaluation based on the instructions worked out, started in the eighties (Plant Breeding and Acclimatization Institute, Research Centre for Cultivar Testing). In recent years, there is a growing regress in the breeding of the Polish grass species manifested by less numerous applications for the testing of the Polish species submitted to the Research Centre for Cultivar Testing. In the present report, attention was drawn to an alarming increase in the number of foreign species (mainly of Danish, Dutch, German, and British origin) both subjected to the preliminary research work and already registered. A difficult situation of the Polish grass breeding was stressed. The lack of successors of the experienced group of researchers from the older generation makes this situation even worse. Research work relating to the biological evaluation of lawn grass species and cultivars and their sod-forming ability on the grass surfaces, especially on the sports and recreation grounds was reviewed. Organisational units founded at the Institute of Communal Economy, Plant Breeding and Acclimatization Institute, sports clubs of the academies of physical education, and in the recent years, also at the departments of grassland of agricultural universities, allowed for underta-

king a broad range of observations and studies on the establishment of various lawns. Initially, (1950–1960), the studies concentrated on the recreational and decorative lawns. Then (since the seventies), thanks to the co-operation with sports clubs, also sports lawns became subjects of research. The study and observation results, practical experience of the research personnel from the institutions mentioned above, were shared with the participants of various conferences and meetings organised mainly with the assistance of the Chief Technical Organisation (NOT), all kinds of seminars and trainings and scientific and scientific-popular publications, and propagation materials. Deep involvement of a number of people in the organisational and popularisa-

tion activities in the area of lawn establishment was presented.

Authors' addresses:

Barbara Rutkowska
Warsaw Agricultural University
Department of Agronomy
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa
Poland

Wanda Harkot
Agricultural University of Lublin
Department of Grassland
ul. Akademicka 15
20-950 Lublin
Poland

Czesław WYSOCKI

Katedra Ochrony Środowiska, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu SGGW
Department of Environmental Protection, Faculty of Horticulture and Landscape Architecture
WAU

Przyrodniczo-techniczne uwarunkowania w opracowaniach projektowych trawników sportowych

Natural and technical conditioning in project of turf sports

Wprowadzenie

W latach 70. ubiegłego stulecia wydawało się, że wymagające znacznego nakładu pracy trawniki sportowe będą zastępowane przez znacznie trwalsze, o mniejszych potrzebach w zakresie pielęgnacji, nawierzchniach sztucznych, np. tartanopodobnych (Werminghausen 1971). Po pewnym czasie okazało się, że nawierzchnie te, głównie ze względów na możliwość odniesienia przez zawodników kontuzji, nie mogą zastąpić runi trawników.

Do otrzymania jednolitej, zwartej, o żywozielonej barwie trawników sportowych niezbędne jest przedstawienie w formie projektowej sposobu ich wykonania, z wykorzystaniem zarówno przesłanek przyrodniczych, jak i technicznych. Niniejszy artykuł ma charakter przeglądowy i powstał na podstawie wieloletnich doświadczeń autora związanych z wykonaniem szeregu projektów w zakresie zakładania i pielęgnacji trawników sportowych. Celem jego jest przedstawienie czynników

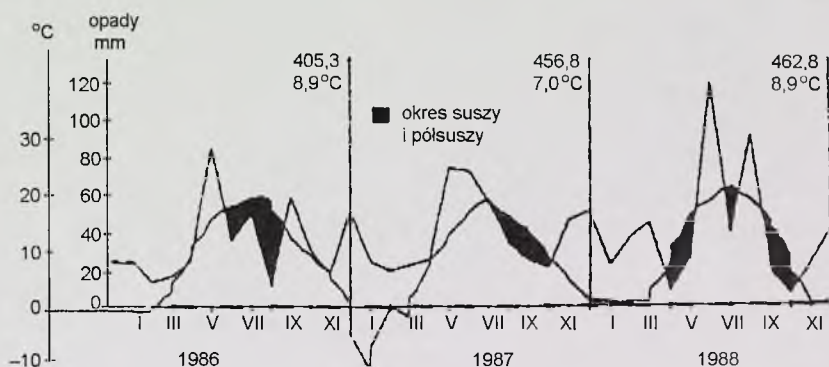
warunkujących kształtowanie trawników sportowych, a końcowym efektem tych analiz jest projekt ich zakładania, pielęgnacji i wykorzystania.

Przyrodnicze podstawy w projektowaniu trawników sportowych

Czynnikami decydującymi o jakości trawników sportowych są przede wszystkim (Skirde 1978, DIN 18035, Hope 1983, Rutkowska i Hempel 1986, Skirde i in. 1995):

- podłoże,
- dobór gatunków roślin,
- zabiegi pielęgnacyjne,
- intensywność użytkowania.

W projektowaniu trawników sportowych powinno się dodatkowo uwzględnić warunki klimatyczne danego obszaru, tj. ilość i rozkład opadów atmosferycznych oraz temperaturę powietrza w okresie wegetacji. Przy wy-



RYSUNEK 1. Diagram klimatyczny dla Warszawy za lata 1986–1988
FIGURE 1. Climate diagram in Warsaw in 1986–1988 years

korzystaniu diagramu klimatycznego opracowanego dla wielolecia (rys. 1) można określić w sposób syntetyczny okresy suszy i półsuszy w czasie wegetacji (Walter 1983). Otrzymane z tego diagramu informacje pozwolą na zaproponowanie bardziej optymalnej gospodarki wodą.

Najważniejszym elementem, który wywiera największy wpływ na stan trawników sportowych i możliwość użytkowania ich prawie w każdych warunkach pogodowych, jest podłoże. Dlatego też istotne jest określenie typu i rodzaju gleby wraz z jej właściwościami fizykochemicznymi. Ponadto, ważną informacją wpływającą na decyzje projektowe w zakresie kształtowania nawierzchni sportowych jest również znajomość poziomu wody gruntowej. Stąd też, przed rozpoczęciem prac należy w sposób jednoznaczny określić poziom wody gruntowej, jak również ocenić skład granulometryczny i przepuszczalność tzw. podglebia (warstwa gleby od 21 do 50 cm). W przypadku wierzchniej warstwy gleby (od 0 do 20 cm), w zależności od jej różnorodności

ocenionej wizualnie, pobieramy kilka-naście prób glebowych z powierzchni reprezentatywnych. Próby te należy poddać analizom składu granulometrycznego jak również podstawowych właściwości chemicznych, takich jak: azot przyswajalny ($N-NO_3$), potas (K), fosfor (P), magnez (Mg), wapń, oraz odczynu glebowego. Ponadto powinno określić się przepuszczalność gleby oraz zawartość w niej substancji organicznej.

Podstawowe technologie przygotowania podłoża trawników sportowych

Technologie zakładania trawników sportowych zależą w głównej mierze od warunków klimatycznych i glebowych danego obszaru. W Polsce brak jest określonych norm, które pozwoliłyby w sposób obiektywny tworzyć podstawę urządzania trawiastych boisk. Takie normy zostały opracowane w Niemczech w latach 70. (DIN 18035). Ze względu na zbliżone warunki klima-

tyczne Polski i Niemiec mogą one być wykorzystane w warunkach Polski.

O wyborze określonej technologii zakładania trawników sportowych decydują wyniki analiz składu granulometrycznego, przepuszczalności podglebia oraz poziomu wody gruntowej.

W przypadku wyższego poziomu wód gruntowych niż 120 cm należy zastosować drenowanie niezależnie od wyników w zakresie uziarnienia warstwy podglebia. Taką decyzję podejmujemy również w sytuacji, kiedy:

- poziom wody gruntowej jest niższy od 120 cm,
- przepuszczalność podglebia jest mniejsza niż 107 cm/godz,
- udział części spławialnych ($< 0,02$ mm) jest większy niż 2%.

Technologia zakładania trawników sportowych w powyższych warunkach musi uwzględniać całkowitą wymianę podłoża do głębokości 40 cm.

Z punktu widzenia wymagań roślinności trawniastej najbardziej istotną warstwą gleby jest jej wierzchnia warstwa (0–20 cm). W warstwie tej występuje prawie w pełni masa korzeniowa, która jak wiadomo odpowiada za prawidłowy wzrost i rozwój roślin. Warstwa wierzchnia podłoża powinna charakteryzować się przede wszystkim:

- przewagą frakcji piasku,
- przepuszczalnością > 5 cm/godz,
- udziałem części spławialnych

($< 0,02$ mm) mniejszym niż 8%,

- odczynem gleby o pH od 5,5 do 6,5,
- zawartości substancji organicznej do 4%

W przypadku kiedy warstwa podglebia cechuje się zbyt dużym udziałem części spławialnych ($< 0,02$ mm) i niskim współczynnikiem przepuszczalności gleby, konieczne jest wykonanie drenowania. Natomiast jeśli w tej warstwie przeważają frakcje piasku, a grunt rodzimy jest przepuszczalny, drenowania nie stosujemy. W związku z powyższym, przy zakładaniu trawników sportowych stosuje się dwie technologie (DIN 18035, Rutkowska i Hempel 1986, Hope 1983):

- na terenie o podglebiu przepuszczalnym (rys. 2),
- na terenie o podglebiu nieprzepuszczalnym (rys. 3).

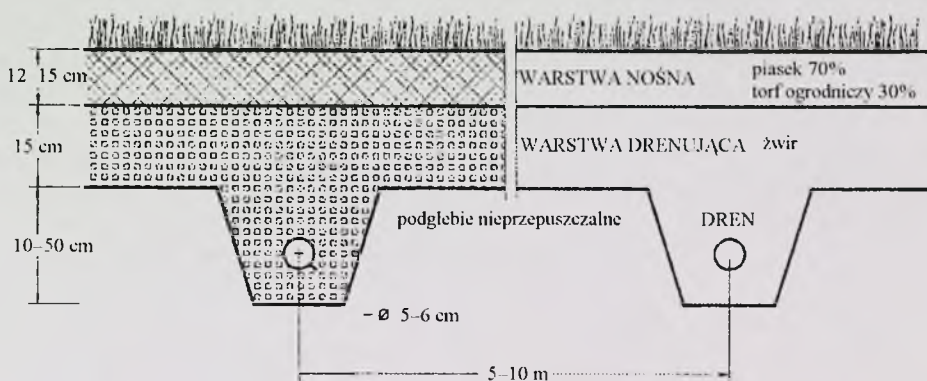
Przy zakładaniu trawników na obszarach o podglebiu przepuszczalnym należy zwrócić uwagę na budowę warstwy wierzchniej, zwanej często warstwą nośną. Warstwa ta ma zapewnić roślinności trawiastej najlepsze warunki wzrostu i rozwoju. Dlatego też, oprócz odpowiedniej porowatości i przepuszczalności, powinna charakteryzować się określoną zasobnością w podstawowe składniki pokarmowe, jak również wykazywać właściwy odczyn glebowy.

Najlepszymi materiałami do budowy warstwy nośnej, spełniającymi po-



RYSunEK 2. Przekrój trawnika sportowego na podglebiu przepuszczalnym (DIN 18035, Skirde 1978)

FIGURE 2. Section of turf sports with the permeable subsoil (DIN 18035, Skirde 1978)



RYSUNEK 3. Przekrój trawnika sportowego na podglebiu nieprzepuszczalnym (DIN 18035, Skirde 1978)

FIGURE 3. Section of turf sports with the impermeable subsoil (DIN 18035, Skirde 1978)

wyższe wymogi, są piasek oraz torf ogrodniczy, lub ziemia kompostowa bądź glina, w stosunku objętościowym z wyraźną przewagą piasku (np. 70% piasku i 30% torfu ogrodniczego).

Odmienne wygląda technologia zakładania tego rodzaju trawników na terenach o podglebiu o małej przepuszczalności podłoża. Zasadniczym elementem tej technologii jest zastosowanie drenowania. Do odwodnienia wykorzystuje się system rurek drenarskich o średnicy 5–6 cm, układanych na głębokości od 40 do 80 cm, ze spadkiem większym niż 0,5% (Skirde 1987). Zastosowanie zbyt małego spadku rurek drenarskich powoduje powolny odpływ wody, co w konsekwencji może być przyczyną ich zatykania się. Odległość między drenami powinna wynosić w zależności od przepuszczalności rodzimego podłoża od 5 do 10 m. Należy w tym miejscu nadmienić, że stosowanie zbyt dużych odstępów między drenami może wpłynąć niekorzystnie na jednorodność zabarwienia runi trawiastej.

Stąd też zaleca się układać rurki drenarskie gęściej niż za rzadko.

Po ułożeniu sieci drenarskiej następnym etapem jest wykonanie tzw. warstwy drenującej o grubości 15 cm. Warstwa drenująca ma za zadanie, szczególnie przy gwałtownych opadach atmosferycznych, szybkie oprowadzenie nadmiaru wód do sieci drenarskiej. Podstawowymi materiałami służącymi do wykonania tej warstwy jest żwir o średnicy od 1 do 20 mm oraz frakcja kamieni od 20 do 50 mm.

Na tak przygotowane podłoże stosuje się warstwę wierzchnią złożoną z takich samych materiałów, jak w przypadku budowy nawierzchni trawiastych na terenach o przepuszczalnym podłożu, tj. z piasku z torfem ogrodniczym bądź ziemią kompostową lub gliną w stosunku objętościowym 70% : 30%.

W obu wyżej wymienionych technologiach zakładania trawników uwzględnić należy odpowiednie nawożenie mineralne. Przyjmuje się (Skirde i in. 1995), że do wierzchniej warstwy

powinno się stosować następujące nawożenie mineralne:

- nawożenie azotowe (N): 300–400 kg/ha,
- nawożenie fosforowe (P_2O_5): 300–400 kg/ha,
- nawożenie potasowe (K_2O): 300–500 kg/ha.

Dobór gatunków roślin

Następnym ważnym problemem przy zakładaniu sportowych nawierzchni trawiastych jest zastosowanie odpowiedniego doboru gatunków i odmian traw. Warto w tym miejscu stwierdzić, że nie ma takiego gatunku traw, który spełniałby wszystkie wymagania stawiane tego typu trawnikom. Gatunki i odmiany te powinny cechować się przede wszystkim możliwością tworzenia zwartej darni, odpornością na intensywne użytkowanie (deptanie), zdolnością krzewienia, długowiecznością czy też małą podatnością na choroby i szkodniki. Dlatego do obsiewu stosuje się mieszkankę złożoną z kilku gatunków roślin uzupełniających się pod względem wyżej wymienionych cech.

W warunkach pogodowych Polski najbardziej przydatnymi gatunkami do zakładania trawników o charakterze sportowym są w kolejności przede wszystkim: życica trwała (*Lolium perenne*), wiechlina łąkowa (*Poa pratensis*), kostrzewa czerwona (*Festuca rubra*) i mietlica pospolita (*Agrostis capillaris* syn. *A. tenuis*). W Polsce mamy wiele interesujących odmian wyżej wymienionych gatunków, które nie ustępują tym odmianom (Rutkowska i Harkot 2002). W ostatnim czasie

wzrosła znacznie ranga życicy trwałej, głównie ze względu na wyhodowanie wielu odmian odpornych nie tylko na intensywne użytkowanie, ale także na warunki pogodowe Polski, tj. znaczne spadki temperatury w okresie zimy oraz wysoką temperaturę i niedobory opadów latem (Wysocki 1979, Canaway 1981, Kilmartin 1994, Prończuk 1994).

Pielęgnacja trawników

W opracowaniach projektowych należy również przedstawić wyczerpujący zestaw zabiegów pielęgnacyjnych niezbędnych do utrzymania wysokiej jakości trawiastych nawierzchni sportowych. Do nich zaliczamy koszenie, nawożenie, nawadnianie, napowietrzanie (aeracja), piaskowanie, wałowanie i zwalczanie roślin niepożądanych występujących w runi trawnika.

Koszenie jest najważniejszym zabiegiem, dzięki któremu może wykształcić się zwarta ruń. Zabieg ten pobudza roślinność do intensywnego krzewienia oraz sprawia, że osiąga się idealnie równą płaszczyznę trawnika, co nie jest bez znaczenia dla jego estetycznego wyglądu oraz także jednolitych warunków odbijania, toczenia i prowadzenia piłki.

Częstotliwość koszenia jest uzależniona przede wszystkim od wysokości runi trawiastej (tab. 1), tempo zaś odrastania traw po skoszeniu zależy od wielu czynników, między innymi gatunku, odmiany, poziomu nawożenia, warunków pogodowych. Ze względu na naturalną rytmikę wzrostu i rozwoju roślinności trawiastej częstotliwość koszenia jest największa w maju i czerwcu (okres najwyższej dynamiki

TABELA 1. Wysokość koszenia trawnika w zależności od rodzaju terenów sportowych (Skirde 1978, Shildrick 1990)

TABLE 1. Height of cut grasses in dependence on type of sports turf (Skirde 1978, Shildrick 1990)

Rodzaj trawnika Type of sports turf	Wysokość koszenia [mm] Height of cut
Pola golfowe (tzw. pole dołkowe – greens) Golf fields – greens	4–7
Korty tenisowe Tennis fields	13–15
Boiska do gry w hokeja na trawie Hockey fields	20–30
Boiska do piłki nożnej Soccer fields	25–35

produkcji biomasy). Przyjmuje się, że wysokiej jakości trawniki na boiskach do hokeja i piłki nożnej, przy założeniu prowadzenia na optymalnym poziomie innych zabiegów pielęgnacyjnych, powinny być koszone nawet 2 razy w tygodniu, a w okresie późnoletnim i jesiennym, przynajmniej jednokrotnie. Natomiast korty tenisowe czy szczególnie pola golfowe muszą być koszone jeszcze częściej niż wyżej wymienione boiska. Korty tenisowe koszone są 3–4 razy w tygodniu, a w przypadku pola golfowego nawet codziennie.

Tak częste koszenie trawników sportowych w okresie wegetacji powoduje spłylenie systemu korzeniowego traw i szybkie wyczerpywanie się składników pokarmowych, znajdujących się w wierzchniej warstwie podłoża. W związku z tym konieczne jest zastosowanie odpowiedniego nawożenia. W przypadku trawiastych nawierzchni o charakterze sportowym powinno używać się nawozów mineral-

nych. Nie zaleca się natomiast stosowanie na tych terenach nawożenia organicznego, głównie ze względów sanitarnych (możliwość zakażenia się tężcem).

Dawki nawozów na trawniki sportowe są różne i zależą w głównej mierze od ich przeznaczenia i intensywności użytkowania. W tabeli 2 przedstawiono zalecane dawki nawozowe, jakie należy zastosować w okresie wegetacji, w odniesieniu do różnych rodzajów terenów sportowych.

Szczególnie ważne jest nawożenie azotem. Wpływa on na wzrost i rozwój roślin oraz żywozieloną barwę trawnika. Ze względu na łatwość wymywania azotu z gleby oraz szybki jego rozkład roczną dawkę azotu dzielimy na 5–8 dawek w okresie wegetacji. Najwyższe dawki należy przewidzieć w okresie największego wzrostu roślin, tj. w maju i czerwcu. W późniejszym okresie nawożenie azotowe powinno się stosować rzadziej, a w październiku wcale.

TABELA 2. Propozycja dawek nawozowych w zależności od rodzaju trawników sportowych w kg czystego składnika na 1 ha (Hope 1983, Rutkowska i Hempel 1986, Shildrick 1990)

TABLE 2. Proposal of fertilization in dependence on type of sports turf in kg pure ingredient on 1 ha (Hope 1983, Rutkowska and Hempel 1986, Shildrick 1990)

Rodzaj trawnika Type of sports turf	Azot (N)	Potas (K ₂ O)	Fosfor (P ₂ O ₅)	Magnez (MgO)
Pola golfowe (tzw. pole dołkowe – greens) Golf grounds – greens	380–400	160–180	120–150	40–60
Korty tenisowe Tennis grounds	320–350	140–160	100–120	30–50
Boiska do gry w hokeja na trawie Hockey grounds	300–320	120–140	100–110	30–40
Boiska do piłki nożnej Soccer grounds	280–300	100–120	100–110	30–40

Z kolei nawożenie potasowe powoduje przede wszystkim zwiększenie odporności runi trawiastej na choroby i szkodniki. Ponadto potas wpływa na większą wytrzymałość roślin na przymrozki i sprzyja ustępowaniu z runi roślin niepożądanych dla potrzeb trawników sportowych. Ze względu na łatwość wymywania tego pierwiastka z gleby roczną dawkę proponuje się zastosować w 2 lub 3 terminach.

W przypadku zastosowania nawożenia fosforowego mamy do czynienia z poprawą funkcjonowania roślinności poprzez wpływ na rozwój mikroflory w podłożu. Ten rodzaj nawożenia przyczynia się również do lepszego wykorzystania innych składników pokarmowych. Nawożenie fosforowe wykazuje długotrwałe działanie następcze i dlatego wystarczy je zastosować jednorazowo w okresie wegetacji, najlepiej późną jesienią.

Magnez jest również ważnym pierwiastkiem niezbędnym dla wzrostu i rozwoju roślinności. Nawożenie to stosuje się również jednorazowo.

Następnym ważnym zabiegiem pielęgnacyjnym stosowanym na bo-

iskach i innych terenach sportowych jest nawadnianie. Proponowane gatunki i odmiany traw dla tego typu trawników mają duże wymagania w stosunku do wody. Rośliny te najlepiej rozwijają się w klimacie oceanicznym, gdzie ilość opadów wynosi około 800–1000 mm rocznie i są one równomierne w okresie wegetacji. W Polsce mamy niewiele rejonów klimatycznych o podobnej ilości opadów atmosferycznych, może jedynie na pogórzu i w górach. W pozostałej części kraju, gdzie ilość opadów nie przekracza 500–600 mm, trawniki muszą być dodatkowo nawadniane. W ciągu wegetacji należy dostarczyć trawnikom wodę w ilości 300–400 mm, tj. 300–400 l/m², a w przypadku terenów silnie nawożonych i użytkowanych nawet do 600 l/m². Dane te należy traktować orientacyjne, gdyż poziom nawadniania zależy w dużym stopniu od przebiegu warunków pogodowych, a szczególnie od temperatury powietrza w okresie wegetacji. Dzielne zapotrzebowanie roślinności trawników na wodę, w zależności od temperatury powietrza, zamieszczono w tabeli 3.

TABELA 3. Potrzeby wodne trawników w zależności od temperatury powietrza (Skirde 1978)
TABLE 3. Waters need of lawns in dependences on the temperature of the air (Skirde 1978)

Temperatura powietrza [°C] Temperature	Zapotrzebowanie na wodę [l/m ² /dzień] Waters need [l/m ² /day]
> 35	> 7
30–35	5–6
25–30	3–4
20–25	2–3
< 20	< 1–2

Innym zabiegiem pielęgnacyjnym, stosowanym szczególnie na trawnikach o charakterze sportowym, jest napowietrzanie. Zabieg ten stosuje się w przypadku intensywnej eksploatacji nawierzchni trawiastych. Konsekwencją tego stanu jest ubicie wierzchniej warstwy podłoża, a więc obniżenie jego porowatości. Powoduje to zmniejszenie dopływu powietrza do korzeni, a w konsekwencji pogorszenie jakości murawy. W tej sytuacji wskazane jest zastosowanie specjalnych urządzeń, tzw. aeratorów. Zabiegi tego typu poprawiają stosunki powietrzne w podłożu, a tym samym przyczyniają się do polepszenia stanu trawników. Przy stosowaniu nowoczesnych metod pielęgnacji trawników na terenach sportowych aeracja jest uznawana powszechnie za niezbędny zabieg pielęgnacyjny.

Z problemem napowietrzania trawników ściśle związany jest następny zabieg, jakim jest piaskowanie. Polega on na 2-krotnym w okresie wegetacji (wczesną wiosną, i jesienią) zastosowaniu piasku gruboziarnistego o frakcji od 0,5 do 1,0 mm. Przeprowadzanie tego zabiegu corocznie powoduje, niezależnie od intensywności użytkowania tych nawierzchni, utrzymanie na tym samym

poziomie odpowiedniej porowatości podłoża (Gibbs i in. 1993)

Jak wiadomo, jednym z ważniejszych wymogów, jakie stawia się trawiastym nawierzchniom sportowym, jest utrzymanie zwartej, jednorodnej runi. Osiągnąć to można przez zastosowanie wałowania. Zabieg ten jest w zasadzie złem koniecznym, ponieważ pod jego wpływem następuje zatracenie przyjętej przy zakładaniu porowatości podłoża. Dlatego też wałowanie należy wykonywać jak najrzadziej w okresie wegetacji. Przyjmuje się, że w warunkach przeciętnych charakterystyk pogodowych powinno się użyć walu nie częściej niż 8–10-krotnie w roku (Rutkowska i Hempel 1986).

Do innych prac pielęgnacyjnych zaliczane jest zwalczanie roślin niepożądanych w runi (tzw. chwastów), szczególnie metodami chemicznym i za pomocą herbicydów. Chemiczna walka z chwastami według opinii wielu specjalistów zawiera w sobie wiele niebezpieczeństw, powodując często niekorzystne zmiany w środowisku glebowym. Trawniki właściwie założone i pielęgnowane z reguły są pozbawione roślin niepożądanych, a złożone tylko z traw. W przypadku występowania jednak dość znacznego udziału w runi

roślin niepożądanych można je usunąć za pomocą herbicydów. Obecnie na rynku jest wiele selektywnych środków chemicznych, które można zastosować do walki z tą grupą roślin.

Intensywność użytkowania

Bardzo ważnym problemem, który należy uwzględnić przy kształtowaniu trawników sportowych, jest intensywność użytkowania. Jak wiadomo, roślinność trawników ma określoną odporność na działanie czynników mechanicznych, np. deptania. Progi wytrzymałości darni na zniszczenie są różne i zależą głównie od intensywności jej eksploatacji, jak również od wielkości i rodzajów nacisków, jakie występują podczas prowadzenia gier sportowych. W przypadku boisk do piłki nożnej przyjmuje się, że nie powinny być one częściej wykorzystane przez zawodników niż 4–6 godzin tygodniowo, przy uwzględnieniu możliwości przesuwania bramek. Bardziej intensywne użytkowanie tego typu nawierzchni powoduje pogorszenie stanu trawnika, charakteryzujące się zmniejszeniem pokrycia runi, jak również pojawieniem się dużej ilości roślin niepożądanych.

Podsumowanie

Problem zakładania trawników sportowych jest przedsięwzięciem dość skomplikowanym i wymagającym zarówno wiedzy przyrodniczej, jak i technicznej. Ze względu na dosyć znaczne koszty zakładania i pielęgnacji należy w większym stopniu zwrócić

uwagę na traktowanie poszczególnych etapów pracy równorzędnie bez zbędnego faworyzowania jednego z nich.

W praktyce zdarza się, że zakładanie i pielęgnacja trawników odbywa się najczęściej spontanicznie, bez przygotowanego planu postępowania. Stąd też, wydaje się, że niezbędne jest wykonanie dokumentacji projektowej, która obejmowałaby całościowo problem zakładania, pielęgnacji oraz użytkowania trawników. Taki sposób postępowania stanowi gwarancję prawidłowej ich jakości.

Literatura

- CANAWAY P.M. 1981: Wear tolerance of turfgrass species. *J. Sports Turf Res. Inst.* 57: 65–83.
- DIN 18035. 1978: Deutsche Normen. Teil 3: 1–12.
- GIBBS R., ADAMS W., BAKER S. 1993: Changes in soil physical properties of different construction methods for soccer pitches under intensive use. *Int. Turfgrass Soc. Res. J.*, 7: 413–421.
- HOPE F. 1983: Rasen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KILMARTIN N.T. 1994: A laboratory study to investigate the relationship between percentage modified acid detergent fibre and wear tolerance of ten *Lolium perenne* cultivars. *J. Sports Turf Res. Inst.* 70: 139–141.
- PRONCZUK S. 1994: Stan hodowli i nasienictwa traw gazonowych w Polsce. *Genet. Pol.* 35A: 329–339.
- RUTKOWSKA B., HARKOT W. 2002: Działalność naukowa, organizacyjna i popularyzatorska w zakresie zakładania i użytkowania trawników rekreacyjnych i sportowych. *Przegląd Naukowy, Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* z. 1(24): 15–33.
- RUTKOWSKA B., HEMPEL A. 1986: Trawniki. PWRiL, Warszawa.
- SHILDRICK J. 1990: The use of turfgrasses in temperate humid climates. In „Managed grassland. Regional studies”. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo.

- SKIRDE W. 1978: Vegetationstechnik Rasen und Begrünungen. Patzer Verlag, Berlin-Hannover.
- SKIRDE W. i inni 1995: Sportplatzbau und Erhaltung. Deutsche Fussball-Bund e.V., Frankfurt.
- WALTER H. 1983: Vegetationszonen und Klima. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- WERMINGHAUSEN B. 1971: Kunststoffrasen. *Die Neue Landschaft* 3: 120–123.
- WYSOCKI C. 1979: Benutzung als Faktor für Selektion und Auswahl von Pflanzen für Sportplätze. *Z. Vegetations* 3: 119–125.

Summary

Natural and technical conditioning in project of turf sports. The paper present natural an technical aspects, which need to

take account when we want to design sports turf. It is necessary to use habitat information like, weather, water and soil conditions. A very important elements is adaptation suitable mixture of grasses, optimal range and level of cultivation lawns and specification of optimal using of designing sport grounds.

Author's address:

Czesław Wysocki
Warsaw Agricultural University
Department of Environmental Protection,
Faculty of Horticulture and Landscape
Architecture
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warsaw
Poland

Nawadnianie terenów rekreacyjnych i sportowych **Irrigation of recreation and sports fields**

Wprowadzenie

Do zapewnienia dobrego stanu terenów rekreacyjnych i nawierzchni trawiastej boiska niezbędne są zabiegi pielęgnacyjne oraz nawadnianie. Nawadnianie w naszych warunkach jest zabiegiem koniecznym. Wynika to z warunków pogodowych, jak częste i długotrwałe susze.

Do nawadniania terenów rekreacyjnych i sportowych zaleca się stosowanie systemów deszczownic. Najczęściej stosuje się deszczownice pasowe, nazywane także bębnowymi lub szpulowymi. Są to typowe nowoczesne urządzenia do szybkich deszczowań interwencyjnych w klimacie umiarkowanym.

Innym rozwiązaniem może być zastosowanie zautomatyzowanego systemu deszczowania ze zraszaczami wynurzającymi (pop up) i dodatkowo sterownikami komputerowymi.

Określenie potrzeb wodnych

Dobowe potrzeby wodne nawierzchni trawiastych, według obowiązujących norm, wynoszą 2,0–2,5 mm,

tj. 2,0–2,5 l na 1 m². Przy nawadnianiu boisk sportowych, ze względu na dużą przepuszczalność płyty boiska, wielkości te należy zwiększyć do 3, a nawet 3,5 mm. Najbardziej efektywne jest nawadnianie w porze nocnej (wieczór lub poranek).

Przykładowo, dla boiska sportowego MOS „AGRIKOLA” w Warszawie, którego powierzchnia nawierzchni trawiastej boiska wynosi 9500 m²:

- niezbędna ilość wody na jeden polew (doba)

$$V = 9500 \cdot 3,0 = 28\,500 \text{ l} = 28,50 \text{ m}^3$$

- dla czasu nawadniania 6 godzin – niezbędny dopływ jednostkowy (wydajność godzinowa)

$$Q_h = 28,50 : 6 = 4,75 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = 1,32 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

- dla czasu nawadniania 4 godziny – niezbędny dopływ jednostkowy

$$Q_h = 28,50 : 4 = 7,13 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = 1,98 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

Źródło i jakość wody do nawodnień

W nawodnieniach może być stosowana w zasadzie woda, odpowiadająca III klasie czystości, z każdego źródła (rzeki, kanały, jeziora, stawy, wody podziemne), lecz przed wprowadzeniem do sieci nawadniającej często musi zostać poddana procesowi uzdatniania. Woda używana w nawodnieniach powinna spełniać trzy kryteria jakościowe (Jeznach 1996):

- sanitarne,
- fizjologiczne,
- techniczne.

Nawodnienia nie mogą być źródłem zakażeń i zatruć. Kryterium fizjologiczne dotyczy ilości soli lub innych związków chemicznych, których stężenie mogłoby ograniczać wzrost roślin. Techniczne kryterium jakości wody związane jest z procesem zatykania urządzeń (zrasczacze, emitory).

W Polsce do nawodnień parków i terenów rekreacyjnych używa się najczęściej wód podziemnych. Ich jakość jest bardzo zmienna, zależnie od pochodzenia tych wód i charakterystyki warstw wodonośnych. Dlatego też w każdym przypadku projektowanej instalacji konieczna jest ocena jakości wody używanej do nawodnień.

Na podstawie obszernego materiału obserwacyjnego i analiz statystycznych określono zawartość wybranych wskaźników występujących w Polsce w wodach podziemnych z 90% prawdopodobieństwem (Jeznach 1996). Ogólnie stwierdza się, że 66% wód podziemnych wymaga odżelaziania co najmniej do poziomu jakości dla wody pitnej ($0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), a 50% wód wymaga

odżelaziania i odmanganiania (do poziomu około $0,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Ocenia się, że jedynie 23% wód podziemnych nie wymaga uzdatniania.

Wody powierzchniowe zawierają znaczne ilości zanieczyszczeń pochodzenia mineralnego (np. piasek) i organicznego (np. glony).

Zasady doboru systemu nawadniającego

Na podstawie czynników przyrodniczych, ekonomicznych i technicznych należy określić kryteria dotyczące jakości systemu i urządzeń, tzn.:

- wymaganej równomierności nawadniania i nawożenia,
- optymalnej wielkości kropel i intensywności deszczowania,
- niezawodności funkcjonowania,
- trwałości,
- zakresu obsługi i poziomu automatyzacji.

Do czynników przyrodniczych rzutujących na dobór i projekt systemu nawadniającego należą:

- jakość i ilość wody dostępnej do nawodnień,
- rodzaj gleby na obiekcie,
- ukształtowanie terenu,
- użytkowanie terenu i inne czynniki decydujące o zapotrzebowaniu wody.

Wobec szerokiej możliwości zakupu krajowych i zagranicznych urządzeń nie ma obecnie zasadniczych ograniczeń technicznych. Istnieje natomiast potrzeba wykonywania precyzyjnej analizy techniczno-ekonomicznej, uwzględniającej z jednej strony stan organizacyjno-ekonomiczny, z drugiej zaś koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

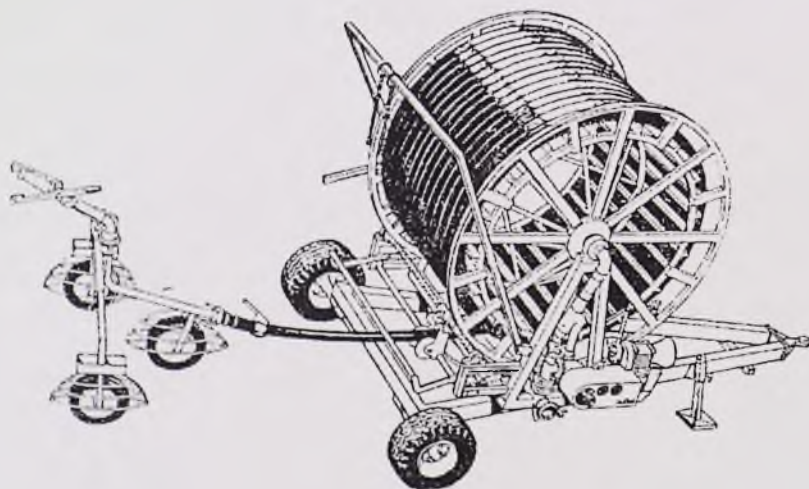
Uwzględniając rolę poszczególnych czynników oraz problemy związane z doбором elementów systemu nawodnień, można zaproponować następujące ogólne zasady doboru zraszaczy i emiterów:

Przy ujęciach wód powierzchniowych przeważają deszczownie ze względu na małą podatność na zatykanie. Natomiast w przypadku korzystania z mało wydajnych źródeł, np. studzien, koniecznością jest stosowanie oszczędniejszych pod względem zużycia wody nawodnień mikordeszczownianych lub kropłowych.

Dobór urządzeń nawadniających

Do deszczowania terenów rekreacyjnych proponuje się zastosowanie deszczowni pasowej nazywanej także bębnową (rys. 1).

Najważniejszym elementem tej deszczowni jest giętki przewód polietylenowy o średnicy 40 mm i długości 110 m nie ulegający spłaszczeniu, tzn. zachowujący sztywny kształt rurowy. Użytkowanie deszczowni odbywa się w ten sposób, że urządzenie ustawia się na granicy terenu nawadnianego. Następnie podłącza się deszczownię do studzienki hydrantowej i rozwija giętki przewód nawadniający ze zraszaczem do przeciwległej granicy terenu nawadnianego. Po otwarciu hydrantu rozpoczyna się deszczowanie i jednocześnie automatyczne, powolne nawijanie przewodu na bęben (szpula). Gdy zraszacz przesunie się w pobliżu szpuli następuje automatyczne wyłączenie napędu zwijającego, co chroni urządzenie przed uszkodzeniem, nawet przy braku nadzoru. Napęd do zwijania przewodu uzyskiwany jest od turbiny wodnej. Urządzenie to stanowi integralną część konstrukcji, a jako energię wykorzystuje się ciśnienie wody.



RYSUNEK 1. Deszczownia pasowa
FIGURE 1. The mobile sprinkler machinery

Zaletami deszczowni szpulowych są: zwięzła konstrukcja, pozwalająca przemieszczać całe urządzenie na dwukółowym podwoziu bez uprzednich czynności załadowniczych, natychmiastowa gotowość do pracy, pełna mechanizacja, a nawet półautomatyzacja nawadniania, przydatność do deszczowania wszystkich upraw i kształtów terenu.

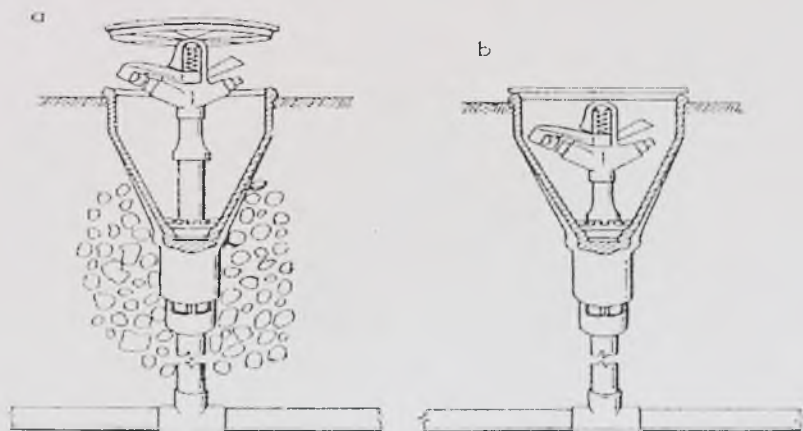
Wielkość dawki deszczowanej określa się według ciśnienia roboczego w hydrancie i prędkości zwijania rurociągu. Parametry eksploatacyjne deszczowni są zamontowane do konstrukcji urządzenia.

Innym rozwiązaniem może być zastosowanie zautomatyzowanego systemu deszczowania ze zraszaczami wynurzającymi (pop up) (rys. 2) i dodatkowo sterownikami komputerowymi. Zraszacze te normalnie, kiedy nie pracują, są schowane w specjalnej obudowie, na poziomie powierzchni terenu. Pod wpływem ciśnienia wody, co następuje po włączeniu instalacji, zrasza-

cze wynurzają się i następuje proces deszczowania. Terminy i dawki wody można zaprogramować na sterowniku.

Na rysunku 3 przedstawiono typowy schemat nawadniania boiska sportowego z zastosowaniem zraszaczy wynurzanych. System wymaga zainstalowania 3 zraszaczy o pełnym obrocie (360°) oraz 10 zraszaczy sektorowych o kącie obrotu 180° . Zaprojektowany system zapewnia pełne i bardzo równomierne zraszanie całego boiska.

Inny całkowicie automatyczny system nawadniania boiska, który zastosowano w MOS „AGRIKOLA”, przedstawiono na rysunku 4. System składa się z 35 zraszaczy o małym wydatku i zasięgu. Zraszacze pracują w 10 sekcjach, po 3–4 zraszacze w jednej sekcji. Przewidziano codzienne nawadnianie (w okresie nocnym), o projektowanym opadzie 5 mm i łącznym czasie nawadniania 4,5 godziny. Czas zraszania na poszczególnych sekcjach był zróżnicowany od 7,5 do 28 min. Cały system sterowany jest komputerowo.



RYСУNEK 2. Zraszacz wynurzany: a – w trakcie pracy, w stanie wynurzonym, b – w stanie spoczynku
FIGURE 2. Pop-up sprinkler: a – in operation, b – in the break

Podsumowanie

W celu zapewnienia dobrego stanu terenów rekreacyjnych i nawierzchni trawiastej boiska niezbędne są zabiegi pielęgnacyjne oraz nawadnianie. Wynika to z warunków pogodowych, jak częste i długotrwałe susze. W takich warunkach jedynym i pewnym zabezpieczeniem niedoborów wodnych jest nawadnianie.

Do nawadniania terenów rekreacyjnych i sportowych zaleca się stosowanie systemów deszczownianych. Najczęściej stosuje się deszczownie pasowe. Są to typowe nowoczesne urządzenia do szybkich deszczowań interwencyjnych w klimacie umiarkowanym. Zaletami deszczowni szpulowych są: zwężła konstrukcja, pozwalająca przemieszczać całe urządzenie na dwukółowym podwoziu bez uprzednich czynności załadowniczych, natychmiastowa gotowość do pracy, pełna mechanizacja, a nawet półautomatyzacja nawadniania, przydatność do deszczowania wszystkich upraw i kształtów terenu. Wielkość dawki deszczowanej określa się według ciśnienia roboczego w hydrancie i prędkości zwijania rurociągu.

Innym rozwiązaniem może być zastosowanie zautomatyzowanego systemu deszczowania ze zraszczaczami wynurzającymi (pop up) i dodatkowo sterownikami komputerowymi.

W pracy podano przykładowe schematy nawadniania boisk sportowych, które mogą stanowić ilustrację poruszonych problemów.

Literatura

- DRUPKA S. 1980: Deszczownie i deszczowanie. PWRiL, Warszawa.
JEZNACH J. 1996: Analiza funkcjonowania systemów nawodnień kropłowych w różnych

warunkach środowiskowych. *Rozprawy Naukowe i Monografie*. SGGW: 127.

JEZNACH J., WYSOCKI C. i in. 1997: Projekt regulacji stosunków wodnych boiska piłki nożnej Międzyszkolnego Ośrodka Sportowego „AGRIKOLA”.

Summary

Irrigation of recreation and sports fields. In order to ensure a good condition of recreation and the grass surface of sports fields, cultivation and irrigation are necessary. Irrigation under our conditions is necessary intervention. This results from our climate (frequent and long-lasting droughts and the properties of draining layer, which ensures a quick rain water discharge and has no water capacity, i.e. the possibility of absorbing and storing water). Under such conditions the only and reliable way to avoid water deficiency is irrigation. In the case of sports and recreation fields, sprinkler irrigation systems are recommended. Belt sprinkler machines are the most common. These are typical, modern devices used for a quick intervention sprinkler in a moderate climate. The advantages of a sprinkler machine are: concise construction, which allows for transport on a bicycle landing gear without a preliminary loading, readiness for use, full mechanisation, or even semiautomatic irrigation, suitability for sprinkler all crops and for all kinds of landscape. The right amount of irrigation application rate dose is assessed on the basis of operating pressure in the hydrant and the speed of pipeline with sprinkler. Another solution can be an automatic sprinkler system with a pop up sprinkler and computer controllers. The paper presents some schemes of recreation and sports fields irrigation.

Author's address:

Jerzy Jeznach
Warsaw Agricultural University
Department of Environmental Improvement
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa
Poland
E-mail: jeznach@alpha.sggw.waw.pl

Jerzy JEZNACH

Katedra Kształtowania Środowiska SGGW
Department of Environmental Improvement WAU

Przyrodnicze i techniczne problemy odwadniania terenów rekreacyjnych i sportowych

Natural and technical problems of drainage of recreation and sports fields

Wprowadzenie

Tereny rekreacyjne wymagają często uregulowania stosunków powietrzno-wodnych poprzez zastosowania odwodnienia. Do odwodnienia tych terenów stosuje się zwykle drenowanie systematyczne.

Parki i zadrzewione tereny rekreacyjne wymagają takiej konstrukcji systemu drenarskiego, aby korzenie drzew i krzewów nie uszkodziły sączków i zbieraczy. Zakłada się je na głębokości co najmniej 1,2 m, odpowiednio lokalizuje i zabezpiecza przed wnikaniem korzeni.

Osobnym zagadnieniem jest odwodnienie stadionów sportowych. Zaleca się stosowanie gęstej, ale stosunkowo płytkiej sieci drenarskiej. Układ sieci drenarskiej może być różny: równoległy do dłuższych wymiarów boiska, skośny po przekątnej boiska lub w tzw. kopertę.

Dla właściwego funkcjonowania nawierzchni darniowej boiska sportowego niezbędne jest odpowiednie przygotowanie podłoża płyty boiska. Dolna

warstwa podłoża, o grubości 15 cm, powinna charakteryzować się przede wszystkim znaczną przepuszczalnością wody.

Odwodnienie parków i terenów rekreacyjnych

Odwodnienia parków i terenów rekreacyjnych mają istotne znaczenie dla kształtowania i urządzania przestrzeni osiedlowych, miejskich i wiejskich. Poprawiając warunki gruntowo-wodne, umożliwiają lub ułatwiają zakładanie różnych obiektów i urządzeń sportowo-rekreacyjnych, np. ogrodów, boisk, placów gier i zabaw. Do odwodnienia tych obiektów stosuje się zwykle drenaż systematyczny. Tylko w niektórych przypadkach można wykonać drenaż niesystematyczny z lokalizacją drenów w lokalnych obniżeniach terenu.

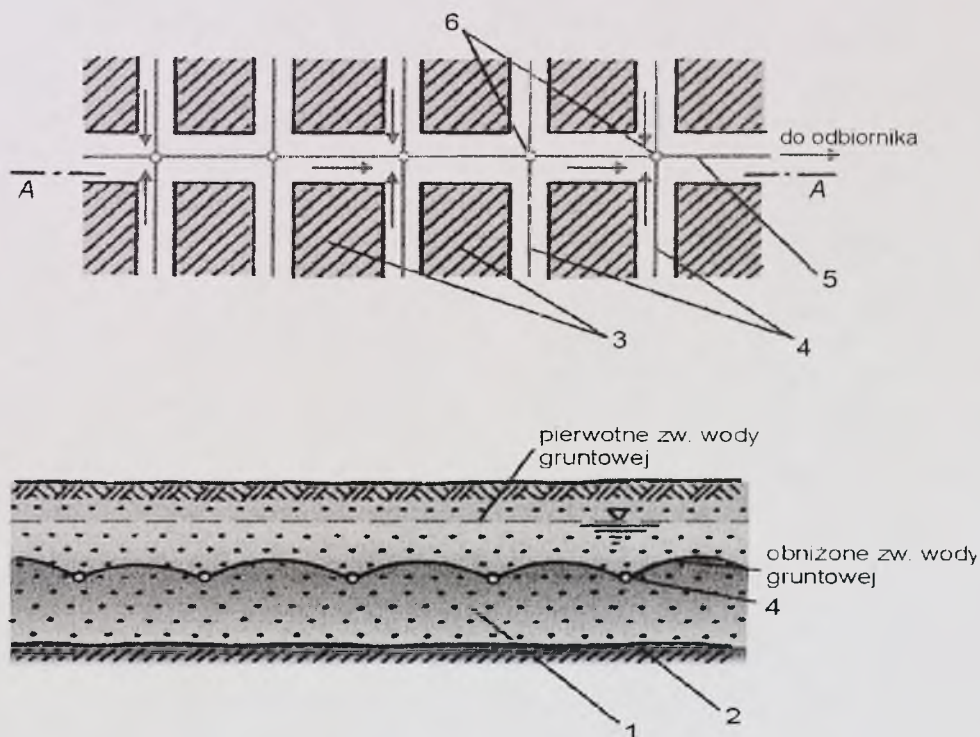
Drenaż systematyczny złożony jest z drenów rozmieszczonych mniej lub bardziej równomiernie na całym obszarze, najczęściej poziomych, rzadziej pionowych. W ten sposób odwodnienia

stосуje się głównie w warunkach zasilania wód gruntowych przez wody opadowe, inne wody powierzchniowe i gospodarcze lub wody naporowe, przy stosunkowo płytkim zaleganiu zwierciadła wód podziemnych, niewielkim wymaganym jego obniżeniu.

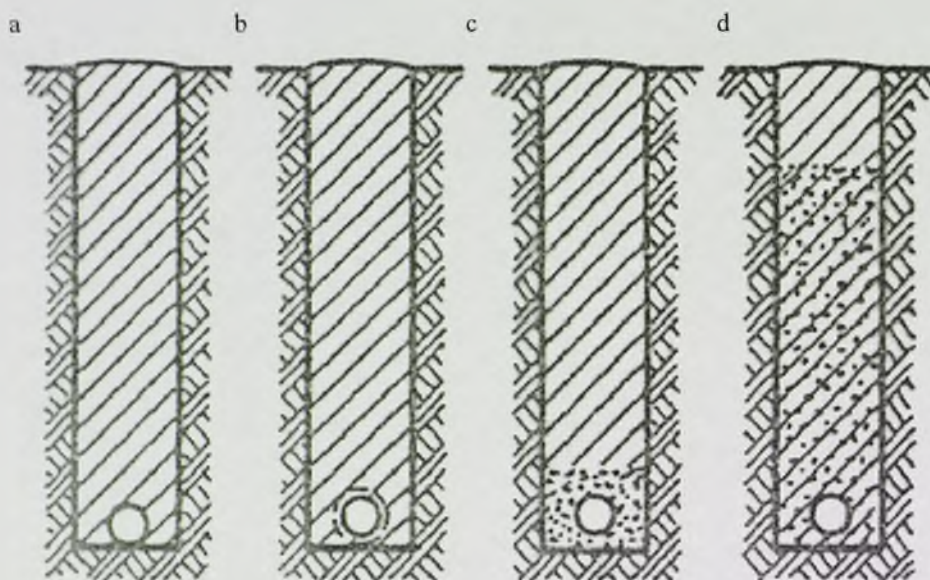
Drenaż systematyczny stanowi najczęściej układ równoległych sączków odprowadzających wodę z gruntu i kierujących ją do zbieraczy, skąd odpływa do odbiornika (rys. 1).

Rozstawę drenów należy określać indywidualnie dla każdego obiektu, po

wyborze właściwego schematu obliczeń. Schematy i metody obliczeń można znaleźć w opracowaniach specjalistycznych, np. Mielcarzewicz (1971), Sokołowski i Żbikowski (1993). Wielkość rozstawy wynosi zwykle 10–30 m, a głębokość założenia 0,9–1,1 m. Niezbędne jest wypełnienie przekroju poprzecznego rowka drenarskiego materiałem filtracyjnym (gruby piasek, żwir itp.) oraz stosunkowo wysokie nadsypanie zasypki żwirowej nad rurociągiem (rys. 2).



RYSUNEK 1. Drenaż systematyczny: a – widok z góry, b – przekrój: 1 – warstwa wodonośna, 2 – warstwa słabo przepuszczalna, 3 – obszar chroniony, 4 – sączki, 5 – zbieracz, 6 – studzienki kontrolne
 FIGURE 1. Systematic drainage system: 1 – impervious layer, 2 – permeability layer, 3 – protected area, 4 – lateral drain, 5 – collector, 6 – drainage wells



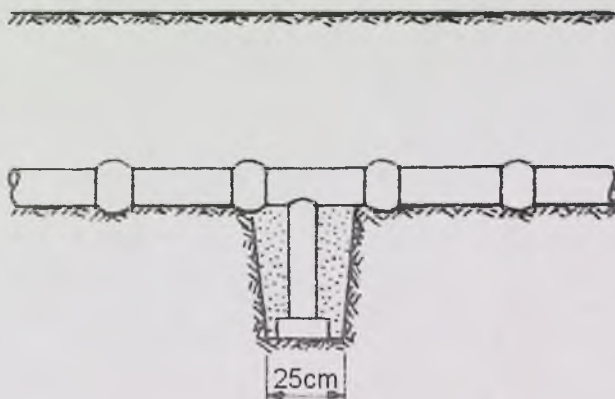
RYSUNEK 2. Zabezpieczenie rurociągów drenarskich: a – bez zabezpieczenia. b – filtr wokół drenu. c – z niską zasypką filtracyjną. d – z wysoką zasypką filtracyjną
 FIGURE 2. Protection of drain pipes: a – without protections, b – filter round drain pipe, c – with low gravel filter, d – with high gravel filter.

Parki i tereny rekreacyjne ze stałymi zadrzewieniami wymagają takiego ułożenia sieci drenów, aby korzenie drzew i krzewów nie uszkodziły sączków i zbieraczy, które często także w okresie suszy prowadzą wodę. Zakłada się je dlatego na głębokości co najmniej 1,20 m, odpowiednio rozmieszcza i zabezpiecza przed wnikaniem korzeni. Odległość zbieraczy od przebiegających równoległe do nich rzędów krzewów i drzew powinna wynosić co najmniej 20 m. Uzupełnia się je niekiedy poprzecznymi krótkimi sączkami. Rurociągi zbiorcze ułożone obok dużych drzew rosnących pojedynczo powinny być na wystarczającej długości uszczelnione. Najbardziej skuteczną metodą

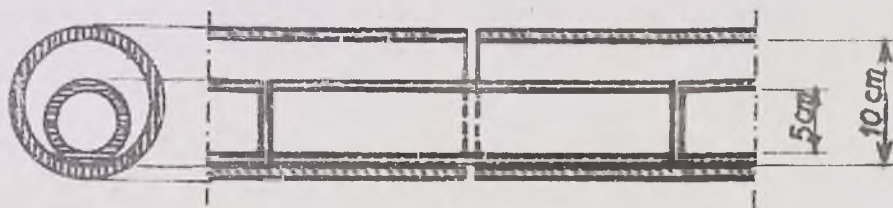
przed zarastaniem korzeniami drzew jest studzienkowy system Rerolle'a (rys. 3).

Polega on na wykonaniu rurociągów z drenów łączonych mufami i uszczelnionych paskami jutowymi lub zaprawą cementową. Woda do rurociągów dostaje się z dołu pod ciśnieniem pionowymi rurkami ustawionymi co 5 m na cegle i obsypanymi materiałem filtracyjnym.

Badania łotewskie Szkinkisa (za Stryjewskim 1978) wykazały dużą skuteczność zabezpieczenia drenów przed zarastaniem korzeniami drzew przez zastosowanie podwójnych rurociągów (rys. 4).



RYSUNEK 3. Zabezpieczenie rurociągów drenarskich przed zarastaniem korzeniami drzew – system Rerolle’a
 FIGURE 3. Protection of drain pipes of the roots of trees – system Rerolle’a



RYSUNEK 4. Zabezpieczenie rurociągów drenarskich przed zarastaniem korzeniami drzew – rurociągi podwójne
 FIGURE 4. Protection of drain pipes of the roots of trees – double pipes

Odwodnienia boisk sportowych

Place gier, zabaw i rekreacji, podwórza, place postojowe odwadnia się drenami ułożonymi na głębokości 0,9–1,1 m. Niezbędne jest wypełnienie przekroju poprzecznego rowka drenarskiego materiałem filtracyjnym. Ze względu na potrzebę zadarnienia powierzchni placów, co zdarza się najczęściej, wierzchnia warstwa zasypki powinna być wykonana z ziemi urodzajnej.

Boiska i place sportowe odwadnia się gęstą, ale stosunkowo płytką siecią drenarską. Rozstaw drenów należy określać indywidualnie dla każdego obiektu, po wyborze właściwego schematu obliczeń. Rozstawa zależy nie tylko od rodzaju gruntu, lecz głównie od żądanej intensywności odwodnienia i wynosi przeważnie 5–8 m (wyjątkowo 12 m).

Następnie należy sprawdzić, czy obliczona rozstawa drenów jest w stanie bezpiecznie odprowadzić miarodajną wielkość wód opadowych.

Stosowane średnice rur drenarskich wynoszą dla sączków 5 lub 8 cm, dla zbieraczy 7,5 do 20 cm.

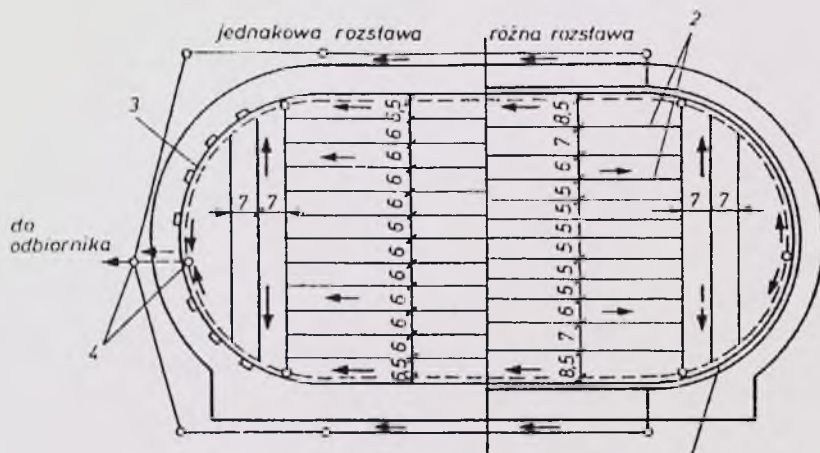
Układ sieci drenarskiej może być różny:

- sączki są rozmieszczone równolegle do dłuższych wymiarów boiska (rys. 5), rozstawa może być jednokowa lub zróżnicowana w zależności od rodzaju gruntu,
- sączki są rozmieszczone skośnie do zbieracza usytuowanego po przekątnej boiska (rys. 6),
- układ mieszany, tzw. w kopertę, który zastosowano m.in. na boisku

MOS „AGRIKOLA” w Warszawie (rys. 7).

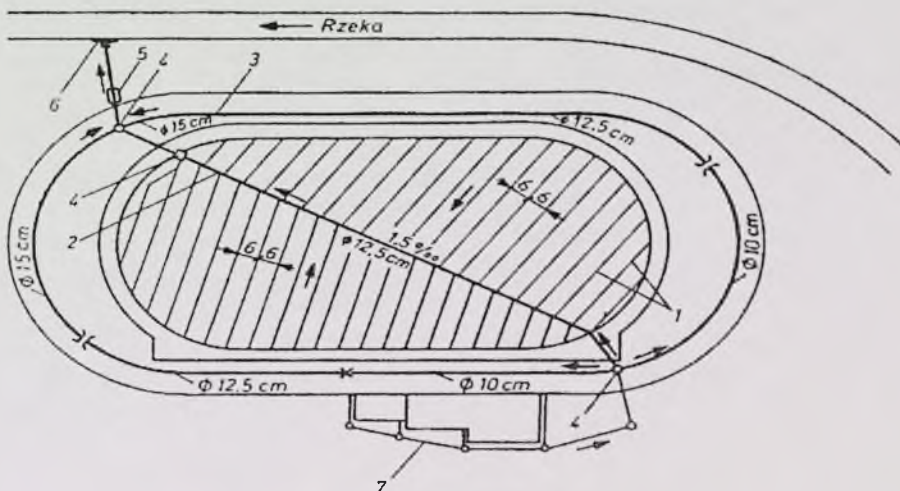
Długość sączków nie powinna przekraczać 100 m, głębokość ułożenia drenów wynosi przeważnie 0,7–0,8 m, rzadziej 1 m. Minimalne spadki sączków można obniżyć nawet do 1‰ pod warunkiem stosowania studzienek kontrolno-osadowych na ujściu.

W każdym narożniku boiska projektuje się studzienki drenarskie, do których podłączone będą zbieracze oraz odwodnienie bieżni. Studzienki te będą zakryte nawierzchnią trawiastą, aby nie przeszkadzały w czasie rozgrywek piłkarskich i spotkań lekkoatletycznych. Poza boiskiem należy zlokalizować studzienkę zbiorczą z osadnikiem i przykrywą typu ciężkiego, umożliwiającą częstą kontrolę.



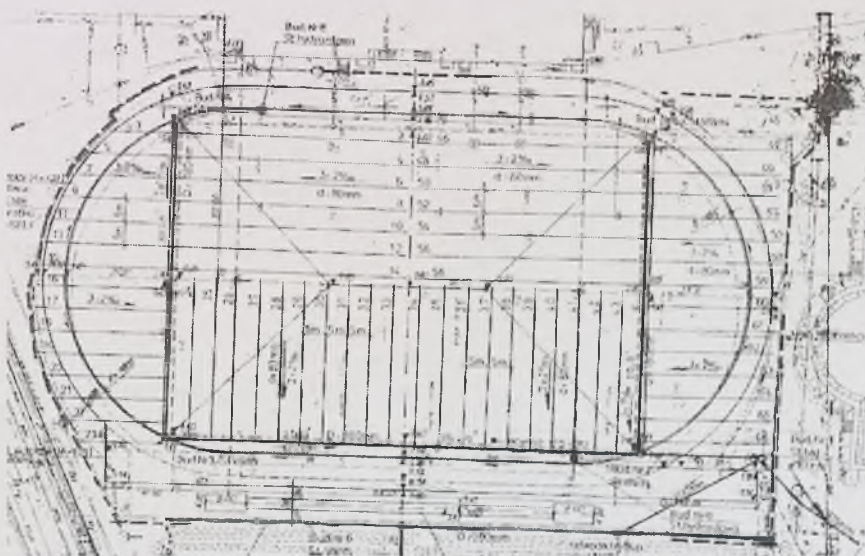
RYSUNEK 5. Drenaż boiska sportowego – sączki rozmieszczone równolegle: 1 – korytko do wód powierzchniowych, 2 – sączki, 3 – zbieracz, 4 – studzienka kontrolna (Eggelsmann 1973)

FIGURE 5. Drainage system of stadium – simultaneously lateral drain: 1 – flume for superficial waters, 2 – lateral drain, 3 – collector, 4 – drainage well (Eggelsmann 1973)



RYSUNEK 6. Drenaż boiska sportowego – sączki rozmieszczone skośnie: 1 – sączki, 2 – zbieracz, 3 – rurociąg odwadniający tor i bieżnię, 4 – studzienka kontrolna, 5 – osadnik, 6 – wylot, 7 – odwodnienie trybun (Stryjewski 1978)

FIGURE 6. Drainage system of stadium – aslant lateral drain: 1 – lateral drain, 2 – collector, 3 – drain pipe of track, 4 – drainage well, 5 – settler, 6 – outlet, 7 – drain pipe of tribune (Stryjewski 1978)



RYSUNEK 7. Drenaż boiska sportowego – układ mieszany, MOS AGRIKOLA w Warszawie (Jeznach i in. 1997)

FIGURE 7. Drainage system of stadium – mixed system MOS AGRIKOLA in Warsaw (Jeznach and other 1997)

Wymogi, jakie powinna spełniać płyta boiska sportowego

W celu właściwego funkcjonowania nawierzchni darniowej boiska sportowego niezbędne jest odpowiednie przygotowanie podłoża (Jeznach i in. 1997).

Dolna warstwa podłoża, o grubości 15 cm, powinna charakteryzować się przede wszystkim znaczną przepuszczalnością wody. Przepuszczalność tej warstwy podłoża wyrażona w jednostce czasu powinna być większa niż $36 \text{ cm} \cdot \text{h}^{-1}$.

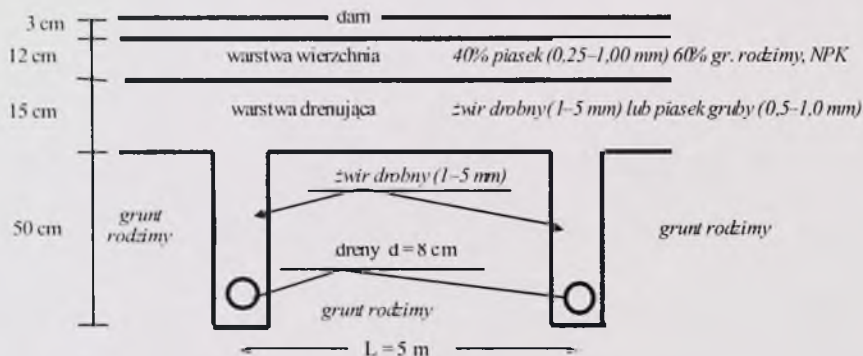
Dolną warstwę podłoża należy ułożyć z dokładnością $\pm 2 \text{ cm}$ i zagęścić wałem o ciężarze $1,5 \text{ t} \cdot 2 \text{ mb}^{-1}$ jego szerokości. Żwir nie może zawierać więcej niż 2% części spławialnych ($< 0,02 \text{ mm}$) oraz 10% frakcji do $0,05 \text{ mm}$.

Na tak przygotowane podłoże stosuje się warstwę wierzchnią. Grubość tej warstwy podłoża powinna wynosić, w zależności od zastosowanego sposobu zadarnienia (siew lub darniowanie), od 12 do 15 cm. Aby mogło ono spełniać właściwie nałożoną jej funkcję, powinno cechować się następującymi parametrami fizyczno-chemicznymi:

- odczyn gleby – pH od 5,5 do 6,5,
- przepuszczalność podłoża – $5,4 \text{ cm} \cdot \text{h}^{-1}$,
- zawartość części spławialnych w glebie ($< 0,02 \text{ mm}$) nie większa niż 8%,
- pojemność wodna między 35 a 40% (w ujęciu objętościowym),
- porowatość (suma objętości wolnych przestrzeni w jednostce objętości gleby) podłoża między 35 a 45%,
- zawartość substancji organicznej podłoża nie mniejsza niż 2% i nie większa niż 4% (w ujęciu wagowym),
- podłoże powinno zawierać: $15 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby, $20 \text{ mg K}_2\text{O} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby i $12 \text{ mg Mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby.

Wierzchnia warstwa podłoża boiska musi być ułożona z dokładnością $\pm 1 \text{ cm}$ i zagęszczona wałem nie cięższym niż $800 \text{ kg} \cdot 2 \text{ mb}^{-1}$ jego szerokości.

Odwodnienie płyty boiska polegać powinno na założeniu systematycznej sieci drenarskiej o rozstawie 5 m i głębokości $0,80 \text{ m}$. Przekrój poprzeczny płyty boiska z systemem drenarskim przedstawiono na rysunku 8.



RYСУNEK 8. Przekrój poprzeczny płyty boiska z systemem drenarskim (Jeznach i in. 1997)
FIGURE 8. Cross section of stadium plates with drain system (Jeznach and other 1997)

Odwodnienie bieżni może być wykonane z korytek odpływowych ułożonych po wewnętrznej jej stronie. Korytka te podłączone powinny być do studzienek drenarskich, wykonywanych przy drenowaniu płyty boiska.

Odwodnienie trybun, podobnie jak bieżni, polegać powinno na ułożeniu korytek odpływowych (rys. 9).

Badania hydrogeologiczne wykazały, że nawet przy stanach maksymalnych zwierciadło wód gruntowych będzie na tyle nisko, że projektowany system drenażowy będzie odprowadzał wyłącznie wody opadowe i co istotne, nie zburzy istniejących kierunków przepływu wód gruntowych. Dlatego do obliczenia rozstawy drenów przyjęto



RYSUNEK 9. Korytka odpływowe do odwadniania bieżni i trybun (Wavin)
FIGURE. 9. Flumes for drainage of track and tribune (Wavin)

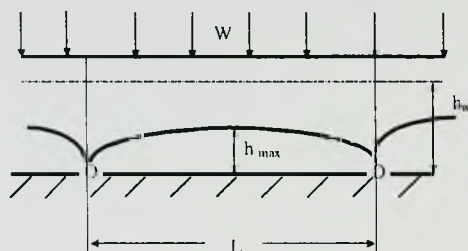
Przykładowe obliczenie rozstawy i głębokości drenów

Jak już poprzednio wspomniano, rozstawę drenów należy określać indywidualnie dla każdego obiektu, po wyborze właściwego schematu obliczeń. Poniżej podano przykład obliczeń rozstawy drenów dla boiska MOS „AGRIKOLA” w Warszawie.

schemat zasilania drenów tylko opadem atmosferycznym. Schemat obliczeniowy, według Mielcarzewicza (1971), można przedstawić jak na rysunku 10.

Rozstawę drenów obliczamy według wzoru:

$$L(\log L - \log d) = 1,365 \frac{h_{\max} \cdot k}{W}$$



RYSUNEK 10. Schemat hydrauliczny do obliczania rozstawy drenów
FIGURE. 10. Hydraulic schema for calculations spacing of lateral drain

gdzie:

L – rozstawa drenów [m],

d – średnica drenu [m],

$h_{\max}$ – wzniesienie obniżonego zwierciadła wody w środku między drenami [m],

k – współczynnik filtracji [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],

W – wysokość wsiąkania [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^2$].

Dla boiska MOS „AGRYKOLA” przyjęto:

$d = 8 \text{ cm}$ (0,08 m),

$h_{\max} = 50 \text{ cm}$ (0,50 m),

$k = 1,1574 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,

$W = 0,065 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^2$.

Jeśli oznaczymy, że

$$A = 1,365 \frac{h_{\max} \cdot k}{W}$$

to dla przyjętych parametrów określona wartość $A = 12,15$, a obliczona z wykresu rozstawa drenów wynosi 5 m.

Sprawdzenie możliwości odprowadzenia wód opadowych przez zaprojektowany system drenarski

Objętość wód opadowych zależy od wysokości i czasu trwania opadu, wielkości zlewni i wartości współczynnika

splywu. Objętość tę można obliczyć według następującego wzoru:

$$Q = \psi \cdot \phi \cdot q \cdot F$$

gdzie:

Q – objętość wód opadowych [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]; ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$),

ψ – współczynnik spływu jednostkowego,

ϕ – współczynnik opóźnienia,

q – miarodajne natężenie deszczu [$\text{dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$],

F – powierzchnia zlewni [ha].

Przyjęto następujące parametry do obliczeń:

- współczynnik spływu jednostkowego dla poszczególnych typów rodzajów nawierzchni: trawiasta o powierzchni $F_1 = 9500 \text{ m}^2$, $\psi_1 = 0,20$; syntetyczna o powierzchni $F_2 = 2950 \text{ m}^2$, $\psi_2 = 0,90$,
- współczynnik opóźnienia $\phi = 0,8$,
- miarodajne natężenie deszczu, przy $p = 50\%$ i $t = 10$ minut, $q = 140 \text{ dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$ (według wzoru Błaszczyka),
- powierzchnia zlewni F [ha].

Objętość wód opadowych:

$$Q = 0,8 \cdot 140 \cdot (0,95 \cdot 0,20 + 0,295 \cdot 0,90) = 51,02 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Odwodnienie nawierzchni trawiastej:

$$Q_1 = 0,8 \cdot 140 \cdot 0,95 \cdot 0,20 = \\ = 21,28 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Odwodnienie nawierzchni syntetycznej:

$$Q_2 = 0,8 \cdot 140 \cdot 0,295 \cdot 0,90 = \\ = 29,784 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Do odwodnienia części trawiastej zaprojektowano systematyczny drenaż o rozstawie sączków 5 m i ich średnicy 8 cm. Sączki połączone są do dwóch zbieraczy o średnicy 18 cm.

Zaprojektowane średnice, zgodnie z nomogramem WAVIN, są wystarczające do odprowadzenia obliczonych ilości wody.

Podsumowanie

Tereny rekreacyjne wymagają często uregulowania stosunków powietrzno-wodnych przez zastosowania odwodnienia. Do odwodnienia tych terenów stosuje się zwykle drenowanie systematyczne.

Parki i zadrzewione tereny rekreacyjne wymagają takiej konstrukcji systemu drenarskiego, aby korzenie drzew i krzewów nie uszkodziły sączków i zbieraczy.

Przy odwodnieniu stadionów sportowych zaleca się stosowanie gęstej, ale stosunkowo płytkiej sieci drenarskiej. Układ sieci drenarskiej może być różny: równoległy do dłuższych wymiarów boiska, skośny po przekątnej boiska lub w tzw. kopertę.

Dla właściwego funkcjonowania nawierzchni darniowej boiska sportowego niezbędne jest odpowiednie przygotowanie podłoża płyty boiska. Dolna warstwa podłoża o grubości 15 cm powinna charakteryzować się przede wszystkim znaczną przepuszczalnością wody.

Rozstawę drenów w parkach, terenach rekreacyjnych i boiskach sportowych należy określać indywidualnie dla każdego obiektu, po wyborze właściwego schematu obliczeń. Schematy i metody obliczeń można znaleźć w opracowaniach specjalistycznych.

Odwodnienie bieżni i trybun może być wykonane z korytek odpływowych ułożonych po wewnętrznej jej stronie. Korytka te łączy się ze studzienkami drenarskimi.

Podany przykład obliczenia rozstawu drenów dla boiska MOS „AGRIKOLA” może stanowić ilustrację poruszonych problemów.

Literatura

- EGGELSMANN R. 1973: Dränanleitung. Hamburg.
- JEZNACH J., WYSOCKI C. i inni 1997: Projekt regulacji stosunków wodnych boiska piłki nożnej Międzyszkolnego Ośrodka Sportowego „AGRIKOLA”.
- MIELCARZEWICZ E. 1971: Melioracje terenów miejskich i przemysłowych. Arkady, Warszawa.
- SOKOŁOWSKI J., ŻBIKOWSKI A. 1993: Odwodnienia budowlane i osiedlowe. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- SPINDOR A. 1992: Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. Arkady, Warszawa.
- STRYJEWSKI F. 1978: Drenowanie. PWN, Warszawa.
- Katalog firmy WAVIN.

Summary

Natural and technical problems of drainage of recreation and sports fields.

Recreation fields demands the soil-water-air system regulation by drainage. A systematic pipe drainage is usually applied in this case. Parks and stand density recreation fields require such a construction of the drainage system that would prevent the roots of the trees and bushes from the drain pipes and water headers damage. In the case of stadiums it is recommended to apply a dense but relatively shallow drainage network. The network systems can differ: parallel to the length of the sports ground, diagonal, or the so-called „envelope”. The sod subsoil demands preparation. The bottom layer of the subsoil should be characterised by a high permeability of water. Spacing of the drains in parks, recreation

and sports fields should be assessed separately for each object as soon as a given scheme of calculations is chosen. The schemes and methods can be found in professional handbooks. Drainage of the running tracks and rostrums can be performed by means of flumes placed on the outside. The flumes are connected with drain wells. The following example of calculations for the sports stadium MOS „AGRIKOLA” can serve as an illustration to the problems stated above.

Author's address:

Jerzy Jeznach
Warsaw Agricultural University
Department of Environmental Improvement
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa
Poland
E-mail: jeznach@alpha.sggw.waw.pl

Tomasz STAŃCZYK

Katedra Kształtowania Środowiska SGGW
Department of Environmental Improvement WAU

Koncepcja poprawy warunków gospodarowania wodą w parku Morskie Oko w Warszawie

Conception of water management improvement in Morskie Oko Park in Warsaw

Charakterystyka obiektu

Park Morskie Oko położony jest w Warszawie na Skarpie Wiślanej między ulicami Puławską, Spacerową i Belwederską.

Zbiorniki wodne w parku Morskie Oko utworzono, wykorzystując zagłębienia powstałe po wydobyciu gliny (glinianki) na potrzeby cegielni (Gieysztor i Baranowicz 1980). Ich dna nie są uszczelnione, co umożliwia zasilanie stawów wodami podziemnymi, które u podnóża skarpy zalegają wyjątkowo płytko.

Dzięki wykorzystaniu zróżnicowanego ukształtowania terenu stworzono tu ciekawy układ wodny. Jest to właściwie jedyny w Warszawie przykład retencjonowania wód deszczowych w parku. Spływające kamiennymi rynsztokami z utwardzonych dróg i ścieżek wody deszczowe zasilają staw, położony pod skarpą w północno-zachodniej części parku. Nadmiar wody odprowadzany był meandrującym strumieniem do położonego niżej, przy ulicy Spacerowej, mniejszego stawu.

Obecnie połączenie to jest przerwane z powodu braku konserwacji. Koryto strumienia jest częściowo zasypane. Uszkodzone są też betonowe przepusty pod ścieżkami. Powoduje to częsty niedobór wody w dolnym zbiorniku.

W podobny sposób wody zbierane rynsztokami w południowej części parku zasilają dwa położone tam zbiorniki. Do ostatniego z nich, największego zbiornika, trafia także woda pochodząca z drenażu sąsiednich terenów.

Inne rozwiązanie zastosowano w centralnej części parku. Ukształtowano tam, u podnóża skarpy, na której stoi pałac, niewielką nieckę. Zbierająca się w niej woda, spływająca z zadarnionego zbocza, infiltrowuje do gleby, zasilając w naturalny sposób wody podziemne. W razie wyjątkowo obfitych deszczy nadmiar wody mógł być odprowadzony przez przelew (obecnie niesprawny) i system rynsztoków do wspomnianych zbiorników. Obserwacje terenowe wskazują, że okresowe stagnowanie wody w okresie wegetacji nie powoduje zniszczenia trawy porastającej dno niecki infiltracyjnej.

Woda retencjonowana w parku nie jest w żaden sposób oczyszczana. Trafia do stawów parkowych wraz z cząsteczkami gleby i wszelkimi innymi zanieczyszczeniami zmywanymi z nawierzchni utwardzonych. Dodatkowym źródłem zanieczyszczeń są odchody licznie tu występujących kaczek krzyżówek. Skutkiem tego jest zamulanie i eutrofizacja zbiorników pozbawionych roślinności wodnej wspomagającej naturalne procesy oczyszczania wody.

Park Morskie Oko jest jedynym parkiem w Warszawie, w jakim można znaleźć rozwiązania stworzone z myślą o retencjonowaniu wód opadowych. Niestety z powodu złego stanu technicznego, spowodowanego brakiem konserwacji, istniejący tam system rozwiązań nie funkcjonuje prawidłowo i wymaga szybkiej naprawy i modernizacji. Dlatego też zaproponowano jego naprawę i modernizację oraz przygotowano koncepcję rewitalizacji układu wodnego z wykorzystaniem środowiskowych rozwiązań gospodarki wodnej.

Opisywany projekt (Stańczyk 2000) ukazuje na przykładzie parku Morskie Oko pożądany sposób gospodarowania wodą w miejskich terenach zieleni i zasady funkcjonowania systemu połączonych rozwiązań środowiskowych służących retencjonowaniu i oczyszczaniu wód opadowych (rys. 1). W obecnej sytuacji projekt ten ma jedynie charakter studialny, gdyż szanse na jego zrealizowanie są niewielkie z powodów finansowych.

Ograniczając się, w związku z powyższym, do rozważań analitycznych, można stwierdzić, że pojemność zbiorników wodnych oraz istniejące możliwości ich powiększenia pozwalają na

zwiększenie ilości wody, która mogłaby być retencjonowana w parku. Dodatkowa ilość wody mogłaby pochodzić z dachów budynków i nawierzchni nieprzepuszczalnych (np. chodniki, parkingi) występujących na terenie sąsiadujących z parkiem osiedli położonych na skarpie i górnej części parku z pałacem. Rozpoznanie przeprowadzone w terenie wykazało zły stan techniczny spotkanych tam nawierzchni utwardzonych (np. uszkodzone, nierówne, miejscami zapadnięte chodniki) i systemów ich odwodnienia (np. gromadzenie się wody na chodnikach, zalewanie trawników powodując ich miejscowe zniszczenia, niedostosowane do poziomu terenu studzienki ściekowe).

Wraz z niewątpliwie konieczną naprawą tych budowli i urządzeń należy przebudować cały system tak, aby zebrane wody opadowe nie były odprowadzane w całości do miejskiej kanalizacji burzowej. Druga, mniej zanieczyszczona fala wód powinna trafiać do układu wodnego w parku. Tak jak to pokazano na rysunku 1, wody zebrane na terenie osiedla sąsiadującego z parkiem od północnego zachodu trafiałyby do wcinającego się w skarpe zbiornika, położonego w północnej części obiektu. Wody z pozostałych terenów powinny trafić do układu wodnego o znacznie większej pojemności, położonego w południowej części parku. Tam gdzie pozwalają na to warunki, przy poszczególnych placach i parkingach osiedlowych, powinny zostać założone obszary bioretencji (rys. 2). Umożliwiałyby one retencjonowanie, ewapotranspirację i infiltrację części wody, odciążając układ wodny parku.

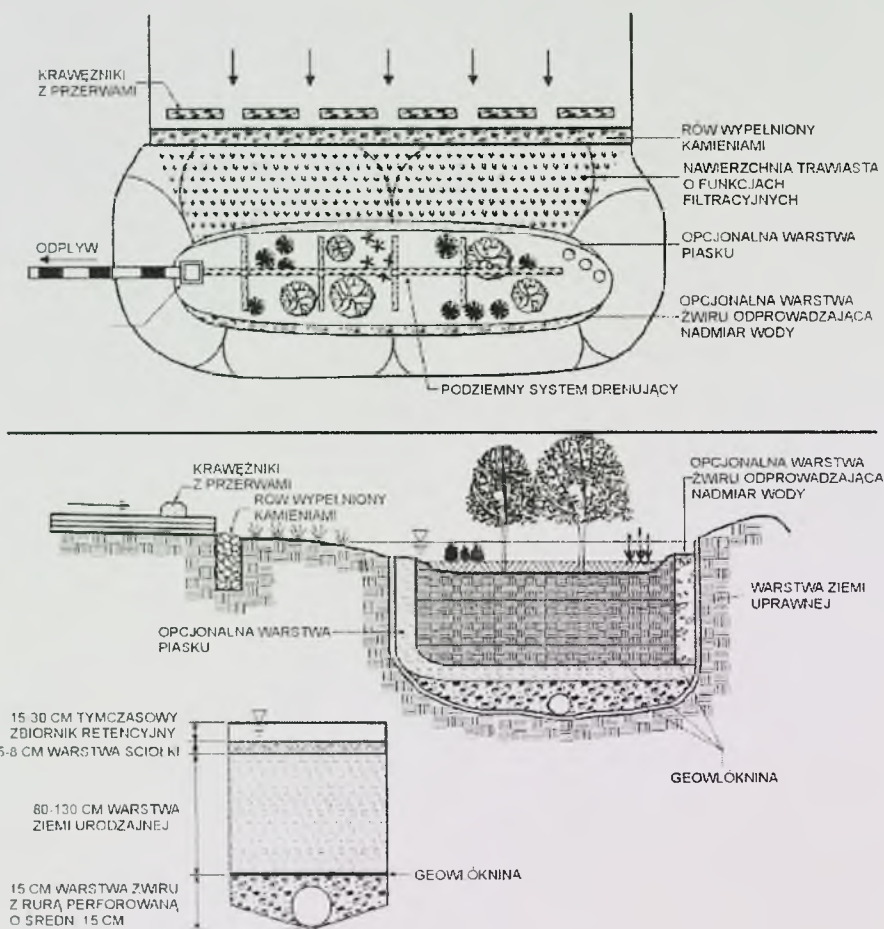


Legenda:

	zbiorniki retencyjne <i>retention ponds</i>		sztuczne tereny podmokłe ("bagna burzowe") <i>storm water wetlands</i>		zbiorniki infiltracyjne "suche" <i>dry infiltration basins</i>
	obszary bioretencji <i>bioretention areas</i>		strefy roślinności szuwarowej w zbiornikach retencyjnych <i>wetland plant zones in retention ponds</i>		roślinne zabezpieczenia przeciwozyjne <i>vegetative protection against erosion</i>
	otwarte kanały z tamami <i>open channels with dams</i>		rynsztoki <i>gutters</i>		kierunki napływu wód opadowych z osiedli do Parku <i>directions of stormwater inflows from housing estates to Park</i>
	obszary osiedli stanowiące potencjalne zlewnie rozwiązań środowiskowych <i>areas of housing estates - potential catchments of designed structures</i>				granice Parku Morskie Oko <i>boundaries of Morskie Oko Park</i>

RYSUNEK 1. Koncepcja poprawy warunków gospodarowania wodą (Staiczyk 2000)

FIGURE 1. Conception of water management improvement in southern part of Morskie Oko Park in Warsaw (Staiczyk 2000)



RYСУNEK 2. Obszar bioretencji (2000 Maryland Stormwater... 1999)
 FIGURE 2. Bioretention areas (2000 Maryland Stormwater... 1999)

Układ wodny w północnej części parku nie wymaga zbyt wielkiej przebudowy. Należy zwiększyć jego zdolność do oczyszczania wody poprzez:

- wydzielenie za pomocą narzutu kamiennego niewielkich części zbiorników w okolicach dopływu wody z rur i kanału otwartego, umożliwiających wstępne oczyszczanie wody z zawieszin w procesie sedymentacji,
- obsadzenie zbiorników roślinnością wodną i szuwarową,
- odbudowę kanału łączącego oba zbiorniki jako otwartego kanału, obsadzonego roślinnością bagienną i trawami ozdobnymi.

Dzięki temu woda zbierana w górnym zbiorniku będzie mogła być efektywniej niż dotychczas oczyszczana. Zapobiegnie to także zdarzającemu się

obecnie (szczególnie w czasie wiosennych przyborów wody) niebezpiecznemu przepelnianiu się zbiornika górnego przy jednoczesnym niedoborze wody w zbiorniku dolnym. Kanał otwarty umożliwi odprowadzenie nadmiaru wody przy jednoczesnym dalszym jej oczyszczaniu. Woda infiltrująca z obu zbiorników i kanału, zapewniającego dużą powierzchnię czynną i powolny przepływ dzięki przegrodzeniu go niewielkimi tamami zbudowanymi z narzutu kamiennego, zasili zasoby wód podziemnych i poprawi warunki życia roślinności drzewiastej. Infiltracja zmniejszy ilość wody pozostającej w zbiornikach i ograniczy możliwość przekroczenia ich maksymalnej pojemności retencyjnej. Na wszelki wypadek należy jednak wyposażyć dolny zbiornik w przelew odprowadzający nadmiar (oczyszczonej już) wody do miejskiej kanalizacji burzowej.

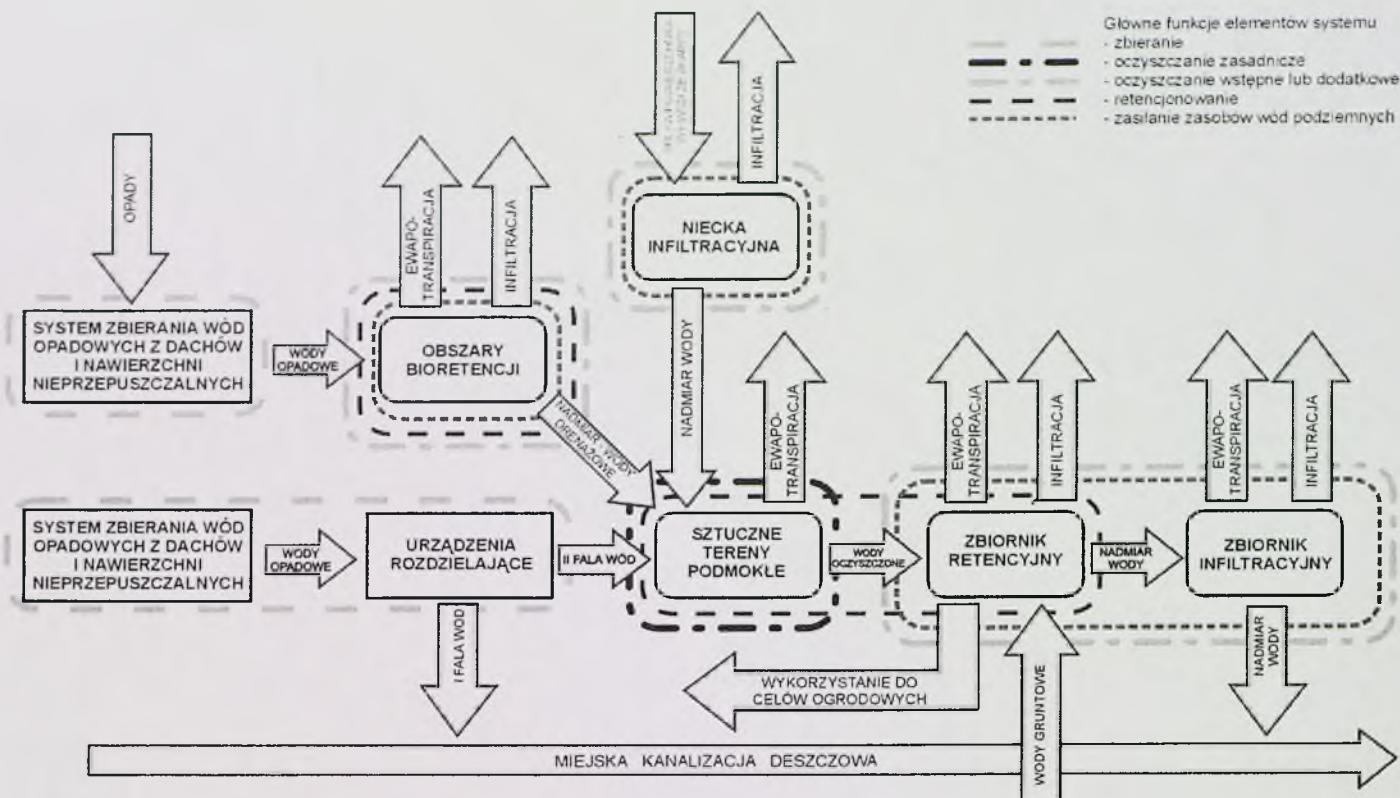
Układ wodny znajdujący się w południowej części parku stwarza możliwość zgromadzenia większej ilości wód opadowych. Jednak w celu zapewnienia odpowiednich warunków jakościowych wody należy dokonać rozbudowy układu, polegającej na (rys. 3):

- powiększeniu zbiornika górnego i zamienieniu go w obszar sztucznych terenów podmokłych,
- wprowadzeniu roślinności wodnej i szuwarowej do dolnego zbiornika i jego opcjonalnym powiększeniu,
- utworzeniu suchych zbiorników infiltracyjnych.

Rozbudowa układu powinna być przeprowadzona z zachowaniem istniejącej roślinności drzewiastej warunkującej położenie i kształt zbiorników. Z zachowaniem tej zasady można po-

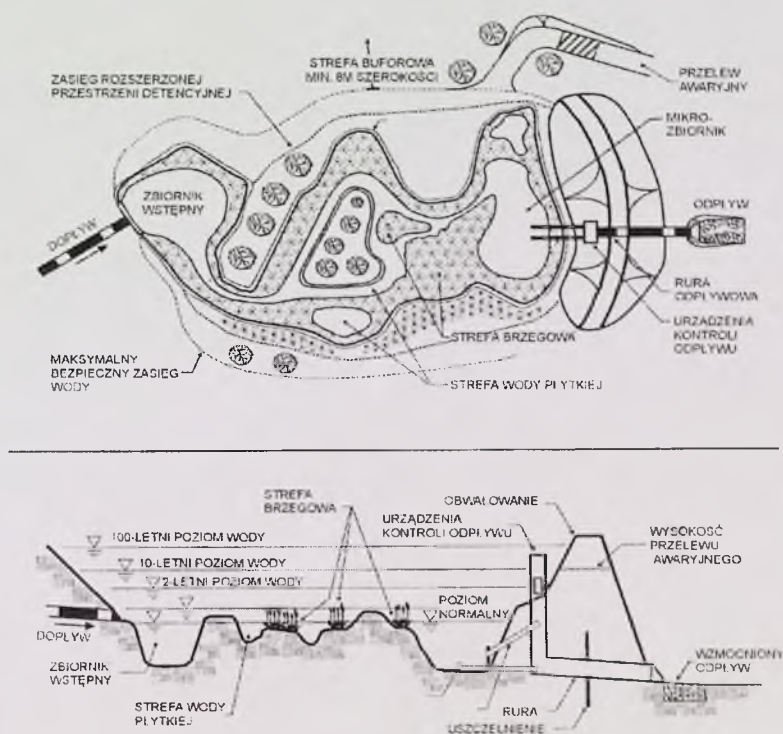
większyć obecny górny zbiornik wodny i przekształcić go w płytkie bagna burzowe z rozszerzoną przestrzenią detencyjną (rys. 4). Bagna te byłyby pierwszym elementem układu, do którego docierałyby zbierane wody opadowe. Trafiałyby tu one poprzez systemy podziemnych rur uchodzących do zbiornika wstępnego bagien, umożliwiającego sedymentację stałych zanieczyszczeń przynoszonych przez wodę. Ewentualnie w miejscach, gdzie nachylenie skarpy jest łagodniejsze, rury mogłyby przekazywać wodę do otwartych kanałów przegrodzonych tamami z narzutu kamiennego. Dno niecki zajmowanej przez bagna powinno być uszczelnione, aby napływająca do niego zanieczyszczona woda nie zagrażała jakości wód podziemnych.

Dzięki bujnej roślinności i dobremu natlenieniu wody sztuczne tereny bagienne wykazują bardzo dużą efektywność w usuwaniu zanieczyszczeń, dlatego rozwiązanie to będzie mogło zapewnić odpowiednie oczyszczenie wód opadowych. Rozszerzona przestrzeń detencyjna pozwoli na zmagazynowanie wody podczas wyjątkowo intensywnych opadów i spokojne przekazanie jej do zbiornika retencyjnego. Istniejący dolny zbiornik wodny może zostać przekształcony w mokry zbiornik retencyjny (rys. 5). Umożliwiłoby to zretencjonowanie i dalsze oczyszczanie znacznych ilości wody, które mogłyby być potem wykorzystywane, na przykład, do nawadniania parku. Zbiornik powinien być wyposażony w wodotryski natleniające wodę i stanowiące jego ozdobę.



RYSUNEK 3. Koncepcja poprawy warunków gospodarowania wodą w południowej części parku Morskie Oko – schemat funkcjonowania systemu (Stańczyk 2000)

FIGURE 3. Conception of water management improvement in southern part of Morskie Oko Park in Warsaw (Stańczyk 2000)

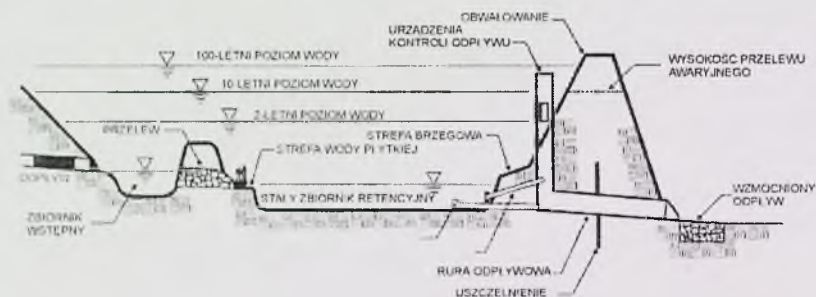
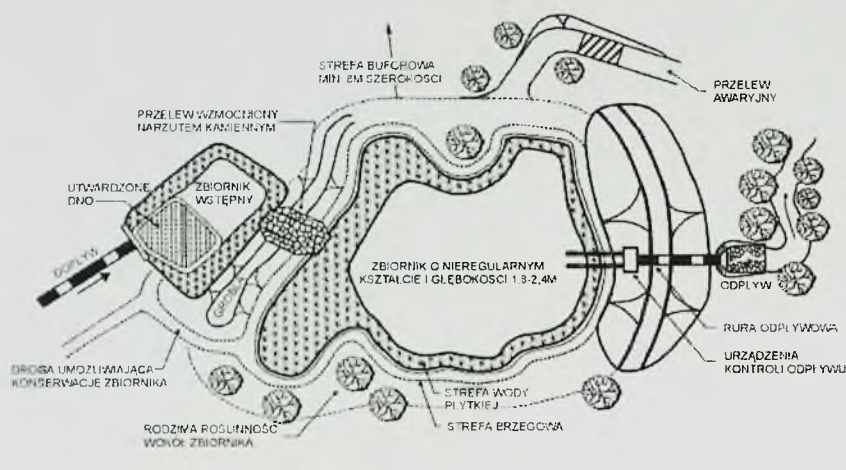


RYSUNEK 4. Sztuczne tereny podmokłe z dodatkową (rozszerzoną) przestrzenią retencyjną
FIGURE 4. Extended detention shallow wetland (2000 Maryland Stormwater... 1999)

Pojawiający się okresowo nadmiar wody byłby odprowadzany do suchych zbiorników infiltracyjnych, gdzie trafiałby do gleby. Jeżeli podczas wyjątkowo dużego dopływu wód z intensywnych i długotrwałych opadów wydajność zbiorników infiltracyjnych okazałaby się niewystarczająca, dopiero wtedy nadmiar trafiałby do kanalizacji burzowej. Dno zbiornika powinno być porośnięte roślinami odpornymi na okresowe zalewanie (np. turzycę *Carex sp.*), w tym także drzewami (np. *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*).

Podsumowanie

Przedstawiony system rozwiązań ogrodowych umożliwia zagospodarowanie odpływu wód opadowych niemalże w miejscu jego powstawania. System ten zapobiega nadmiernemu odpływowi wód z terenów zurbanizowanych i jednoczesnego rozwiązywania problemów jakości wód opadowych i zaopatrzenia w wodę terenów zieleni. W ten sposób można przywrócić w terenie miejskim naturalny obieg wody, polegający na jej retencjonowaniu i odprowadzaniu głównie poprzez ewapotranspirację, infiltrację i odpływ pod-



RYSUNEK 5. Zbiornik retencyjny ze stałym lustrem wody (2000 Maryland Stormwater... 1999)
FIGURE 5. Wet retention pond (2000 Maryland Stormwater... 1999)

ziemny, przy niewielkim udziale odpływu powierzchniowego. Stwarza to perspektywę poprawienia funkcjonowania przyrodniczego parku Morskie Oko przez zwiększenie dostępności wody dla roślin, a także wzbogacenie istniejących i wytworzenie nowych ekosystemów oraz kształtowanie korzystnego mikroklimatu.

Zmodernizowany park, dzięki lokalizacji niemal w centrum Warszawy i dużej dostępności, mógłby pełnić funk-

cje ośrodka edukacji ekologicznej promującego nowy sposób gospodarowania wodą w terenach miejskich. W tym celu park powinien być wyposażony w system informacyjny (tabliczki, plany, schematy) objaśniający sposób funkcjonowania układu wodnego i zachodzących w nim procesów, związany ze ścieżkami i pomostami pozwalającymi na obejrzenie z bliska poszczególnych rozwiązań i obserwację fauny i flory związanych ze środowiskiem wodnym.

Literatura

- FERGUSON B.K. 1990: Urban stormwater infiltration – purposeses, implcementation, results. JoS&WC nr 6/90.
- GIEYSZTOR A., BARANOWICZ Z. 1980: Warszawa, jej dzieje i kultura. Arkady, Warszawa.
- STANČZYK T. 2000: Możliwości zastosowania różnych rozwiązań ogrodowych dla poprawy warunków retencjonowania wód w obiektach architektury krajobrazu. Maszynopis, SGGW.
- 2000 Maryland Stormwater Design Manual. Maryland Department of the Environment, 1999. Baltimore.
- Stormwater Management. Vol. II: Stormwater Technical Handbook, 1997: MA Department of Environmental Protection, MA Office of Coastal Zone Management.

Summary

Conception of water management improvement in Morskie Oko Park in Warsaw. The Morskie Oko Park is one of few parks in Warsaw, in which one can to find solutions created to retain storm water. Unfortunately, because of bad technical condition, caused lack of preservation, the existing water system does not function

correctly and it demands quick repair and modernization. For that reason a conception of water system revitalization was proposed. It presumes collecting the storm water from roofs and impervious surfaces in the area of the Park and adjacent housing estates. Gathered waters would be cleaned and retained thanks to utilization of environmental methods of water management such a constructed storm water wetlands and retention ponds. Excessive waters would be moved away by evapotranspiration and infiltration, what will prevent too much surface outflow from urbanized areas. The conception creates a perspective of improvement of environmental functioning of the Morskie Oko Park across enlargement of water accessibility for plants and enrichment existing and creating new ecosystems connected with water environment and also formation of a good microclimate.

Author's address:

Tomasz Stańczyk
Warsaw Agricultural University
Department of Environmental Improvement
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa
Poland
e-mail: tomst@poczta.onet.pl

Sławomir PRONCZUK

Zakład Roślin Motylkowatych i Traw
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie
Legumes and Grasses Department
Plant Breeding and Acclimatization Institute, Radzików

Uwarunkowania technologiczne w uprawie i ocenie trawników

Technological principles in management and evaluation of turfgrasses

Wprowadzenie

Trawniki z pozoru nie wymagają większych zabiegów uprawowych poza koszeniem. Taki pogląd może być słuszny, gdy nie oczekujemy od nich całorocznej jednolitej zieleni. Gdy jednak trawniki mają spełniać różnorodne zadania użytkowe, gdy trafiają na stresowe warunki glebowo-środowiskowe, gdy wiele od nich wymagamy pod względem estetycznym – wtedy przy zakładaniu i pielęgnacji należy uwzględnić wiele szczegółów technologicznych.

Zainteresowanie trawnikami na świecie, a także w Polsce, rośnie wraz z poziomem życia i potrzebą estetycznego i zdrowego otoczenia. W niektórych krajach środki techniczne wykorzystywane do pielęgnacji są tak duże, że stają się liczącym przemysłem (Watson i in. 1992). Dla trawników produkowane są podłoża glebowe, nasiona, nawozy, środki ochrony chemicznej, systemy nawadniania, maszyny uprawowe itp.

W wielu krajach, a także w Polsce, prowadzona jest hodowla odmian traw wyspecjalizowanych do różnego użytkowania. Stosowane są różne systemy oceny nawierzchni trawiastych (Prończuk 1993).

Celem opracowania jest omówienie zasad obowiązujących przy zakładaniu i pielęgnacji trawników w zależności od planowanej intensywności użytkowania i przeznaczenia oraz sposób oceny jakości trawnika.

Jest to podsumowanie 20-letnich badań nad technologią uprawy traw gazonowych i oceną jakości darni prowadzonych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie, jest także kompilacją prac wydanych w latach 1993–2001, uzupełnionych literaturą.

Typy trawników

W metodyce badań traw gazonowych (darniotwórczych) w Polsce jako podstawę podziału trawników przyjęto

intensywność pielęgnacji i eksploatacji (Prończuk 1998). Wydzielono trzy główne „typy użytkowania” trawników:

- ekstensywny – „Eko” i „Park”,
- umiarkowanie intensywny – „Relaks”

- intensywny – „Sport”

Charakterystykę technologii uprawy trawników z podziałem na typy przedstawiono w tabelach 1 A–D.

TABELA 1. Technologiczne parametry w uprawie trawników

TABLE 1. Technological principles in turf maintenance

A. Podłoże i dobór traw

A. Seed bed and grass choice

Typ trawnika Turf type	Podłoże glebowe Seed bed	Wyrównanie powierzchni [cm] Uniformity of surface [cm]	Podstawowe ga- tunki w mieszance [%] Main species in mixture [%]	Typ odmian Type of cultivars
Ekstensywny „Eko – Park” Extensive Eco – Park	naturalne natural	± 3	<i>F. rubra</i> – 60% <i>L. perenne</i> – 20% <i>P. pratensis</i> – 20%	pastewne + gazo- nowe forage + turfgras- ses
Umiarkowanie intensywny „Relaks” Moderate inten- sive Relax	naturalne + sub- stancja organicz- na + piasek natural + organic matter + sand	± 1	<i>L. perenne</i> – 40% <i>F. rubra</i> – 40% <i>P. pratensis</i> – 20%	gazonowe (± 2 odmiany w ga- tunku) turfgrasses (± 2 cultivars in spe- cies)
Intensywny „Sport” Intensive Sport	piasek i $\pm 3\%$ substancja orga- niczna sand and $\pm 3\%$ organic matter	$\pm 1-0,1$	Boisko – piłka nożna Football pitches <i>L. perenne</i> – 30% <i>P. pratensis</i> – 70% Podsiew/overseeding <i>L. perenne</i> – 90% <i>P. pratensis</i> – 10% Green – golf <i>F. rubra</i> – 80% <i>A. capillaris</i> – 20%	specjalne – gazo- nowe (kilka od- mian w gatunku) special turfgrass cultivars (a few cultivars in spe- cies)

B. Siew nasion lub darniowanie

B. Seed sowing or sodding

Typ trawnika Turf type	Norma siewu [kg/100 m ²] Seed rate kg/100 m ²	Najwcześniejszy termin siewu The best sowing period	Najbardziej kor- zystny termin „darniowania” The best sodding period	Nawadnianie Irrigation
1	2	3	4	5
„Eko – Park” Eco-Park	1,0–3,0	IV i IX	III–V i IX–XI	niekonieczne not necessary

cd. tabeli 1
cont. table 1

1	2	3	4	5
„Relaks” Relax	2,5–3,0	III–IX	IV–VI, VIII–XI	konieczne – ważne 2–3 tyg. po siewie Necessary – im- portant 2–3 weeks after sowing
„Sport” Sport	3,0	siew boiska do piłki nożnej sowing of football pitches IV lub/ or VIII podsiewy oversowing V–VI	cały rok oprócz temp. < + 25 C around the year except temp. > +25 C	konieczne i sys- tematyczne important and systematically

C. Pielęgnacja
C. Maintenance

Typ trawnika Turf type	Nawożenie N [kg/ha rocznie] Fertilisation N kg/ha per year	Liczba ko- szeń w roku Number of cutting per year	Wysokość koszenia [cm] Height of cutting in cm	Nawadnia- nie Irrigation	Wertykulacja Verticulation	Aeracja Aeration
„Eko – Park” Eco – Park	0–60	2–9	6–7	–	–	–
„Relaks” Relax	160–220	18–25	4–5	++	++	– +
„Sport” Sport	200–400	35–140	0,3–3,5	+++	+++	+++

Objaśnienia/Explanation:

– niekonieczna/not necessary

+++ bardzo zalecana/very recommended

D. Zagrożenie stresami
D. The stresses occurrence

Typ trawnika Turf type	Susza Drought	Czystość koszenia Clines of cutting	Nadmierna wilgotność Too much moisture	Deptanie Wearing	Zacienie- nie Shading	Choroby Diseases	Szkod- niki Pests
„Eko – Park” Eco – Park	– +	++	–	++	+	–	–
„Relaks” Relax	++	+++	+	+	++	++	+++
„Sport” Sport	+++	+	+++	+++	+++	+++	+++

Objaśnienia/Explanation:

– niskie/low

+++ bardzo duże/very high

Stopień intensywności decyduje o nakładach i jakości darni trawnika. Poszczególne typy różnią się przygotowaniem podłoża glebowego, poziomem nawożenia oraz wysokością i częstotliwością koszenia. Do innych elementów różnicujących należą: regulacja stosunków wodno-powietrznych w podłożu glebowym, terminy siewu, dobór mieszanki traw (gatunki i odmiany) oraz prawdopodobieństwo wystąpienia stresów abiotycznych i biotycznych.

Typ użytkowania ekstensywnego („Eko”, „Park”) znajduje zastosowanie na trawnikach krajobrazowych, wielkoobszarowych, gdzie nakłady muszą być minimalizowane, a zieleń spełnia raczej znaczenie ekologiczne, a nie reprezentacyjne. Nawożenie jest niskie lub jego brak, a koszenia sporadyczne (Bara i in. 1993, Dernoeden i in. 1994). Takie trawniki dominują w aglomeracjach miejskich (Wysocki 1994). W tej grupie istnieje możliwość wydzielania także trawników „Eko”, bez nawożenia mineralnego poza startowym (siewnym).

Trawniki typu umiarkowanie intensywnego „Relaks” są zakładane jako miejsca odpoczynku oraz jako reprezentacyjna oprawa budynków. Stanowią one tło dla architektury ogrodowej, a czasem towarzyszą także ciągom ulicznym. Takim trawnikom stawiane są dość wysokie wymagania estetyczne. Powinny mieć żywozielone zabarwienie przez cały rok, zwartą darń oraz gładką powierzchnię. Poza tym powinny być odporne na umiarkowane deptanie. Taki trawnik wymaga dosyć wysokiego nawożenia, podlewania w okresach suszy i systematycznego koszenia co najmniej raz w tygodniu.

Trawniki typu intensywnego „Sport” stanowią nawierzchnie terenów sportowych. Są one nisko i często koszone, wysoko nawożone i obciążone silnym udeptywaniem. System korzeniowy traw intensywnie użytkowanych jest zredukowany i trawniki takie wymagają systematycznego nawadniania.

Na wszystkich typach trawników pojawiają się problemy związane z różnymi stresami, o których sygnalizowano w tabeli 1D. Wiele badań wskazuje, że czynniki stresowe, takie jak: ubogie podłoże, susza, nadmierne uwilgotnienie, zacinienie, mróz oraz choroby, wraz z intensyfikacją użytkowania, potęgują niekorzystne działanie (Waddington i in. 1992, Prończuk i Prończuk 2000). Większość stresów może być ograniczana zabiegami pielęgnacyjnymi. Są jednak i takie, które nie znajdują rozwiązań. Do nich można zaliczyć niektóre choroby grzybowe, jak np. czarcie kręgi, czyli grzyby kapeluszowe. Grzyby te żyją w symbiozie z trawami, a ich rozwojowi sprzyja gęsta, wilgotna darń z dużą zawartością zmarłych liści. Takie grzyby pojawiają się także na bardzo zadbanych trawnikach. Ich obecność można jedynie ograniczyć, usuwając obumarłe części roślin z darni, stosując wertykulację (Prończuk 2000). Innym czynnikiem sprawiającym trudność jest stres cienia. Na trawnikach zlokalizowanych w sąsiedztwie drzew i budynków rzadko udaje się uzyskać zwartą i gładką darń (Prończuk i in. 2001).

Jednym z ważnych sposobów łagodzenia stresów jest odpowiedni dobór gatunków i odmian. Umiejętne połączenie cech odmian w mieszance może optymalizować reakcje na niedogodne

warunki. Każda odmiana w ciągu roku ma lepsze i gorsze okresy występowania korzystnych cech (Prończuk i in. 1997b). Dlatego tworzenie mieszanek trawnikowych powinno być poprzedzone indywidualnym badaniem odmian pod względem cech użytkowych.

Rodzaje trawników

Rozpatrując szczegóły technologiczne, wydzielić możemy „rodzaj trawnika”. Jest to określenie wąskiej specjalizacji użytkowej trawnika. W literaturze spotkać można opisy wielu rodzajów trawników (Rutkowska i Pawluśkiewicz 1996). Nazewnictwo najczęściej dotyczy ich przeznaczenia, jak np. „parkowe”, „przydomowe”, „ozdobne”, „dywanowe”, „reprezentacyjne”, „dekoracyjne”, „boisko do piłki nożnej”, „green golfowy” i inne. Nazwy cechuje duża dowolność.

Nie zawsze rodzaj trawnika pokrywa się z typem użytkowania, choć pewne związki istnieją, np. boisko do piłki nożnej może być użytkowane intensywnie według typu „Sport” lub umiarkowanie intensywnie według typu „Relaks”, a czasem w ubogich klubach sportowych nawet ekstensywnie według typu „Eko”. Podobnie może być z użytkowaniem trawników przydomowych.

Trawniki zaliczane do takich rodzajów, jak: „krajobrazowe”, „parkowe”, „parkingowe”, „miejskie” zakładane są najczęściej według typu ekstensywnego „Eko – Park”. Gleba pod takie trawniki przygotowywana jest według zasad ogólnorolniczych, a nawożenie poza startowym nie jest zazwyczaj sto-

sowane. Na taki trawnik powinno się jednak dobrać odpowiednią mieszankę traw, zawierającą gatunki i odmiany dające względnie małe przyrosty zielonej masy, odporne na stres suszy, a w sąsiedztwie drzew – odporne na zacinienie. Na takich trawnikach często powstaje naturalna równowaga składu botanicznego z udziałem roślinności miejscowej. Liczba koszeń ograniczona jest do 3–8.

Trawniki tzw. „reprezentacyjne”, „przydomowe”, „dywanowe” prowadzone są według typu użytkowania umiarkowanie intensywnego „Relaks”. Trawniki takie wymagają już starannejszego przygotowania podłoża z dodatkiem torfu (na glebach piaszczystych) lub torfu i piasku (na glebach gliniastych). Potrzebują specjalnie dobranej mieszanki traw gazonowych oraz odpowiedniego nawożenia i nawadniania, co zapewnia żywozielone zabarwienie przez cały rok. Użytkownicy tych trawników spotykać się mogą z wieloma problemami, jak np.: uszkodzeniami darni przez krety, psy, a czasem także przez ptaki i owady. Nadmiar nawożenia azotowego na jesieni może spowodować wystąpienie chorób grzybowych i wymarznienie traw podczas zimy.

Najwięcej szczegółów technologicznych wiąże się z powierzchniami intensywnie użytkowymi typu „Sport”. Dotyczą one również rodzajów trawników w tym typie. Każda dyscyplina sportowa ma (stawia) różne wymagania co do jakości darni. Trawniki boiska do piłki nożnej niewiele różni się od nawierzchni rekreacyjno-ozdobnej typu „Relaks”. Tymczasem green pola golfowego, boisko do hokeja na trawie czy

kort tenisowy są powierzchniami nie-
bawale wysublimowanymi pod wzglę-
dem pielęgnacji. Na tych trawnikach
nawet niewielki błąd w technologii
spowodować może niekorzystne zmia-
ny w jakości darni, utrudniające, a na-
wet czasem uniemożliwiające grę. Po-
między boiskiem piłkarskim a greenem
golfowym czy kortem tenisowym ist-
nieją różnice w wielu elementach. Na
przykład, na boisku najważniejszą ce-
chą jest „zwartość darni” zapobiegająca
rozrywalności oraz dobra przepuszczal-
ność podłoża. Na polu golfowym ko-
szonym około 140 razy, na wysokość
0,3–0,5 mm, najczęstszym problemem
są choroby traw powodujące nierów-
ność powierzchni. Na korcie tenisowym
tajemnicą technologiczną jest przygo-
towanie twardości podłoża. Cechą
wspólną tych nawierzchni są częste i

niskie koszenie oraz podwyższone na-
wożenie. Na tych terenach dobór nasion
do mieszanek powinien być oparty na
szczegółowych badaniach wartości
odmian.

System oceny trawników

W hodowli traw gazonowych przy-
datność odmian do różnych celów oce-
nia się przez narzucenie odpowiedniego
użytkowania – według typu lub rodza-
ju. Wartość odmian określana jest na
podstawie wielu cech – parametrów
(tab. 2) (Prończuk 1993). Zbiór cech
tworzy pewien „system oceny”, który
może być wykorzystywany w całości
lub częściowo (Prończuk i in. 1997a).

TABELA 2 Cechy i ich akronimy służące do oceny jakości trawnika (Prończuk 1993)

TABLE 2 Characters and their acronyms useful for evaluation the quality of turf (Prończuk 1993)

W	wschody po 2 tygodniach/germination after 2 weeks
I ₁	instalacja po 1 miesiącu/ installation after 1 month
I ₂	instalacja po 2 miesiącach/ installation after 2 months
OA	ogólny aspekt (estetyczny)/ general aspect (performance)
ZA	zadarnienie/ compactness
OD	odrastanie/ slow regrowth
DL	doskonałość liścia/ fine of leaf
ZZ	zimozieloność/ winter greenness
PR	przezimowanie/ overwintering
K	kolor/ colour
CzK	czystość koszenia/ cleanness of cutting
OS	odporność na suszę/ drought resistance
OC	odporność na cień/ shade resistance
DP	odporność na deptanie/ wearing resistance
ZD	zdrowotność/ disease resistance
PŚ	pleśń śniegowa/ snow mould
R	rdze traw/ rust
HL	helminthosporioza traw/ leaf spot, melting out
RH	rizoktorioza traw/ brown patch

cd. tabeli 2
cont. table 2

CN	czerwona nitkowatość/ red thread
RP	różowa plamistość/ pink patch
M	mączniak prawdziwy/ powdery mildew
KZ	kompleks chorób zimowych/ complex of winter diseases
E	głownia plamista liści traw/ blister smut

Obserwacje w sezonach/Observation in season: w – wiosna/spring, l – lato/ summer, j – jesień/autumn, z – zima/winter.

Q – wskaźnik jakości trawnika/turf quality index:

$Q = (3 \times ZA + 2 \times OD + 1 \times DL) : 6$

Ocena dotyczy 16 cech użytkowych oraz porażenia darni przez choroby. Obserwacje na trawnikach wykonywane są wielokrotnie w okresie sezonu wegetacyjnego, począwszy od wczesnej wiosny, aż do zimy. Ocena wykonywana jest w skali bonitacyjnej 1–9, w której 1 oznacza najgorszy stan trawnika (wyginięcie traw), 9 zaś – „ideal” trawnika lub badanej cechy. System ten lub tylko niektóre cechy mogą być z powodzeniem stosowane do oceny trawników mieszkankowych.

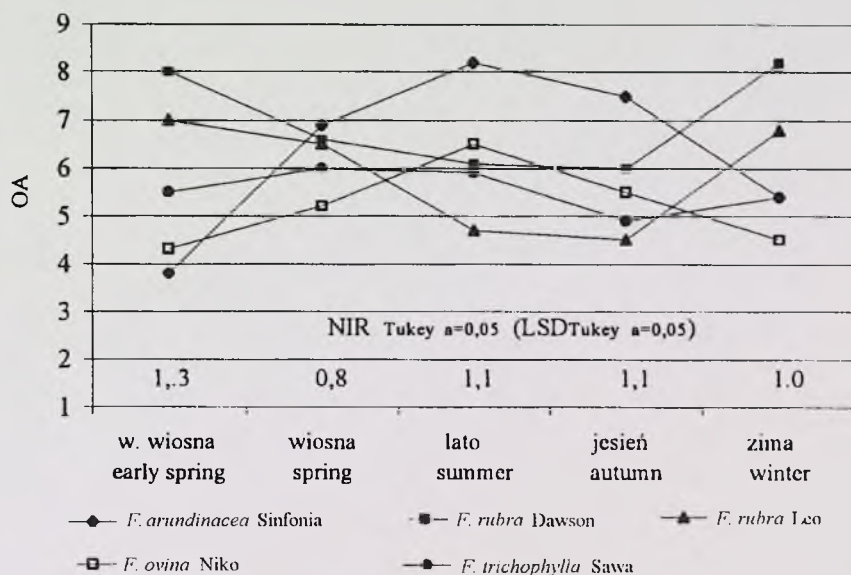
Najważniejszą z ocenianych cech jest ogólny aspekt estetyczny trawnika (OA). Cecha ta jest sumą właściwości składających się na „jakość trawnika”. Pozostałe cechy są uzupełniające, ale w zależności od rodzaju trawnika mogą stawać się bardzo ważne. Na płycie boiska np. ważne jest wczesne ruszenie wegetacji (cecha PR), zadarnienie (ZA), kolor (K), zimozieloność (ZZ) oraz odporność na choroby. Na trawniku parkowym zaś – wolne odrastanie traw (DL), a w zacieleniu tolerancja odmian na brak światła (OC) itp. Gatunki i odmiany traw różnią się znacznie w reakcji na warunki stresowe. Przykład różnic odmianowych trawników *Festu-*

ca spp. użytkowanych według typu „Park” (cień) przedstawia rysunek 1.

Analiza cech trawnikowych może być przeprowadzana indywidualnie lub zbiorowo – syntetycznie (Prończuk i in. 1997a). Dla trawników typu „Relaks” zaproponowano syntezę cech w postaci indeksu jakości Q (tab. 2). W zależności od celów użytkowych waga cech w indeksie może ulegać zmianie.

Wnioski

1. Zasady zakładania i pielęgnacji trawników zależą od typu i rodzaju trawnika. Typ trawnika określa stopień intensywności uprawy, rodzaj zaś wskazuje cel użytkowy.
2. Trawniki typu ekstensywnego nie wymagają dużych starań uprawowych natomiast typu intensywnego są trudne w pielęgnacji i narażone na wiele stresów. Zdecydowanie różne są efekty estetyczno-użytkowe.
3. System oceny trawników stosowany w hodowli może służyć do oceny nawierzchni trawiastych obsiewanych mieszkankami, może być także modyfikowany w zależności od rodzaju trawnika



RYSUNEK 1. Sezonowe zmiany wyglądu trawników odmian *Festuca* spp. (OA) w warunkach użytkowania „Park” – cień, średnia trzech lat użytkowania, Radzików

FIGURE 1. Seasonal changes of *Festuca* spp. cultivars performance (OA) under Park – shade maintenance, mean of three years of maintenance, Radzików

Literatura

- BARA R.F., DICKSON W.K., MURPHY J.A., SMITH D.A., FUNK C.R. 1993: Performance of Kentucky bluegrass cultivars and selection in New Jersey turf trials. Rutgers turfgrass Proc. of the New Jersey Turfgrass Expo, Atlantic City.
- DERNOEDEN P.H., CAROLL M.J., KROUSE 1994: Mowing of three Fescue species for low – maintenance turf sites. *Crop Sci.* 34: 1645–1649.
- PROŃCZUK S. 1993: System oceny traw gazonowych. *Biuletyn IHAR* 186: 127–132.
- PROŃCZUK S. 1998: Typy i rodzaje trawników – zakładanie i użytkowanie. Materiały z konferencji „Miasto-ogród, sto lat rozwoju idei”, Wrocław-Taragra '98.
- PROŃCZUK M. 2000: Choroby traw w uprawie na nasiona i użytkowaniu trawnikowym. *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR*. 4: 1–183.
- PROŃCZUK S., PROŃCZUK M. 2000: Nasiennictwo traw dla rekultywacji terenów trudnych. *Lękarstwo w Polsce* 3: 129–140.
- PROŃCZUK S., PROŃCZUK M., ŻYŁKA D. 1997a: Metody syntetycznej oceny wartości użytkowej traw gazonowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 451: 125–133.
- PROŃCZUK S., PROŃCZUK M., ŻYŁKA D. 1997b: Comparison of aesthetic aspect of turfgrasses in sun and shade conditions at Radzików. In: Ecological aspects of breeding fodder crops and amenity grasses. Staszewski Z. et al., (eds). IHAR Radzików.
- PROŃCZUK S., PROŃCZUK M., ŻEBROWSKI J., ŻYŁKA D. 2001: Reakcja traw na zacielenie. *Zesz. Probl. Nauk Rol.* 474: 93–103.
- RUTKOWSKA B., PAWLUŚKIEWICZ M. 1996: Trawniki. Poradnik zakładania i pielęgnowania. PWRiL, Warszawa.
- WADDINGTON D.V., CARROW R.N., SHERMAN R.C. 1992: Turfgrass. *Agro-nomy Monograph* 32: 1–805.

- WATSON J.R., KAERWER H.E., MARTIN D.P. 1992: The turfgrass industry. In: Turfgrass. *Agronomy Monograph* 32: 29–88.
- WYSOCKI Cz. 1994: Studia nad funkcjonowaniem trawników na obszarach zurbanizowanych (na przykładzie Warszawy). Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

Summary

Technological principles in management and evaluation of turfgrasses. The paper contains some rules which should be taken under consideration at turf management. The proposition of classification of turf according to the intensity of maintenance (type of turf) and goal of management (kind of turf) were done. It was presented parameters of technology which can be a "key" for specialisation of turf. The

system of turf quality evaluation was proposed. *Festuca* spp cultivars turf performance (general aspect) under shade park conditions was showed as a example of using the system. It was concluded that the extensive turf is rather easy to managing but the intensive one is difficult in many maintenance details. The intensive type of turf can be cause by many abiotic and biotic stresses.

Author's address:

Sławomir Prończuk
Legumes and Grasses Department
Plant Breeding and Acclimatization Institute,
Radzików
05-870 Błonie
Poland
e-mail s.pronczuk@ihar.edu.pl

Karol WOLSKI

Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni
Akademia Rolnicza we Wrocławiu
Department of Grassland and Landscape Planning
Agricultural University of Wrocław

Możliwości wykorzystania siewu rzutowego i perforacyjnego w zakładaniu sportowych nawierzchni trawiastych

Punch and broadcast sowing used in establishing grass of surfaces sporting facilities

Wprowadzenie

Tereny trawiaste, przy wzrastającej świadomości społecznej, która wymaga zdrowego, przyjaznego oraz pięknego otoczenia, mają obecnie duże znaczenie (Wolski i Peplowski 2001). Trawniki stały się ważnym elementem życia człowieka. Powinny zapewniać bezpieczeństwo użytkownikom, wolno odrastać, być odporne na intensywne użytkowanie, susze, wahania temperatury oraz zanieczyszczenia powietrza (Domański 1995, Rutkowska i Pawluśkiewicz 1996, Prończuk 1998, Harkot i Czarnecki 1999). Żywa, zielona barwa, odpowiednia gładkość oraz jednolitość podnoszą walory estetyczne każdej nawierzchni trawiastej i wpływają na zdrowie oraz samopoczucie człowieka (Gajda i Hempel 1997, Grabowski i in. 2001).

W badaniach własnych dokonano oceny możliwości wykorzystania siewu powierzchniowego rzutowego i perforacyjnego w zakładaniu sportowych nawierzchni trawiastych.

Material i metoda

W latach 1998–2000 w Goszczu przeprowadzono badania nad zakładaniem sportowych nawierzchni trawiastych, porównując dwa rodzaje siewu powierzchniowego – rzutowy i perforacyjny. Siew rzutowy wykonano siewnikiem zbożowym, podwieszając redlice, natomiast siew perforacyjny – wykorzystując siewnik o szerokości roboczej 3 m z wałem wciskającym nasiona w przypowierzchniową warstwę gleby, na głębokość 1–2 cm. Po siewach zastosowano 2-krotne wałowanie. W obu siewach porównywano również pojedynczy i podwójny wysiew nasion (na krzyż).

Doświadczenia założono na glebie zaliczanej do gleb antropogenicznych. W wierzchniej warstwie gleby stwierdzono odczyn pH_{KCL} 6,5, średnią zasobność fosforu i potasu oraz wysoką magnezu.

W doświadczeniu zastosowano mieszanekę o składzie: *Lolium perenne*

L. – 50%, *Festuca rubra* L. – 10% oraz *Poa pretensis* L. – 40%, przyjmując normę wysiewu 25 g/m². W roku założenia trawników sportowych oraz w kolejnych latach eksploatacji darń sportową nawadniano co 2–3 dni, stosując w zależności od potrzeb dawkę polewową 5–10 l · m⁻². Przed siewem zastosowano nawożenie mineralne w ilości: 30 kg N/ha, 45 kg P₂O₅/ha oraz 100 kg K₂O/ha. W kolejnych latach użytkowania, na podstawie analiz zasobności gleby wykonanych w Stacji Chemiczno-Rolniczej we Wrocławiu, stosowano nawozy mineralne wieloskładnikowe o przedłużonym działaniu w ilości 500 kg NPK · ha⁻¹. Pierwsze koszenie wykonano przy wysokości traw 8 cm, następnie murawę koszone regularnie na wysokość 3,5 cm.

Obserwacje wzrostu i rozwoju traw prowadzono według systemu oceny traw gazonowych (Prończuk 1993) oraz metodą kwadratów Webera. W roku siewu (1998) wykonano obserwacje stanu: 1) wschodów po 30 dniach, 2) zadarnienia po 12 tygodniach i 3) jesienią. Wschody roślin określano losowo w 4 powtórzeniach na 1 dm². W kolejnych latach użytkowania (1999–2000) określono pokrycie powierzchni przed rozpoczęciem i po zakończeniu sezonu ligowego. W opracowaniu statystycznym przeprowadzonych badań wykorzystano analizę wariancji dla kompletnej randomizacji.

Wyniki

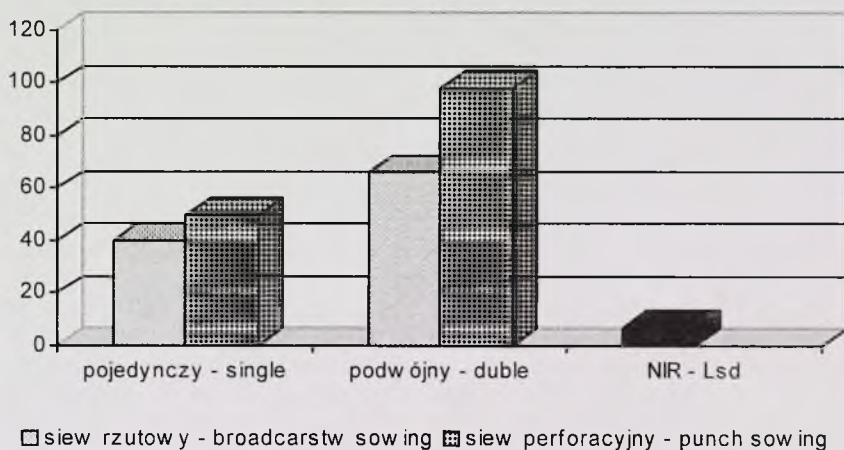
Wiosną 1998 roku, po założeniu trawników sportowych, przeprowadzono obserwację wschodów po 30 dniach. Oceniając technikę siewu, po perforacji

gleby odnotowano średnio 81 roślin/dm², natomiast po siewie rzutowym – 62 roślin/dm². Podwójny wysiew nasion zwiększył liczbę roślin na jednostce powierzchni w przypadku siewu perforacyjnego z 57 do 105 roślin/dm², natomiast po siewie rzutowym z 46 do 78 roślin/dm² (rys. 1). Oceniając pokrycie powierzchni w roku założenia trawnika sportowego lepsze efekty w zadarnianiu powierzchni określono po siewie perforacyjnym, gdzie po 12 tygodniach pokrycie było bardzo dobre i wynosiło średnio 88%, w porównaniu z siewem rzutowym, gdzie osiągnięto dobre zadarnienie ze średnią wartością 69% (tab. 1). Analizując zadarnienie powierzchni po dwóch sezonach ligowych, stwierdzono bardzo dobry stan nawierzchni trawiastej po podwójnym siewie perforacyjnym, dostateczne po pojedynczym, natomiast tylko dostateczne po siewach rzutowych.

Podsumowanie i wnioski

Porównując liczbę roślin na jednostce powierzchni, stwierdzono, że rodzaj siewu oraz sposobu wysiewu nasion wpływa na instalacje traw w roku założenia trawników sportowych. Wyraźnym miernikiem trwałości oraz jakości wykonanych zasiewów było zmieniające się pokrycie powierzchni w kolejnych latach eksploatacji nawierzchni trawiastej.

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:



RYSUNEK 1. Wpływ sposobu założenia trawnika na liczbę roślin na jednostce powierzchni (szt/dm²)
 FIGURE 1. Number of plants per unit surface as dependent on the way of lawn establishment (number per dm²)

TABELA 1. Obserwacja zadarnienia powierzchni w roku założenia i po dwóch sezonach ligowych w zależności od sposobu założenia trawnika (NIR $\alpha=0,05 = 8$)
 TABLE 1. Turfness observed in the year of establishment and after two league seasons as dependent on the way of lawn establishment (LSD $\alpha=0,05 = 8$)

Wyszczególnienie Specification	Siew powierzchniowy / Surface sowing			
	Rzutowy Broadcast sowing		Perforacyjny Punch sowing	
	Pojedynczy Single	Podwójny Double	Pojedynczy Single	Podwójny Double
Wysiew nasion Seeding				
Zadarnienie po 12 tygodniach Turfness after 12 weeks	67	71	83	92
Zadarnienie po 1 sezonie piłkarskim Turfness after 1 st football season	61	65	72	86
Zadarnienie po II sezonie piłkarskim Turfness after 2 nd football season	52	56	60	81

1. W roku założenia trawników sportowych stwierdzono większą i bardziej równomierną liczbę roślin na jednostce powierzchni po siewie perforacyjnym w porównaniu z siewem rzutowym. Bez względu na rodzaj siewu, po podwójnym (krzyżowym) wysiewie nasion stwierdzono lepsze pokrycie powierzchni w porównaniu z wysiewem pojedynczym.
2. Oceniając w kolejnych sezonach ligowych stopień pokrycia powierzchni trawników sportowych, odnotowano, że po siewie perforacyjnym zadarnienie powierzchni było również wyższe w porównaniu z siewem rzutowym, zatem ten sposób zakładania trawiastych nawierzchni sportowych był lepszy.

Literatura

- DOMAŃSKI P. 1995: Trawy darniowe: kostrzewa czerwona, kostrzewa owcza, mietlica pospolita, wiechlina łąkowa, życica trwała. Synteza wyników doświadczeń odmianowych. Seria 1991. COBORU, Słupia Wielka.
- GAJDA M., HEMPEL A. 1997: Trawniki. Plantpress, Kraków.
- GRABOWSKI K., GRZEGORCZYK S., KWIETNIEWSKI H. 2001. Początkowy wzrost i rozwój wybranych gatunków i odmian traw gazonowych na trawnikach ozdobnych. Pam. Puł. IUNG, Puławy.
- HARKOT W., CZARNECKI Z. 1999: Przydatność polskich odmian traw gazonowych zadarniania powierzchni w trudnych warunkach glebowych. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Agricultura* 75: 117–120.
- PRONCZUK S. 1993: Systemy oceny traw gazonowych. *Biul. Inst. Hod. i Aklimat. Roślin*, 186: 127–132.
- PRONCZUK S. 1998: Miasto – ogród sto lat rozwoju idei. Typy i rodzaje trawników – zakładanie i użytkowanie. Dolnośląskie Wydawnictwo Naukowe, Wrocław.
- RUTKOWSKA B., PAWLUŚKIEWICZ M. 1996: Trawniki. Poradnik zakładania i pielęgnowania. PWRiL, Warszawa.

WOLSKI K., PEPLOWSKI W. 2001: Ogrody przydomowe. Milenium budowlane. *Dolnośląski Magazyn Budowlany* 3: 6–7.

Summary

Punch and broadcast sowing used in establishing grass of surfaces sporting facilities. Punch and broadcast sowing used in establishing grass of surfaces sporting facilities. The paper presents the results of studies on suitability of two surface sowings – broadcast and punch sowing. The lawns were used as football pitches. The study includes also single and double seeding. On the basis of the results it can be stated that in the year of establishment and for two successive years of maintenance the best compactness was found after double punch sowing.

Author's address:

Dr inż. Karol Wolski
Agricultural University of Wrocław
Department of Grassland and Landscape
Planning
ul. M. Skłodowskiej-Curie 42
50-375 Wrocław
Poland

Piotr Julian DOMAŃSKI

Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych w Słupi Wielkiej
Research Centre for Cultivar Testing, Słupia Wielka

Gatunki i odmiany traw w mieszankach na trawniki i boiska sportowe

Grass species and varieties in mixtures for lawns and sports stadiums

Wprowadzenie

Postęp w sporządzaniu mieszanek traw na przestrzeni lat spowodował ograniczenie użycia pojedynczych gatunków. Wykorzystując coraz pełniejsze informacje o możliwościach konkurencyjnych traw i ich reakcji na różne warunki siedliskowe, dobiera się do mieszanek nasiennych właściwe składniki. Dla boisk sportowych najważniejszymi są *Poa pratensis* i *Lolium perenne*, a w niekorzystnych warunkach klimatycznych *Festuca arundinacea*. Do zakładania trawników ozdobnych najpowszechniej używa się *Agrostis tenuis* i *Festuca rubra*. Odmiany *Agrostis sp.* są bardzo agresywne na piaszczystych glebach o niskim pH, ale nie wytrzymują udeptywania. *Festuca rubra* dominuje na gliniastych glebach. Udeptywanie stymuluje rozwój głównie *Lolium perenne* i *Poa pratensis*.

Zastosowanie tylko jednego gatunku na trawniki i boiska sportowe jest możliwe jedynie przy wyborze bardzo dobrej odmiany, o dużych możliwościach przystosowawczych. Ostatnio

wprowadza się wiele interesujących zmian w mieszankach traw w porównaniu z tymi, które oferowano 40 lat temu. Powszechną zasadą było sporządzanie mieszanki uniwersalnej. Wynikało to z braku doświadczeń i wyników badań nad zasadniczymi cechami i zachowaniem się różnych gatunków traw oraz niepełnego rozpoznania ich możliwości konkurencyjnych. Nie dysponowano również tak wszechstronnie rozwiniętą hodowlą twórczą. Nic więc dziwnego, że mieszanki dla terenów sportowych były podobnie układane jak mieszanki na typowe trawniki. Trawy do takiego celu cechowały się delikatnymi liśćmi i musiały tworzyć gęstą darń. Różnice między odmianami pod względem odporności na udeptywanie i rozrywanie darni były wtedy niedostatecznie poznane. Mieszanki na trawniki i boiska sportowe były komponowane z następujących gatunków:

- trawniki: *Agrostis tenuis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Cynosurus cristatus*, *Festuca heterophylla*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra*, *Poa*

nemoralis, *Poa pratensis*, *Lolium perenne*, *Aira flexuosa*,

- boiska sportowe: *Agrostis tenuis*, *Festuca rubra*, *Poa pratensis*, *Lolium perenne*, *Cynosurus cristatus*, *Poa trivialis*, *Festuca ovina ssp. duriuscula*.

Proporcje gatunków w mieszankach w większości pozostawiano do decyzji użytkownika.

W niektórych krajach (Holandia, Dania, Szwecja) już w końcu lat 40. XX wieku mieszanki traw dla celów specjalnych rekomendowano w rodzimych „Listach odmian”. Mieszanki oznaczano symbolami stosownie do ich przeznaczenia, np. BG – na trwałe użytki zielone, GZ – na trawniki, SV – na boiska sportowe. Gdyby porównać współczesne mieszanki o różnym przeznaczeniu ze starymi, to dziś uderzające jest znaczne zredukowanie w nich gatunków. Widoczne są wyraźne różnice w składzie botanicznym mieszanek, zależnie od sposobu użytkowania. Wiadomo już, że gatunki o delikatnych liściach nie mogą być stosowane na boiska sportowe oraz że istnieją duże różnice co do wartości użytkowej między odmianami w obrębie poszczególnych gatunków. Dlatego mieszanki należy tworzyć nie tylko wykorzystując gatunki, ale również odmiany.

Dobór traw na trawniki i boiska sportowe

Wiedza o zastosowaniu traw na trawniki i boiska sportowe jest oparta na wynikach wielu doświadczeń wykonywanych na różnych rodzajach podłoża. Badania prowadzi się w warunkach

właściwych dla trawników oraz boisk sportowych. W zależności od przeznaczenia są one odpowiednio traktowane, np. specjalnie koszone, nawożone, lub też stosuje się inhibitory wzrostu roślin. Trawy na tereny sportowe są testowane w normalnych warunkach gry sportowej lub w symulowanych (sztucznych) warunkach eksperymentu. W doświadczeniach uwzględniających poszczególne gatunki porównuje się je i klasyfikuje według kryterium wytrzymałości na różne traktowanie. Należy podkreślić, że sposób koszenia szczególnie determinuje wartość gatunków. Wpływ gry zawodników na zmianę składu botanicznego trawników jest podobny do mechanicznego ugniatania darni (ugniatanie przez wały, koła zębate itd.) i powoduje zwiększenie udziału *Lolium perenne* i *Poa pratensis*, a ustępowanie *Agrostis tenuis* i *Festuca rubra*. Bardzo ważne dla boisk sportowych są więc takie gatunki, jak: *Poa pratensis*, *Lolium perenne*, *Phleum pratense* i *Phleum bertoloni*. W szczególnych okolicznościach stosuje się *Festuca rubra*, a czasami *Agrostis tenuis* i *Cynosurus cristatus*.

Najważniejszymi gatunkami dla delikatnych trawników ozdobnych są: *Agrostis tenuis*, *Agrostis canina*, *Festuca rubra ssp. commutata*, *Festuca rubra ssp. rubra*. Mniejsze znaczenie mają: *Poa pratensis*, *Lolium perenne*, *Festuca ovina*. Rzadziej też używa się *Agrostis stolonifera* i *Poa nemoralis*.

Agrostis tenuis Sibth. W naturalnych warunkach gatunek ten występuje na kwaśnych i ubogich glebach, na których jest preferowany po zastosowaniu azotu. Wykazuje wtedy tendencje do dominacji nad innymi gatunkami. Na

terenach sportowych świeżo założonych, które tylko kosi się i nie ma jeszcze gry, jest on agresywny w stosunku do *Lolium perenne*, *Poa pratensis* i *Phleum sp.* Gdy wprowadzi się elementy gry, bardzo szybko uwidaczniają się wady mietlicy, głównie brak wytrzymałości na powtarzające się udeptywanie i rozrywanie darni. *Agrostis tenuis* tworzy ładne, bardzo gęste trawniki, w dużym stopniu odporne na suszę.

W tabeli 1 przedstawiono wyniki doświadczeń, w których wysiano wartościowe odmiany w obrębie różnych gatunków. Każdą z nich, częściowo zmieszaną z *Lolium perenne*, wysiewano w ilości około 20 000 sztuk nasion na 1 m².

W pierwszym roku użytkowania dominowały trawy o delikatnych li-

ściach, szczególnie *Agrostis tenuis*. Po dwóch latach gry w piłkę nożną, jedynie mieszanka *Lolium perenne* z *Poa pratensis* cechowała się niskim zachwaszczeniem obcymi gatunkami. Różnice po wysianiu *Agrostis tenuis* na glebie piaszczystej i gliniastej (dwa doświadczenia – na każdym typie gleby) wskazują na dominację *Agrostis tenuis* na glebach piaszczystych (tab. 2). Na glebach gliniastych przeważa *Festuca rubra*, a *Agrostis sp.* ustępuje. Jeżeli na trawnikach dominuje *Agrostis tenuis*, wówczas występuje bardzo małe zachwaszczenie. *Agrostis tenuis* i *Festuca sp.* nie tolerują intensywnego udeptywania, chociaż wyniki doświadczeń wskazują, że pod tym względem jest odporniejsza *Festuca sp.*

TABELA 1. Procentowy udział traw na poletkach doświadczalnych na ubogich glebach piaszczystych przy zastosowaniu siewu z *Lolium perenne* L. (Vos i Scheijgrond 1970)

TABLE 1. Percentage share of grass on the experiment plots on poor sandy soils in sowing with *Lolium perenne* L. (Vos and Scheijgrond 1970)

Odmiana w obrębie danego gatunku Variety within a given species	Pierwszy rok po siewie First year after sowing			Po dwóch latach użytkowania (gra w piłkę nożną) After two years of utilization (football)		
	×	<i>Lolium perenne</i>	nie wysiewane, obce gatunki alien species not sown	×	<i>Lolium perenne</i>	nie wysiewane, obce gatunki alien species not sown
<i>Agrostis tenuis</i>	95	5	–	20	30	50
<i>Festuca rubra ssp. rubra</i>	85	10	5	55	25	20
<i>Festuca ovina ssp. duriuscula</i>	75	15	10	5	25	70
<i>Festuca ovina ssp. tenuifolia</i>	60	20	20	5	35	60
<i>Poa pratensis</i>	80	15	5	60	30	10

TABELA 2. Skład gatunkowy mieszanek oraz udział poszczególnych gatunków w zadarnieniu powierzchni (w %) na dwóch różnych typach gleb, po dwóch latach użytkowania (Vos i Scheijgrond 1970)

TABLE 2. Percentage species composition of mixtures sown on two different soil types and share of individual species expressed as turfing in %, after two years of utilization (Vos and Scheijgrond 1970)

Gatunek Species Wyszczególnienie Detailed list	<i>Agrostis tenuis</i>	<i>Agrostis canina</i>	<i>Festuca commutata</i>	<i>Festuca rubra ssp. rubra</i>	Chwasty Weeds
Skład mieszanki Mixtures composition	25		75		
Zadarnienie na glebie piaszczystej Turfing on sandy soil	81		19		
Zadarnienie na glebie gliniastej Turfing on clay soil	41		55		4
Skład mieszanki Mixtures composition	20		40	40	
Zadarnienie na glebie piaszczystej Turfing on sandy soil	89			11	
Zadarnienie na glebie gliniastej Turfing on clay soil	31			62	7
Skład mieszanki Mixtures composition		25	75		
Zadarnienie na glebie piaszczystej Turfing on sandy soil		69	30		1
Zadarnienie na glebie gliniastej Turfing on clay soil		20	66		14
Skład mieszanki Mixtures composition		20	40	40	
Zadarnienie na glebie piaszczystej Turfing on sandy soil		69		30	1
Zadarnienie na glebie gliniastej Turfing on clay soil		10		79	11

Agrostis canina L. *Agrostis canina* var. *canina* – określana jako „aksamitne zgięcie”, jest bardzo delikatną trawą, przydatną na wilgotne i mokre gleby.

Większość odmian ma jasną barwę. Przy użyciu na trawniki ozdobne niezbędne okazuje się nawożenie i nawadnianie. Skłonność do dominacji nad

innymi gatunkami jest podobna jak u *Agrostis tenuis*. Cechuje się większą wytrzymałością na udeptywanie. Eksploatowana na bardzo dobrze utrzymanych murawach tworzy nawet bardziej zwartą darń niż *Agrostis tenuis*. Po okresie suszy, przy dobrym uwilgotnieniu, szybko zadarnia powstałe ubytki.

Agrostis canina ssp. montana – określana jako „brązowe zgięcie”, jest odporna na suszę, lecz barwa jej liści na trawnikach jest mało atrakcyjna. Jest również podatna na różne jednostki chorobowe.

Agrostis stolonifera L. Wymaga innych warunków siedliskowych niż *Agrostis tenuis*, jest bardziej agresywna i silniej konkuruje z *Festuca rubra* na glebach gliniastych. Jednak jest bardziej wrażliwa na porażenie chorobami fuzaryjnymi. Dobre odmiany *Agrostis stolonifera* wykazują odporność na częste i niskie koszenie. Wadą jest zbyt duża agresywność.

Festuca rubra L. *sensu lato*. Gatunek dzieli się na:

- *Festuca rubra ssp. commutata* („kępowa” o liczbie chromosomów $2x = 42$), która rośnie zazwyczaj na ubogich i piaszczystych glebach lub na terenach zdewastowanych,
- *Festuca rubra ssp. rubra* („rozłogowa”), która wymaga lepszych warunków i w jej obrębie wyróżnia się odmiany o długich rozłogach i liczbie chromosomów $2x = 56$.

Oba podgatunki są odporne na suszę i mają tendencję do dominacji na glebach gliniastych, mniej kwaśnych. Wytrzymują zmieniające się warunki siedliskowe, a głównie naświetlenie. Gatunek ten jest umiarkowanie wytrzymały na ugniatanie (tab. 1), toteż jest stosowany do mieszanek na obiekty

sportowe, ale w odpowiednich proporcjach (tab. 3). *Festuca rubra ssp. rubra* w porównaniu z *Festuca rubra ssp. commutata* jest bardziej konkurencyjna na glebach gliniastych niż na glebach piaszczystych (tab. 2).

Poa pratensis L. Populacje *Poa pratensis* występują na suchych, dobrze zdrenowanych stanowiskach. Istnieją odmiany w obrębie tego gatunku bardzo wytrzymałe na ugniatanie i suszę. Ich zimotrwałość jest z reguły niekwestionowana. Można znaleźć siedliska mokre, na których rośnie też *Poa pratensis*, chociaż powszechniejsze jest wtedy występowanie *Poa trivialis*. *Poa pratensis* przetrzymuje srogie zimy, które są zgubne dla *Poa trivialis*. Tolerancja gatunku na częste koszenie jest średnia. Odporność na plamistości liści jest głównym czynnikiem decydującym o trwałości tego gatunku na trawnikach i na boiskach sportowych. Chociaż *Poa pratensis* cechuje się dużą wartością użytkową na boiskach sportowych, to jednak należy podkreślić, że:

- początkowy wzrost i rozwój (po wysiewie) jest spowolniony, szczególnie gdy siew następuje późną jesienią lub zbyt wcześnie latem w czasie suszy,
- w siewach mieszanych z reguły udział procentowy *Poa pratensis* jest często zbyt ubogi w porównaniu z innymi składnikami,
- odporniejsze na choroby liści odmiany wprowadzono do mieszanek sportowych dopiero niedawno.

Z biegiem lat użytkowania udział *Poa pratensis* w porównaniu z innymi gatunkami wyraźnie wzrasta (tab. 3). Dla dobrego rozwoju *Poa pratensis* w mieszkach, konieczne jest właściwe

nawożenie NPK. *Poa pratensis* dominuje nad *Festuca rubra ssp. rubra* przy dawce azotu powyżej 240 kg/ha rocznie. Przy niedoborze nawożenia azotem

Festuca rubra ssp. rubra oraz *F. rubra ssp. commutata* dominują nad *Poa pratensis*:

Procent pokrycia powierzchni	<i>Poa pratensis</i>	<i>Festuca rubra</i>	chwasty
przy wysokim nawożeniu N	70	22	8
przy niskim nawożeniu N	32	62	6

TABELA 3. Zmiany w składzie botanicznym mieszanki trawiastej na piaszczystych glebach w latach użytkowania zależnie od intensywności użytkowania (wyniki doświadczeń wykonanych na dwóch płytach boiskowych)

TABLE 3. Changes in botanical composition of grass mixture on sandy soils in years of utilization in relation to utilization intensity (results of experiments carried out on two playing fields)

Gatunek Species	Udział nasion w mieszance Proportion of seeds in mix- ture [%]	Pierwszy rok po sie- wie First year after sowing	Po czterech latach użytkowania sportowego After four years of sport utiliza- tion	
			w brzegowych częściach boiska at the edge of the play- ing-field	w środkowej części boiska in the middle of the field
		skład botaniczny (w % zadarnienia powierzchni) botanical composition (in % turfing of area)		
<i>Lolium perenne</i>	20	20	18	29
<i>Poa pratensis</i>	20	3	29	32
<i>Phleum pratense</i>	20	2	4	1
<i>Festuca rubra ssp. rubra</i>	20	56	35	10
<i>Festuca rubra ssp. commutata</i>	10	56	35	10
<i>Agrostis tenuis</i>	10	19	6	3
Gatunki obce nie wysiewane Alien species not sown	—	—	8	25

***Lolium perenne* L.** Na boiska stosuje się odmiany o dużej wytrzymałości, późno dojrzewające i zimotrwałe. *Lolium perenne* w klimacie morskim jest wszędobylskim gatunkiem, dobrze przystosowanym do siedlisk ludzkich. Ruch pieszego lub nacisk kół pojazdów, narzędzi mechanicznych i wysokie nawożenie stymulują rozwój *Lolium* w mieszankach. Wskutek intensywnego traktowania darni przez piłkarzy udział *Lolium* na trawniku wzrasta (tab. 3).

Trawa ta wykazuje dużą wrażliwość na przymrozki wiosenne. Dobrze znosi częste koszenie. W konkurencji z *Agrostis tenuis* występują zdecydowane różnice w ekspansji *Lolium* na glebach piaszczystych w porównaniu z glebami gliniastymi (tab. 4). Aby uzyskać dostateczny rozwój *Lolium perenne* na piaszczystych glebach, nie można stosować *Agrostis sp.* w wysiewanych mieszankach.

TABELA 4. Udział procentowy *Lolium perenne* z/i bez konkurencji *Agrostis tenuis* na różnych typach gleb w drugim roku pełnego użytkowania sportowego (Duyvendak i Vos 1975)

TABLE 4. Percentage share of *Lolium perenne* with/and without *Agrostis tenuis* competition on different soil types in the second year after sowing on objects for sport games (Duyvendak and Vos 1975)

Wyszczególnienie Detailed list	Procentowy udział gatunków % share of species						
	<i>Lolium perenne</i>	<i>Phleum pratense</i>	<i>Poa pratensis</i>	<i>Agrostis tenuis</i>	<i>Festuca rubra ssp. commutata</i>	<i>Festuca rubra ssp. rubra</i>	nie wystawiane gatunki species not sown
Po wysiewie After sowing	20	20	20	10	10	20	—
Zadarnienie na glebie piaszczystej Turfining on sandy soil	13	—	9	67	9	9	2
Zadarnienie na gliniastym podłożu Turfining on clay soil	60	19	3	12	4	4	2
Po wysiewie After sowing	30	10	60	—	—	—	—
Zadarnienie na glebie piaszczystej Turfining on sandy soil	56	5	29	—	—	—	0

Phleum sp. Rodzaj ten jest wysoce zimotrwały i wymaga dobrze przygotowanego podłoża. Do mieszanek częściej stosowane są odmiany późno dojrzewające (kłoszące się nawet o trzy tygodnie później od odmian wczesnych). Wykazują one większą tolerancję na częste koszenie i udeptywanie. Tempo rozkrzewiania się roślin i ich barwa zimą są korzystniejsze niż u *Poa pratensis*. *Phleum bertolonii*, czyli tymotka kolankowata (dzika), choć ma delikatniejsze liście, jest niestety wrażliwsza na suszę.

Inne gatunki. *Festuca ovina* nie toleruje częstego i silnego ugniatania. Dobre odmiany tych gatunków stosuje się na trawniki ozdobne, na których są one mało agresywne i trudno jest dobrać do nich odpowiednie komponenty mieszanki. W warunkach wilgotnych

siedlisk dobrze instaluje się i jest agresywna *Poa trivialis*. Jest ona bardzo wrażliwa na suszę i nie znosi ugniatania. Niezadarnione miejsca w murawie są szybko zajmowane przez *Poa annua*, która jest wrażliwa na suszę, ze względu na płytki system korzeniowy. *Cynosurus cristatus* znosi ugniatanie, lecz jest mało zimotrwałym gatunkiem. Prace hodowlane zmierzają do poprawy zimotrwałości tego gatunku. Na trawniki parkowe coraz częściej poszukiwane są gatunki i odmiany tolerujące zacienienie. Pojawiły się hodowlane odmiany *Poa nemoralis*, *Poa trivialis* i *Deschampsia caespitosa*, które trwale utrzymują się w stanowiskach zacienionych.

Efekty hodowlane

Wyhodowana odmiana powinna przejawiać możliwie najkorzystniejsze właściwości użytkowe, zgodne z jej zastosowaniem. Trzeba stwierdzić, że w praktyce nie istnieją „idealne” odmiany, łączące w sobie wyłącznie najlepsze właściwości. Zróżnicowanie między odmianami przejawia się przede wszystkim w odniesieniu do gęstości zadarnienia, intensywności odrastania roślin po skoszeniu, delikatności ulistnienia (tzw. doskonałości liścia) oraz odporności roślin na choroby (tab. 5–10). Nowe odmiany zdecydowanie silniej zadarniają podłoże, zwłaszcza wtedy, kiedy są intensywniej użytkowane (zwiększona częstotliwość koszenia, większe dawki nawożenia mineralnego). Istotną właściwością odmianową jest delikatność ulistnienia, którą ocenia się na podstawie szerokości blaszki liściowej. Zróżnicowanie delikatności ulistnienia jest szczególnie widoczne między odmianami *Festuca rubra* (sięga 30%) oraz *Poa pratensis* (powyżej 40%). Różnice w zimowaniu roślin nabierają szczególnego znaczenia w przypadku odmian *Lolium perenne*. W przyrodniczych warunkach Polski słabiej zimują na ogół odmiany holenderskie i duńskie (tab. 9, 10). W Polsce najczęściej pojawiającymi się chorobami, które powodują największe zniszczenia roślin, są:

- u *Lolium perenne*: pleśń śniegowa, czerwona nitkowatość traw, różowa plamistość trawników,
- u *Festuca ssp.*: pleśń śniegowa, rizoktonioza traw, brunatna plamistość traw, zgorzel traw, czerwona

nitkowatość traw, różowa plamistość trawników,

- u *Poa pratensis*: brunatna plamistość traw, rdze traw, mączniak prawdziwy traw w warunkach zacienienia.

Podatność odmian *Festuca rubra* i *Lolium perenne* na pleśń śniegową oraz czerwoną nitkowatość i różową plamistość jest zazwyczaj zróżnicowana i wynosi od 1 do 2° (w skali 9°).

Odmiany przejawiają także reakcję na specyficzne warunki siedliskowe oraz sposoby użytkowania, np. zacienienie w parku, zasolenie podłoża, udeptywanie i rozrywanie darni na boisku piłkarskim, bardzo niskie koszenie fragmentów pola golfowego. Niezbędne jest zatem testowanie odmian w określonych warunkach. Największy postęp w hodowli wyspecjalizowanych odmian uzyskano w obrębie *Festuca rubra*, *Lolium perenne* i *Poa pratensis*.

Zarejestrowana odmiana musi być odrębna (odróżniać się od innych odmian), dostatecznie wyrównana i dostatecznie trwała. Brane są również pod uwagę jej możliwości reprodukcyjne, tj. plon nasion.

Podsumowanie

Decydując się na siew czysty danego gatunku, należy zastosować dobrą odmianę. Celem wysiewu pojedynczej odmiany jest znormalizowanie trawnika lub boiska. Chodzi głównie o wyeliminowanie towarzystwa gatunków agresywnych i konkurencyjnych. Wówczas korzystne cechy wyhodowanej odmiany wyraźniej ujawniają się. Wadą takiego postępowania jest to, że przygotowane podłoże jest szybciej zasiedlane przez

obce, niepożądane gatunki traw i chwastów, a także wysiana odmiana jest bardziej narażona na porażenie chorobami. Mieszanke dogodniej jest zastosować, jeżeli użytkownikowi brakuje dostatecznego rozpoznania warunków glebowo-klimatycznych danego obiektu. Mieszanaka lepiej też znosi uszkodzenia wywołane przez choroby. Jednak w mieszankach, które są zbyt rozbudowane botanicznie istnieje niebezpieczeństwo dominacji nieodpowiednich gatunków. Przykładem tego może być nadmierna dominacja *Agrostis tenuis* lub *Festuca rubra*. Skutki takiej dominacji zazwyczaj nie uwidaczniają się na boiskach sportowych, ponieważ gatunki te nie znoszą silnego udeptywania. Na trawniki ozdobne ulubionymi mieszankami pozostają ciągle klasyczne trawnikowe mieszanki angielskie z udziałem *Agrostis tenuis* i *Festuca rubra*. W wilgotnych warunkach *Agrostis*

tenuis jest często zastępowany przez *Agrostis canina* var. *canina*. W obrębie *Festuca rubra*, najlepsze rezultaty dają odmiany z krótkimi rozłogami. Na trawniki intensywnie użytkowane (sportowe), narażone na zdzieranie darni, pożądane są w mieszankach dobre odmiany *Poa pratensis*, najczęściej w kombinacji z późnymi odmianami *Lolium perenne* o wąskiej blaszce liściowej. Dla suchych warunków glebowych poleca się dodatek nasion *Festuca rubra* lub *Festuca arundinacea*. Mieszanki rekomendowane na boiska piłkarskie w warunkach klimatycznych Europy Zachodniej, w najbardziej uproszczonych składach, zawierają zaledwie dwie lub trzy najwartościowsze odmiany *Lolium perenne*. Na boiska golfowe (powierzchnia *green*) stosuje się wyłącznie odmiany *Agrostis tenuis* i *Festuca rubra*, silnie zadarniające podłoże oraz tolerujące bardzo częste koszenie.

TABELA 5. Ocena wartości użytkowej zarejestrowanych w latach 1998–2001 gazonowych odmian *Festuca rubra* L. *sensu lato* w użytkowaniu umiarkowanie intensywnym (odchylenia od wzorca)

TABLE 5. Estimation of the use value of lawn cultivars of *Festuca rubra* L. *sensu lato* registered in years 1998–2001 under moderate utilization intensity (deviation from model)

Odmiana* Variety*	Aspekt ogólny Global aspect	Zadarnienie Turfing			Dokonałość liścia Fineness of leaf	Podatność na choroby Susceptibility to disease		Przezi- mowanie Over win- tering
		wiosną spring	latem summer	jesienią autumn		pleśń śniegowa pink snow mould	czerwona nitkowatość + różowa plami- stość red thread + pink patch	
Festuca rubra ssp. commutata + ssp. trichophylla (t)								
NIMBA – wzorzec model	7,6	7,1	8,1	8,4	7,9	7,0	7,2	7,3
Darwin 2000	0,5	1,0	0,7	0,3	0,6	1,0	– 0,5	0,6
Enjoy 2001	0,4	1,4	0,5	0,4	0,3	1,7	– 0,2	1,2
Bargreen 1999	0,4	0,7	0,3	– 0,1	0,3	0,2	0,2	0,5
Olivia 2000	0,4	0,7	0,5	0,2	1,1	0,7	– 0,7	0,5
Barcrown 1999 (t)	0,3	0,3	0,5	0,3	0,2	– 0,1	0,1	– 0,2
Estica 2001 (t)	0,2	0,2	0,2	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0
Lifalla 2001	0,2	1,0	0,3	0,2	– 0,1	2,0	– 0,3	1,6
Simone 2001	0,1	1,0	0,2	0,1	– 0,3	1,8	– 0,4	1,2
Liroyal 2000	0,0	0,4	0,2	– 0,1	– 0,2	1,1	– 0,4	0,6
Carina 1999	– 0,1	0,1	– 0,3	– 0,1	– 0,5	0,1	0,0	0,6
Libano 2001 (t)	– 0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,5	– 0,2	0,7
Barnica 1999	– 0,2	– 0,2	– 0,3	– 0,2	– 1,0	0,5	– 0,4	0,4
Koket 1998	– 0,3	– 0,1	– 0,4	– 0,2	– 0,1	0,1	– 0,6	0,3
Festuca rubra ssp. genuina								
ARETA – wzorzec model	5,9	5,5	6,2	6,4	6,3	7,3	5,6	7,7
Corail 2000	1,2	1,2	1,6	1,4	0,4	– 0,2	0,6	0,0
Herald 2000	1,2	1,1	1,5	1,3	1,3	0,1	1,0	0,2

Diego 2001	1,0	1,3	1,5	1,2	1,0	1,1	0,5	- 0,5
Pemille 1999	0,8	0,9	1,3	1,4	0,4	0,1	1,1	- 0,2
Elanor 1999	0,7	0,9	0,7	1,1	0,8	0,0	0,6	- 0,1
Bargena 1999	0,2	0,1	0,2	0,5	0,2	- 0,1	0,0	0,1

skala 9 ^o :								
scale 9 ^o :								
	1	zły (braki w murawie) bad (patches in turf)	złe (brak liści) bad (absence of leaves)	bardzo szeroki (toporny) very broad (rough)	bardzo duża (totalne zniszczenie) very strong (total destruction)	bardzo słabe very poor		
	3	słaby (murawa nieatrakcyjna) poor (turf not attractive)	słabe poor	szeroki broad	duża strong	słabe poor		
	5	dostateczny (murawa przeciętna) satisfactory (average turf)	dostateczne satisfactory	pośredni (szablonowy) intermediate (common)	średnia (liczne plamy, punkty) moderate (numerous smudges and spots)	średnie average		
	7	dobry good	dobrze good	wysmukły (subtelny) slender (subtle)	mała (ślady porażenia) small (marks of infestation)	dobrze good		
	9	bardzo dobry (murawa się podoba) very good (attractive turf)	bardzo dobre (idealny dywan) very good (ideal carpet)	bardzo wysmukły (najdelikatniejszy) very slender (most delicate)	bardzo mała (brak objawów) very small (lack of symptoms)	bardzo dobre very good		

* Przy nazwach odmian podano rok ich zarejestrowania w Polsce.

* Names of varieties are accompanied by the year they were registered in Poland.

TABELA 6. Ocena wartości użytkowej zarejestrowanych w latach 1998–2001 gazonowych odmian *Festuca rubra* L. *sensu lato* w użytkowaniu ekstensywnym (odchylenia od wzorca)

TABLE 6. Estimation of the use value of lawn cultivars of *Festuca rubra* L. *sensu lato* registered in years 1998–2001 under extensive utilization (deviation from model)

Odmiana* Variety*	Aspekt ogólny Global aspect	Zadarmienie Turfing			Dosko- nałość liścia Fineness of leaf	Podatność na choroby Susceptibility to disease		Przezi- mowanie Over win- tering
		wiosną spring	latem summer	jesienią autumn		pleśń śnie- gowa pink snow mould	czerwona nitkowatość + różowa plamistość red thread + pink patch	
Festuca rubra ssp. commutata + ssp. trichophylla (t)								
NIMBA – wzorzec model	6,6	6,1	7,2	7,4	7,7	7,0	6,8	7,1
Oliwia 2000	0,6	0,8	1,0	0,8	1,3	0,3	1,1	0,9
Darwin 2000	0,5	0,9	0,7	0,5	0,7	0,4	0,0	0,7
Bargreen 1999	0,4	0,8	0,6	0,4	0,3	0,1	0,4	0,4
Enjoy 2001	0,3	1,3	0,6	0,4	0,2	1,4	- 1,2	1,5
Barcrown 1999 (t)	0,3	0,3	0,7	0,8	0,6	- 0,1	0,6	- 0,1
Liroyal 2000	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	0,5	- 0,3	0,9
Lifalla 2001	0,1	0,9	0,3	0,1	- 0,5	1,9	- 0,7	1,6
Estica 2001 (t)	0,0	0,2	0,1	0,2	- 0,3	- 0,4	- 1,0	0,1
Carina 1999	0,0	0,4	- 0,1	- 0,1	- 0,3	- 0,1	- 0,2	0,9
Simone 2001	- 0,1	0,9	0,1	0,1	- 0,5	1,3	- 0,2	1,2
Libano 2001 (t)	- 0,1	0,1	- 0,2	- 0,2	- 0,1	0,2	- 1,1	0,5
Barnica 1999	- 0,2	0,0	- 0,3	- 0,2	- 0,9	0,1	- 0,5	0,7
Koket 1998	- 0,3	0,3	- 0,5	- 0,3	- 0,2	- 0,1	- 0,6	0,5

<i>Festuca rubra ssp. genuina</i>								
ARETA – wzorzec model	5,4	5,1	5,5	5,7	6,2	6,8	5,4	7,4
Herald 2000	1,2	1,0	2,4	1,4	1,2	0,2	0,4	0,1
Corail 2000	1,1	0,8	1,7	1,3	0,7	-0,1	-0,3	-0,3
Diego 2001	0,9	0,9	1,2	1,3	0,9	0,4	0,7	-0,6
Pernille 1999	0,8	0,8	0,6	1,2	0,6	0,2	1,0	0,3
Elanor 1999	0,7	0,5	0,9	1,2	1,0	0,1	0,8	1,1
Bargena 1999	0,2	0,5	0,3	0,5	0,4	-0,4	0,1	0,9

skala 9°: scale 9°:	1	zły (braki w murawie) bad (patches in turf)	złe (brak liści) bad (absence of leaves)	bardzo szeroki (toporny) very broad (rough)	bardzo duża (totalne zniszczenie) very strong (total destruction)	bardzo słabe very poor
	3	słaby (murawa nieatrakcyjna) poor (turf not attractive)	słabe poor	szeroki broad	duża strong	słabe poor
	5	dostateczny (murawa przeciętna) satisfactory (average turf)	dostateczne satisfactory	pośredni (szablonowy) intermediate (common)	średnia (liczne plamy, punkty) moderate (numerous smudges and spots)	średnie average
	7	dobry good	dobre good	wysmukły (subtelny) slender (subtle)	mała (ślady porażenia) small (marks of infestation)	dobre good
	9	bardzo dobry (murawa się podoba) very good (attractive turf)	bardzo dobre (idealny dywan) very good (ideal carpet)	bardzo wysmukły (najdelikatniejszy) very slender (most delicate)	bardzo mała (brak objawów) very small (lack of symptoms)	bardzo dobre very good

* Przy nazwach odmian podano rok ich zarejestrowania w Polsce./Names of varieties are accompanied by the year they were registered in Poland.

TABELA 7. Ocena wartości użytkowej zarejestrowanych w latach 1998–2001 gazonowych odmian *Poa pratensis* L. w użytkowaniu umiarkowanie intensywnym (odchylenia od wzorca)

TABLE 7. Estimation of the use value of lawn cultivars of *Poa pratensis* L. registered in years 1998–2001 under moderate utilization intensity (deviation from model)

Odmiana* Variety*	Aspekt ogólny Global aspect	Zadarnienie Turfing			Dosko- nałość liścia Fineness of leaf	Podatność na choroby Susceptibility to disease		Przezi- mowanie Over win- tering
		wiosną spring	latem summer	jesienią autumn		plamistości sercosporio- sis	rdze rusts	
ALICJA – wzorzec model	7,2	6,9	8,1	7,9	4,0	6,3	8,0	8,1
Barcelona 2000	1,1	0,8	0,9	1,1	1,6	1,1	0,5	0,1
Bartitia 2000	0,9	0,7	0,9	0,9	1,7	1,2	0,8	– 0,1
Limousine 2001	0,8	1,3	0,6	0,9	1,6	0,9	– 0,7	0,1
Conni 1999	0,7	0,6	0,4	0,5	1,8	1,0	0,5	– 0,5
Miracle 2000	0,6	0,5	0,2	0,8	0,9	0,4	0,6	0,3
Panduro 1999	0,4	0,2	0,2	0,4	1,2	0,3	0,3	0,0
Nimbus 2000	0,4	0,9	– 0,1	0,2	0,9	0,6	0,2	0,4
Lipoa 2000	0,3	0,2	0,3	0,5	2,2	0,2	0,4	– 0,1
Nandu 2000 PL	0,2	0,2	– 0,3	0,2	0,5	0,3	0,5	0,3
Bila 1999 PL	0,0	0,0	– 0,5	– 0,1	1,5	0,4	– 0,3	– 0,2
Ani 1998 PL	– 0,2	0,3	– 0,4	– 0,3	– 0,5	0,0	– 0,1	– 0,1

skala 9° : scale 9° :	1	zły (braki w murawie) bad (patches in turf)	złe (brak liści) bad (absence of leaves)	bardzo szeroki (toporny) very broad (rough)	bardzo duża (totalne zniszczenie) very strong (total destruction)	bardzo słabe very poor
	3	słaby (murawa nieatrakcyjna) poor (turf not attractive)	słabe poor	szeroki broad	duża strong	słabe poor
	5	dostateczny (murawa przeciętna) satisfactory (average turf)	dostateczne satisfactory	pośredni (szablonowy) intermediate (common)	średnia (liczne plamy, punkty) moderate (numerous smudges and spots)	średnie average
	7	dobry good	dobre good	wysmukły (subtelny) slender (subtle)	mała (ślady porażenia) small (marks of infestation)	dobre good
	9	bardzo dobry (murawa się podoba) very good (attractive turf)	bardzo dobre (idealny dywan) very good (ideal carpet)	bardzo wysmukły (najdelikatniejszy) very slender (most delicate)	bardzo mała (brak objawów) very small (lack of symptoms)	bardzo dobre very good

* Przy nazwach odmian podano rok ich zarejestrowania w Polsce.

* Names of varieties are accompanied by the year they were registered in Poland.

TABELA 8. Ocena wartości użytkowej zarejestrowanych w latach 1998–2001 gazonowych odmian *Poa pratensis* L. w użytkowaniu ekstensywnym (odchylenia od wzorca)

TABLE 8. Estimation of the use value of lawn cultivars of *Poa pratensis* L. registered in years 1998–2001 under extensive utilization (deviation from model)

Odmiana* Variety*	Aspekt ogólny Global aspect	Zadarnienie Turfing			Dosko- nałość liścia Fineness of leaf	Podatność na choroby Susceptibility to disease		Przezimo- wanie Over win- tering
		wiosną spring	latem summer	jesienią autumn		plamistości sercosporio- sis	rdze rusts	
ALICJA – wzorzec model	6,3	6,1	7,0	7,1	4,1	6,4	6,6	8,1
Conni 1999	0,9	0,7	1,0	0,8	1,7	0,8	1,3	– 0,4
Limousine 2001	0,7	1,5	1,0	1,3	1,4	1,0	– 0,1	0,3
Barcelona 2000	0,7	0,6	0,6	0,7	1,4	0,9	1,3	– 0,2
Bartitia 2000	0,7	0,5	0,6	0,7	1,7	1,0	1,4	0,0
Miracle 2000	0,4	0,5	0,1	0,5	0,9	0,1	1,8	0,0
Nimbus 2000	0,4	0,8	0,4	0,3	0,9	0,4	0,5	0,1
Panduro 1999	0,2	– 0,4	0,5	0,3	0,9	– 0,1	0,3	– 0,2
Lipoa 2000	0,1	0,3	0,1	0,2	2,4	0,1	1,4	– 0,5
Nandu 2000 PL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,9	0,1
Ani 1998 PL	0,0	0,2	0,3	0,1	0,0	– 0,3	– 0,4	0,0
Bila 1999 PL	– 0,1	0,0	– 0,3	– 0,3	0,0	0,5	0,3	– 0,4

skala 9° : scale 9° :	1	zły (braki w murawie) bad (patches in turf)	złe (brak liści) bad (absence of leaves)	bardzo szeroki (toporny) very broad (rough)	bardzo duża (totalne zniszczenie) very strong (total destruction)	bardzo słabe very poor
	3	słaby (murawa nieatrakcyjna) poor (turf not attractive)	słabe poor	szeroki broad	duża strong	słabe poor
	5	dostateczny (murawa przeciętna) satisfactory (average turf)	dostateczne satisfactory	pośredni (szablonowy) intermediate (common)	średnia (liczne plamy, punkty) moderate (numerous smudges and spots)	średnie average
	7	dobry good	dobre good	wysmukły (subtelny) slender (subtle)	mała (ślady porażenia) small (marks of infestation)	dobre good
	9	bardzo dobry (murawa się podoba) very good (attractive turf)	bardzo dobre (idealny dywan) very good (ideal carpet)	bardzo wysmukły (najdelikatniejszy) very slender (most delicate)	bardzo mała (brak objawów) very small (lack of symptoms)	bardzo dobre very good

* Przy nazwach odmian podano rok ich zarejestrowania w Polsce.

* Names of varieties are accompanied by the year they were registered in Poland.

TABELA 9. Ocena wartości użytkowej zarejestrowanych w latach 1998–2001 gazonowych odmian *Lolium perenne* L. w użytkowaniu umiarkowanie intensywnym (odchylenia od wzorca)

TABLE 9. Estimation of the use value of lawn cultivars of *Lolium perenne* L. registered in years 1998–2001 under moderate utilization intensity (deviation from model)

Odmiana* Variety*	Aspekt ogólny Global aspect	Zadarnienie Turfing			Dosko- nałość liścia Fineness of leaf	Podatność na choroby Susceptibility to disease		Przezimo- wanie Over wintering
		wiosną spring	latem summer	jesienią autumn		pleśń śnie- gowa pink snow mould	czerwona nitkowatość + różowa plamistość red thread + pink patch	
NIRA – wzorzec model	6,9	6,6	6,9	7,2	5,9	6,6	6,4	7,6
Troubadour 2001	0,8	0,7	1,0	1,3	0,4	0,0	0,7	– 0,4
Lisabelle 2001	0,7	0,5	1,0	1,0	0,0	0,2	– 0,2	– 0,3
Sabor 2001	0,5	0,4	1,0	1,1	0,0	0,0	0,3	– 0,8
Gator 2001	0,5	0,2	0,9	1,4	0,1	0,0	0,5	– 0,4
Barball 1999	0,5	0,4	0,8	0,8	– 0,5	0,3	0,6	0,0
Lisuna 2001	0,4	0,2	0,7	0,8	– 0,2	0,3	0,1	0,0
Barcredo 1999	0,4	0,3	0,8	0,8	0,3	0,7	1,0	– 0,6
Ovation 1998	0,4	0,4	1,0	0,8	– 0,5	– 0,1	0,3	– 0,5
Barrage 1999	0,4	0,2	0,7	0,9	– 1,0	0,2	0,6	0,1
Figaro 2001	0,3	0,0	0,5	1,1	0,4	0,0	0,3	– 0,6
Taya 1999	0,3	0,3	0,8	0,8	– 0,3	0,4	0,3	0,2
Renoir 2000	0,3	0,0	0,7	0,8	0,1	– 0,1	0,1	– 0,2
Livonne 1999	0,3	0,0	0,8	0,8	0,8	0,1	0,7	– 0,6
Talgo 1999	0,1	0,5	0,7	0,6	– 0,2	0,3	0,8	0,0

skala 9° : scale 9° :	1	zły (braki w murawie) bad (patches in turf)	złe (brak liści) bad (absence of leaves)	bardzo szeroki (toporny) very broad (rough)	bardzo duża (totalne zniszczenie) very strong (total destruction)	bardzo słabe very poor
	3	słaby (murawa nieatrakcyjna) poor (turf not attractive)	słabe poor	szeroki broad	duża strong	słabe poor
	5	dostateczny (murawa przeciętna) satisfactory (average turf)	dostateczne satisfactory	pośredni (szablonowy) intermediate (common)	średnia (liczne plamy, punkty) moderate (numerous smudges and spots)	średnie average
	7	dobry good	dobrze good	wysmukły (subtelny) slender (subtle)	mała (ślady porażenia) small (marks of infestation)	dobrze good
	9	bardzo dobry (murawa się podoba) very good (attractive turf)	bardzo dobre (idealny dywan) very good (ideal carpet)	bardzo wysmukły (najdelikatniejszy) very slender (most delicate)	bardzo mała (brak objawów) very small (lack of symptoms)	bardzo dobre very good

* Przy nazwach odmian podano rok ich zarejestrowania w Polsce.

* Names of varieties are accompanied by the year they were registered in Poland.

TABELA 10. Ocena wartości użytkowej zarejestrowanych w latach 1998–2001 gazonowych odmian *Lolium perenne* L. w użytkowaniu ekstensywnym (odchylenia od wzorca)

TABLE 10. Estimation of the use value of lawn cultivars of *Lolium perenne* L. registered in years 1998–2001 under extensive utilization (deviation from model)

Odmiana* Variety*	Aspekt ogólny Global aspect	Zadarnienie Turfing			Dosko- nałość liścia Fineness of leaf	Podatność na choroby Susceptibility to disease		Przezimo- wanie Over win- tering
		wiosną spring	latem summer	jesienią autumn		pleśń śnie- gowa pink snow mould	czerwona nitkowatość + różowa plamistość red thread + pink patch	
NIRA – wzorzec model	5,9	5,8	6,2	6,4	5,9	6,2	6,2	7,6
Troubadour 2001	0,7	0,7	1,1	1,3	0,1	0,1	0,2	– 0,2
Lisabelle 2001	0,6	0,8	1,1	1,0	– 0,1	0,3	0,4	0,0
Sabor 2001	0,6	0,4	1,2	1,1	– 0,1	0,0	0,5	– 0,8
Renoir 2000	0,6	0,6	0,9	1,1	0,6	0,2	0,0	– 0,7
Barball 1999	0,6	0,6	0,7	0,8	– 0,3	0,4	0,9	– 0,2
Gator 2001	0,5	0,7	0,8	1,3	0,0	0,3	0,4	– 0,1
Lisuna 2001	0,5	0,5	0,9	0,5	– 0,2	0,2	0,2	0,0
Taya 1999	0,5	0,6	0,5	0,6	– 0,4	0,5	0,4	– 0,1
Ovation 1998	0,5	0,5	0,4	0,8	– 0,7	0,2	0,3	– 0,2
Barrage 1999	0,4	0,4	0,7	0,9	– 0,8	0,2	0,6	0,2
Livonne 1999	0,4	0,4	0,6	0,7	0,5	0,2	0,9	– 0,5
Barcredo 1999	0,3	– 0,2	0,5	1,1	0,2	– 0,2	0,9	– 0,5
Figaro 2001	0,2	0,3	0,8	1,1	0,2	0,2	– 0,3	– 0,1
Talgo 1999	0,2	0,1	0,4	0,6	0,1	0,1	0,8	– 0,1

skala 9° : scale 9° :	1	zły (braki w murawie) bad (patches in turf)	złe (brak liści) bad (absence of leaves)	bardzo szeroki (toporny) very broad (rough)	bardzo duża (totalne zniszczenie) very strong (total destruction)	bardzo słabe very poor
	3	słaby (murawa nieatrakcyjna) poor (turf not attractive)	słabe poor	szeroki broad	duża strong	słabe poor
	5	dostateczny (murawa przeciętna) satisfactory (average turf)	dostateczne satisfactory	pośredni (szablony) intermediate (common)	średnia (liczne plamy, punkty) moderate (numerous smudges and spots)	średnie average
	7	dobry good	dobre good	wysmukły (subtelny) slender (subtle)	mała (ślady porażenia) small (marks of infestation)	dobre good
	9	bardzo dobry (murawa się podoba) very good (attractive turf)	bardzo dobre (idealny dywan) very good (ideal carpet)	bardzo wysmukły (najdelikatniejszy) very slender (most delicate)	bardzo mała (brak objawów) very small (lack of symptoms)	bardzo dobre very good

* Przy nazwach odmian podano rok ich zarejestrowania w Polsce.

* Names of varieties are accompanied by the year they were registered in Poland.

Literatura

- BEARD J.B. 1973: Turfgrass: science and culture. Prentice – Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ, USA.
- CZARNECKI Z. 2000: Ocena wartości użytkowej wybranych polskich i zagranicznych mieszanek traw gazonowych. Praca doktorska. Kat. Łąkarstwa AR w Lublinie.
- DOMAŃSKI P. 1987: System badań i oceny odmian traw gazonowych w Polsce. *Biul. IHAR* 183: 251–263.
- DOMAŃSKI P. 1994: Skuteczność metod badania i oceny wartości gospodarczej odmian traw w Europie. *Genet. Pol.* 35A: 165–171.
- DOMAŃSKI P. 1997: Tereny trawiaste w Polsce – zainteresowanie społeczne, stan wiedzy i perspektywy. Mat. Konf. Nauk. TARAGRA '97, Wrocław.
- DOMAŃSKI P. 1997: Realization of breeding objectives in turf varieties of *Festuca ovina* L. and *Lolium perenne* L. in the light of COBORU tests. Proc. of the 20th Meeting of EUCARPIA Crops and Amenity Grasses Section. Radzików, Poland, 7–10 October 1996.
- DUYVENDAK R., VOS H. 1975: Registration and evaluation of turfgrasses in the Netherlands. IVRO, Wageningen.
- FRIEDENSTEIN K.H. 1991: Testing varieties of amenity grasses in the Federal Republic of Germany. *Plant Varieties and Seeds* 4: 49–57.
- GONDRAN J. 1996: A new screening test for resistance of turfgrasses for red thread disease. *IOBC/wprs Bulletin* 19: 223–231.
- GRABOWSKI K., GRZEGORCZYK S., BENE-DYCKI S., KWIETNIEWSKI H. 1999: Ocena wartości użytkowej wybranych gatunków i odmian traw gazonowych do obsiewu nawierzchni trawiastych. *Fol. Univ. Agric. Stetin* 197, *Agricultura* (75): 81–88.
- Grøn viden. Sorter of plænegræsser. 1994. Landbrugsministeriet Statens Planteavlssforsøg.
- Guide to seed & sod in the United States and Canada. 13th edition by Dr. Richard Hurley and Marie Pompei. Copyright 1991 by Lofts Inc.
- HAMMING G. 1949: Het samenvatten van rassenproeven en het toepassen van vruchtbaarheidscorrecties met niet-orthogonale methoden. IVRO, Wageningen.
- HARKOT W., CZARNECKI Z. 1998: Establishment of Polish cultivars of lawn grasses on soil with a degraded topsoil layer. Proc. of the 17th General Meeting of the European Grassland Federation. Debrecen, May 18–21. *Grassland Science in Europe* 3: 551–554.
- KINDS H.P.P. 1985: Development in sports turfgrasses over past 25 years. *Zeitschrift für Vegetationstechnik* 8: 64–70.
- Les variétés de Graminées à Gazon. Catalogue Officiel Français, n°1, 1997.
- PROŃCZUK S. 1993: System oceny traw gazonowych. *Biul. IHAR* 186: 127–132.
- PROŃCZUK S., PROŃCZUK M., ŻYLKA D. 1997: Comparison of aesthetic aspects of turfgrasses in sun and shade conditions at Radzików. Proc. of 20th Meeting of EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section. Radzików, Poland, 7–10 October 1996.
- Regel – Saatgut – Mischungen Rasen, RSM 99, 1998. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V., Bonn.
- RITZ J. 1985: Züchtungsforschritt bei Rasengrassersorten aus der Sicht des Bundessortenamtes. *Zeitschrift für Vegetationstechnik* 8: 71–79.
- RUTKOWSKA B., HEMPEL A. 1986: Trawniki. PWRiL, Warszawa.
- RUTKOWSKA B., BRZYWCZY-KUNIŃSKA Z. 1969: Badania odmian i ekotypów gatunków traw przydatnych dla potrzeb miejskich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 90: 67–74.
- Sport and amenity grass mixtures, 1996. Johnsons Seeds, Boston.
- Sports turf. Lofts Seed Inc. Winston, 1997. Salem, Catalog.
- The art of Grass. Amenity grass seed mixtures, 1997. BARENBRUG.
- Turf quality 1998. Svalöf Weibull AB.
- Turfgrass Seed, 1999: STRI Bingley.
- VIJK A.J.P. van 1993: Turfgrasses in Europe: Cultivar evaluation and advances in breeding. *International Turfgrass Society Research Journal* 7: 26–38.
- VIJK A.J.P. van 1997: Breeding amenity grasses: achievements and future prospects. Proc. of the 20th Meeting of EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section. Radzików, Poland, 7–10 October 1996.
- VOS H., SCHEIJGROND W. 1970. Varieties and mixtures for sports turf and lawns in the Netherlands. Proc. First Int. Turfgrass Res. Conf. IVRO, Wageningen.

Summary

Grass species and varieties in mixtures for lawns and sports stadiums. Advances in the preparation of grass mixtures, which occurred in the course of years, resulted in the reduction of the use of single grass species. Utilising increasingly comprehensive information about possibilities of grass competitiveness as well as their response to site conditions, it is easy to select appropriate components for seed mixtures. When deciding to sow a single species, it is essential to apply a good variety. The objective of sowing a single species is to standardise a lawn or a playing ground. The principle idea is to eliminate aggressive and competitive species as this helps advantageous characters of a given species to come out more clearly. The disadvantage of this procedure is that the prepared substrate is faster colonized by alien, unwelcome species of grasses and weeds. Additionally, the sown variety is more exposed to infection with diseases. A mixture is easier to apply when the user lacks knowledge about soil-climatic conditions of a given object. Additionally, a mixture tolerates better damages caused by diseases. However, mixtures that are excessively developed botanically may easily be dominated by undesirable species as evidenced by frequent dominations of *Agrostis tenuis* or *Festuca rubra*. Effects of this kind of domination rarely occur on playing fields, as the

above-mentioned species do not tolerate severe trampling. Classical English lawn mixtures with *Agrostis tenuis* or *Festuca rubra* still remain favourite in case of ornamental lawns. In moist conditions, *Agrostis tenuis* is often replaced by *Agrostis canina* var. *canina*. Within *Festuca rubra* species, cultivars with short tillers appear to give best results. The best species for intensively utilised lawns (for sporting events) – which are exposed to the wear of turf – the most desirable components of mixtures are good varieties of *Poa pratensis*, preferably in combinations with late cultivars of *Lolium perenne* with narrow leaf blades. Mixtures containing *Festuca rubra* or *Festuca arundinacea* are recommended for dry soil conditions. The latest mixtures recommended for football grounds in climatic conditions of Western Europe contain only two or three most valuable *Lolium perenne* cultivars. Golf grounds are sown exclusively with *Agrostis tenuis* or *Festuca rubra* cultivars that develop strong, dense turf and are resistant to frequent cutting. Confection companies determine weight proportions of individual components in mixtures.

Author's address:

Piotr Julian Domański
Research Centre for Cultivar Testing
Legumes and Grasses Department
63-022 Słupia Wielka
Poland

Wanda HARKOT, Zbigniew CZARNECKI, Tomasz CZUSZ

Katedra Łąkarstwa
Akademia Rolnicza w Lublinie
Department of Grassland
Agricultural University in Lublin

Ocena jakości materiału siewnego, dostępnego w handlu, polskich i zagranicznych mieszanek traw przeznaczonych do zadarniania boisk sportowych

Evaluation of the sowing material of polish and foreign grass mixtures used for the sodding of sports fields available on the market

Wprowadzenie

Wszystkie właściwości, które są analizowane przy ocenie jakości nasion, określają normy i przepisy dotyczące zarówno materiału siewnego, jak i kwalifikacji polowej plantacji nasiennych (PN-78/R 65023, PN-79/R 65950, Kwalifikacja polowa plantacji nasiennych 1980). Jednak większość dostępnych w handlu polskich i zagranicznych mieszanek traw gazonowych często nie zawiera na opakowaniach szczegółowych danych określających jakość nasion wchodzących w skład danej mieszanki. Zwykle podawana jest tylko informacja określająca numer partii oraz zezwolenie instytucji dopuszczającej nasiona do obrotu (Harkot i in. 2000, Małuszyńska i Prończuk 1994, Witkowska 1999). Z cytowanej literatury wynika także, że jedną z przyczyn nieudanych wschodów i złego zadarnienia nowo zakładanych trawników może być zła jakość nasion niektórych gatunków

traw wchodzących w skład mieszanek. Ponadto faktyczny udział komponentów w mieszance nie zawsze jest zgodny z podanym na opakowaniu. Często także w mieszankach trawnikowych stosowane są nawet odmiany pastewne.

Celem przeprowadzonych badań była ocena jakości nasion dostępnych w handlu polskich i zagranicznych mieszanek traw przeznaczonych do zadarniania boisk sportowych.

Materiał i metoda

Badaniami objęto 7 mieszanek traw gazonowych, polecanych przez producentów do zadarniania boisk sportowych (tab. 1). Z każdej mieszanki pobrano reprezentatywne próbki nasion (po 10 g nasion każdego gatunku w czterech powtórzeniach) i określono wagowy udział poszczególnych komponentów oraz udział zanieczyszczeń.

TABELA 1. Skład gatunkowy i odmianowy badanych mieszanek traw gazonowych
TABLE 1. Species and cultivar composition of the studied lawn grass mixtures

Lp. No	Rodzaj mieszanki (kraj pochodzenia) Type of mixtures (Country of origin)	Gatunek Species	Odmiana Varieties	Udział Content (%)
1	„Womi III” Przedsiębiorstwo Handlowo-Nasienne Guzowice (PL)	<i>Lolium perenne</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Poa pratensis</i>	Stadion	31
			Talgo	22
			Barrage	2
			Olivia	20
			Nimba	10
			Compact	10
			Nimbus	5
2	„Wembley” (Kalinas – Kalisz) (PL)	<i>Lolium perenne</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Poa pratensis</i>	Leon	20
			Inka	20
			Talgo	10
			Olivia	40
			Opal	10
3	„Olimpia” Barenbrug- Polska Sp. z o.o. Wejherowo (PL)	<i>Lolium perenne</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Poa pratensis</i>	Barczane	50
			Stadion	10
			Bargena	25
			Areta	5
			Balin	10
4	„Sport” Graminex – Piotrków Trybunalski (IV 2000 r.) (PL)	<i>Lolium perenne</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Poa pratensis</i>	Graffiti/Taya	40
			Sakini	15
			Carina	20
			Pernille/Elanor	10
			Balin	10
			Conni	5
5	Johnsons Victus – Poznań (PL)	<i>Lolium perenne</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Poa pratensis</i>	Lisuna	55
			Pernille	25
			Balin	20
6	„Target” Tamark – Wejherowo (PL)	<i>Lolium perenne</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Poa pratensis</i>	Nadmorski	55
			Stadion	15
			Areta	5
			Leo	10
			Balin	15
7	„Sport” Graminex – Piotrków Trybunalski (I 2000 r.) (PL)	<i>Lolium perenne</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Poa pratensis</i>	Graffiti/Taya	40
			Sakini	15
			Carina	20
			Pernille/Elanor	10
			Balin	10
			Conni	5

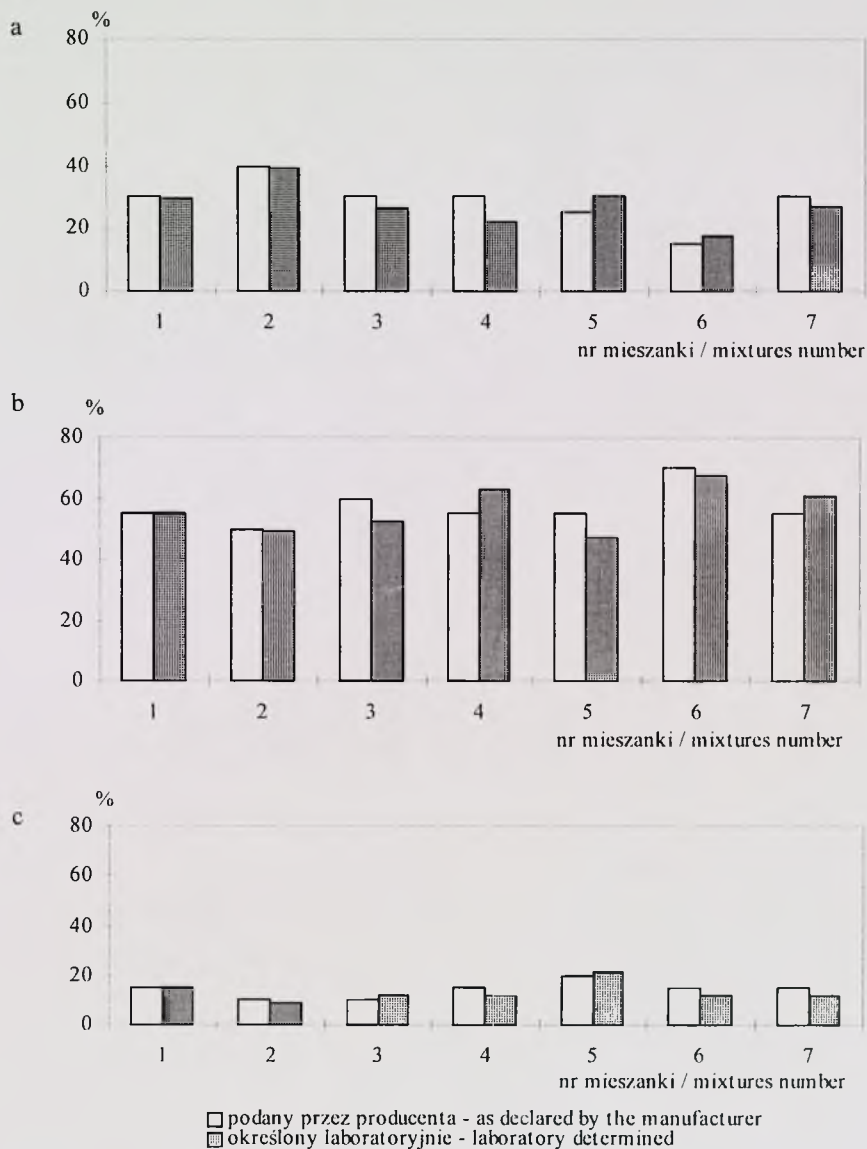
Ponadto, na podstawie masy 1000 nasion poszczególnych komponentów oraz ich procentowego udziału w mieszance i zalecanej ilości wysiewu nasion, określono dla każdego gatunku przewidywaną obsadę roślin w roku siewu. Przeprowadzono także ocenę zdolności kiełkowania nasion gatunków wchodzących w skład mieszanek. Badania przeprowadzono na szalkach Petriego w trzech powtórzeniach. W czasie badań zapewniono wyrównany dostęp światła dziennego do wszystkich obiektów, a temperatura powietrza w pomieszczeniu wahała się od 19 do 23°C. Zdolność kiełkowania nasion *Lolium perenne* określono po 14 dniach, *Festuca rubra* po 21 dniach, a *Agrostis capillaris* i *Poa pratensis* po 28 dniach (PN-79/R 65950, Dorywalski i in. 1984).

Wyniki badań i dyskusja

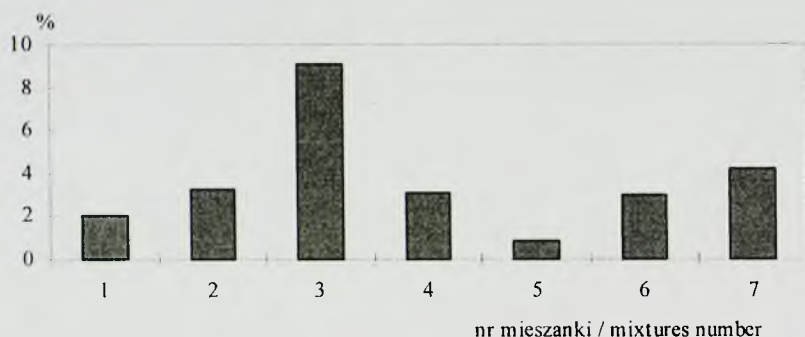
Badania wykazały, że spośród 7 analizowanych mieszanek tylko w dwóch, oznaczonych numerami 1 i 2, udział nasion poszczególnych komponentów (określony wagowo) był zbliżony do podanego przez producentów i różnice w składzie gatunkowym tych mieszanek nie przekraczały 1,4% (rys. 1). Natomiast w mieszankach oznaczonych nr 3–7 różnice w wagowym udziale nasion komponentów były większe i w przypadku *Festuca rubra* kształtowały się w granicach od 2,8% (nr 6) do 7,7% (nr 4), *Lolium perenne* od 2,7% (nr 6) do 7,9% (nr 4), *Poa pratensis* zaś od 1,7% (nr 5) do 3,3% (nr 4). Udział zanieczyszczeń w badanych mieszankach kształtował się od 0,8% w mieszance nr 5 do 9,1% w mie-

szance nr 3 (rys. 2). Również z badań przeprowadzonych przez Małuszyńską i Prończuka (1994) wynika, że znaczna część oferowanych w handlu mieszanek jest złej jakości i nie spełniała wymagań polskiej normy. Autorzy ci zwracają także uwagę na niezgodność składu gatunkowego z deklarowanym przez producenta oraz brak na opakowaniach informacji o składzie gatunkowym.

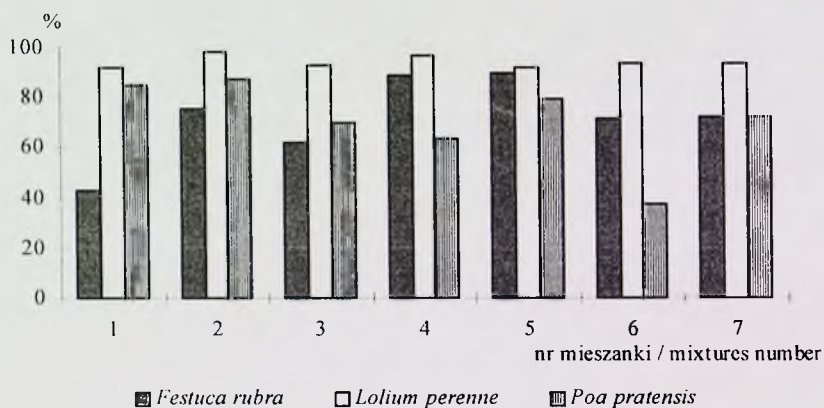
Zdolność kiełkowania nasion danego gatunku była zróżnicowana w poszczególnych mieszankach (rys. 3). Najniższą i znacznie zróżnicowaną zdolność kiełkowania wykazywały nasiona *Festuca rubra* (43,0–89,6%) i *Poa pratensis* (37,0–87,0%), najwyższą zaś i bardziej wyrównaną nasiona *Lolium perenne* (92,0–98,6%). Niska zdolność kiełkowania nasion *Festuca rubra* i *Poa pratensis* w mieszankach oznaczonych nr 3, 6 i 7 (odpowiednio 61, 71 i 72 oraz 70, 37 i 72%), w połączeniu z 30–45% udziałem tych gatunków w wymienionych mieszankach świadczy o małej wartości użytkowej mieszanek. Również kontrola przeprowadzona przez Inspekcję Nasienną (Witkowska 1999) wykazała znaczne ilości zanieczyszczeń w niektórych partiach materiału siewnego, a także brak aktualnych świadectw oceny jakości oraz niewłaściwe oznakowanie opakowań oferowanych w handlu nasion. Z badań oceny jakości nasion traw gazonowych przeprowadzonych za pomocą rentgenografii (Harkot i in. 2000, Savin i in. 1990) wynika ponadto, że niska jakość materiału siewnego może być spowodowana obecnością nasion uszkodzonych, pustych oraz porażonych przez choroby grzybowe.



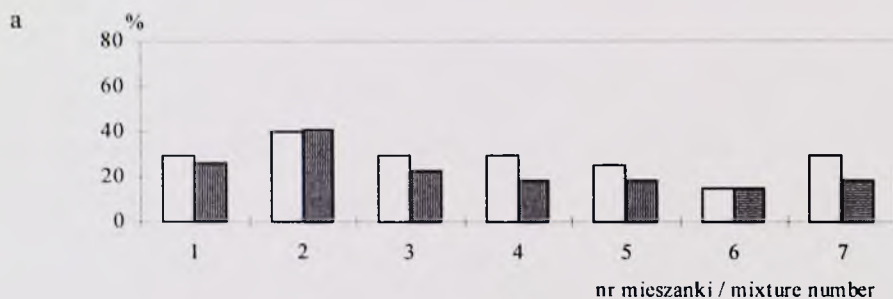
RYSUNEK 1. Wagowy udział w mieszankach: a – nasion *Festuca rubra*, b – nasion *Lolium perenne*, c – nasion *Poa pratensis*
 FIGURE 1. Seeds in the mixtures by weight: a – share of *Festuca rubra*, b – share of *Lolium perenne*, c – share of *Poa pratensis*

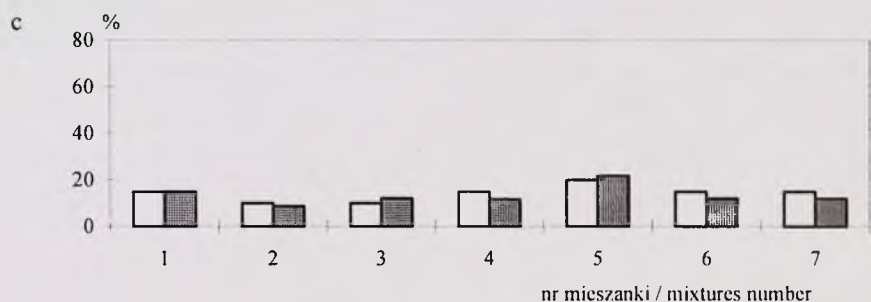
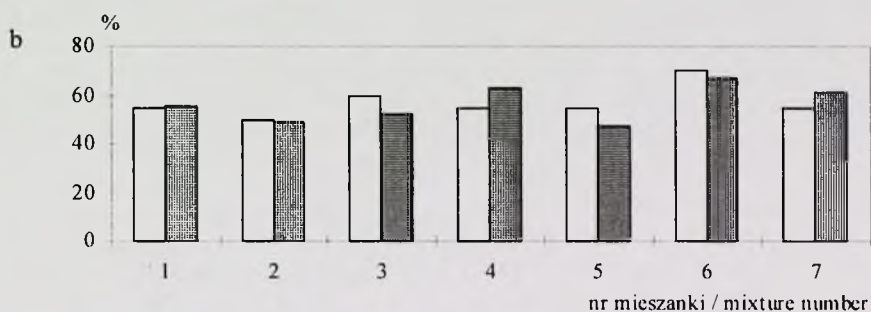


RYSUNEK 2. Udział zanieczyszczeń w mieszankach
FIGURE 2. Content of pollutants in the mixtures



RYSUNEK 3. Zdolność kiełkowania nasion *Festuca rubra*, *Lolium perenne* i *Poa pratensis* w mieszankach
FIGURE 3. Germination capacity of the *Festuca rubra*, *Lolium perenne* and *Poa pratensis* seeds in the mixtures





□ podany przez producenta - as declared by the manufacturer

▨ szacunkowe pokrycie powierzchni w roku siewu - the estimated surface cover in the year of sowing

RYSUNEK 4. Szacunkowe pokrycie powierzchni w roku siewu oraz wagowy udział w mieszankach: a – nasion *Festuca rubra*, b – nasion *Lolium perenne*, c – nasion *Poa pratensis*
 FIGURE 4. The estimated surface cover in the year of sowing and seeds in the mixtures: a – share of *Festuca rubra*, b – share of *Lolium perenne*, c – share of *Poa pratensis*

Przewidywana obsada roślin poszczególnych gatunków wchodzących w skład każdej mieszanki (określona na podstawie masy 1000 nasion poszczególnych komponentów i ich procentowego udziału w mieszance oraz zalecanej ilości wysiewu) znacznie różniła się od procentowego udziału gatunków w mieszankach podanego przez producentów (rys. 4). Duże różnice stwierdzono zwłaszcza w mieszankach oznaczonych numerami 3, 4, 5 i 7 (w przypadku *F. Rubra* różnice wynosiły od 6,6 do 11,5%, *Lolium perenne* od 19,0 do 35,1% *P. pratensis* zaś od 11,7 do 37,6%, co daje podstawy do przypuszczenia, że przybliżony skład gatunkowy

runi, jaki ukształtuje się już w pierwszym roku użytkowania, może być zupełnie inny od zamierzonego.

Podsumowanie

Dostępne w handlu polskie i zagraniczne mieszanki traw, przeznaczone do zadarniania boisk sportowych, charakteryzowały się niską jakością nasion (znaczny udział zanieczyszczeń, niska zdolność kiełkowania nasion, zwłaszcza *Festuca rubra* i *Poa pratensis*). Spośród 7 analizowanych mieszanek tylko w dwóch: Womi III (Przeds. Handlowo-Nasienne Guzowice) oraz Wembley

(Kalinas – Kalisz) wagowy udział nasion poszczególnych komponentów był zbliżony do podanego przez producenta. Przeprowadzone badania wskazują, że jakość nasion oferowanych w handlu sportowych mieszanek traw gazonowych w wielu przypadkach nie jest zgodna z informacjami podanymi na opakowaniach. Stąd każdy użytkownik kupując nasiona mieszanek traw gazonowych, powinien zwracać szczególną uwagę na właściwe oznakowanie, a zwłaszcza aktualność świadectw oceny jakości oraz obecność w mieszance nasion traw pastewnych, bowiem jakość materiału siewnego wywiera znaczący wpływ zarówno na równomierność wschodów, jak i zadarnienie zakładanych trawników.

Literatura

- DOMAŃSKI P. 1992: System badań i oceny odmian traw gazonowych w Polsce. *Biul. IJAR* 183: 251–263.
- DORYWALSKI J., WOJCIECHOWICZ M., BARTZ J. 1984: Metodyka oceny nasion. PWRiL, Warszawa.
- HARKOT W., CZARNECKI Z., ALEXEEVA D.I., VELIKANOV L.P. 2000: Próba oceny jakości nasion traw gazonowych za pomocą rentgenografii. *Lekarstwo w Polsce* 3: 65–70.
- Kwalifikacja polowa plantacji nasiennych, 1980: Ministerstwo Rolnictwa, Departament Produkcji Roślinnej. PWRiL, Warszawa.
- MAŁUSZYŃSKA E., PRONCZUK S. 1994: Czystość nasion mieszanek traw gazonowych. *Gen. Pol.* 35A, 349–352.
- PN-78/R 65023. Materiał siewny, nasiona roślin rolniczych.
- PN-79/R 65950. Materiał siewny, metody badania nasion.
- SAVIN V.N., ALEXEEVA D.I., VELIKANOV L.P., MIKHAILOVA N.P. 1990: Application of x-ray photography for determining damages of grain. *Vestnik sel'skokoziar'stvennoy nauki* 4: 124–126.
- WITKOWSKA B. 1999: Organizacja oceny i kontroli jakości materiału siewnego. *Handwla roślin i nasiennictwo* 1–2: 33–40.

Summary

Evaluation of the sowing material of polish and foreign grass mixtures used for the sodding of sports fields available on the market. One of the reasons for emergency failures and poor sod formation on the grass sports fields can be found in poor seed quality of some species included in the mixtures. Moreover, contribution of individual components in the mixture often differs from the composition declared on the package. The studies carried out showed that out of 7 grass mixtures for the sports fields sodding, the share of seeds of the individual components (as determined by weight) was close to the composition declared by the manufacturer on the package only in 2 of them (differences in the species composition did not exceed 1.5%). In the remaining mixtures, species composition was markedly different from the composition given by the manufacturers on the package (in the case of some components the differences were as high as 8%). The content of pollutants in the mixtures did not exceed 5%; however, in one of them it was significantly higher (9.1%). Seed germination capacity of a given species varied in different mixtures and ranged from 92.0 to 98.6% in *Lolium perenne*, from 43.0 to 89.6% in *Festuca rubra* and from 37.0 to 87.0% in *Poa pratensis*. The expected contribution of species in the sward in the year of sowing as determined for each of the mixtures taking into account the weight of 1000 seeds of the individual components, differed significantly from the percentage share of these species in the mixtures declared by the manufacturer.

Authors' address:

Wanda Harkot, Zbigniew Czarnecki,
Tomasz Czus
Agricultural University of Lublin
Department of Grassland
ul. Akademicka 15
20-950 Lublin
Poland

**Kazimierz GRABOWSKI, Stefan GRZEGORCZYK,
Stanisław BENEDYCKI, Henryk KWIETNIEWSKI**

Katedra Łąkarstwa
UWM w Olsztynie
Chair of Grassland
University of Warmia and Mazury in Olsztyn

Wzrost i rozwój niektórych odmian traw w siewie czystym i mieszanek przeznaczonych na trawniki sportowe w roku siewu

Growth and development of some grass varieties sown in pure method and in mixtures intended for sport lawns in the year of sowing

Wprowadzenie

Trawniki sportowe cechuje szerokie spektrum użytkowania: boiska piłkarskie, do hokeja na trawie, do rugby, korty tenisowe, place gier i zabaw oraz pola golfowe (Wysocki 2000). Wymagają one zatem starannego doboru gatunków i odmian traw do mieszanek. Preferowane są tu odmiany silnie krzewiące się, tworzące zwartą i mocną darni, odporne na udeptywanie i zrywanie (Domański i in. 1989, Prończuk 1994). Zarówno w Polsce, jak i w wielu krajach mieszanki traw gazonowych sporządza się z gatunków i odmian odpowiadających określonemu typowi użytkowania (Grabowski i in. 1999, Małuszyńska i Prończuk 1994, Rutkowska i Pawluśkiewicz 1996, Przydatek 1999). Na trawniki intensywnie deptane zaleca się przede wszystkim

zycię trwałą i wiechlinę łąkową, a gatunkiem uzupełniającym powinna być kostrzewa czerwona (Domański 1997, Gajda i Hempel 1997).

Celem niniejszych badań była ocena wzrostu i rozwoju niektórych traw gazonowych w roku siewu, zastosowanych w siewie czystym i w mieszanekach na trawniki sportowe w warunkach Olsztyna.

Materiał i metoda

Doświadczenie ściśle, mikropoletkowe (1 × 1 m) założono wiosną 1998 roku metodą losowanych bloków, w trzech powtórzeniach, na glebie antropogenicznej wytworzonej z piasku gliniastego na terenie Zakładu Dydaktyczno-Doświadczalnego UWM w Olsztynie.

Wierzchnia warstwa gleby charakteryzowała się bardzo dużą zawartością fosforu (129 mg P_2O_5 /100 g gleby), magnezu (100 mg Mg/kg s.m.) i cynku (56 mg Zn/kg s.m.), średnią manganu (266 mg Mn/kg s.m.) oraz małą potasu (30 mg K_2O /100 g gleby) i miedzi (3,3 mg Cu/kg s.m. gleby). Odczyn gleby wynosił pH_{KCl} 7,0. Przed założeniem doświadczenia wczesną jesienią 1997 roku zastosowano Roundap w ilości 5 l/ha, następnie Kerb (40 g/ha) w celu całkowitego wyeliminowania *Elymus repens* i innych uciążliwych chwastów dwuliściennych. Wiosną glebę wzbogacono 10 cm warstwą torfu niskiego,

średnio rozłożonego i wykonano gryzowanie. Zastosowano nawożenie przedsiewne w ilości 30 kg N, 60 kg P_2O_5 i 120 kg K_2O /ha. Nasiona traw wysiano 14 maja 1988 roku rzutowo „na krzyż”, powierzchnię poletka zagrabiono i zastosowano wał gładki. Następnie wysiane nasiona przykryto cienką warstwą (0,2 cm) suchego piasku. W roku siewu zebrano trzynaście pokosów pielęgnacyjnych; co trzecie koszenie stosowano 30 kg N/ha, a jesienią 35 kg P_2O_5 i 120 K_2O /ha. Ilość wysiewu badanych gatunków i odmian traw w siewie czystym i w mieszankach przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1. Gatunki – odmiany i mieszanki zalecane na trawniki sportowe
TABLE 1. Species cultivars and mixtures in sport lawns

Lp. No	Gatunki i mieszanki Species and mixtures	Odmiany Varieties	Norma wysiewu Seeding norm	
			%	g/m ²
1	2	3	4	5
1	<i>Lolium perenne</i> L.	WIĘCŁAWICKI	100	20,0
2	<i>Lolium perenne</i> L.	NIRA	100	20,0
3	<i>Lolium perenne</i> L.	NIGA	100	20,0
4	<i>Lolium perenne</i> L.	INKA	100	20,0
5	<i>Lolium perenne</i> L.	STADION	100	20,0
6	<i>Poa pratensis</i> L.	ALICJA	100	12,0
7	<i>Poa pratensis</i> L.	GOL	100	12,0
8	<i>Poa pratensis</i> L.	NIB 193	100	12,0
9	<i>Festuca rubra</i> L.	NIMBA	100	15,0
10	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	IGEKA	100	10,0
11	<i>Lolium perenne</i> L.	NIRA	30	10,5
	<i>Lolium perenne</i> L.	NIGA	30	10,5
	<i>Poa pratensis</i> L.	ALICJA	20	7,0
	<i>Poa pratensis</i> L.	GOL	20	7,0
12	<i>Lolium perenne</i> L.	NIRA	20	7,0
	<i>Lolium perenne</i> L.	NIGA	20	7,0
	<i>Poa pratensis</i> L.	ALICJA	30	10,5
	<i>Poa pratensis</i> L.	GOL	30	10,5
13	<i>Lolium perenne</i> L.	NIRA	15	5,2
	<i>Lolium perenne</i> L.	NIGA	15	5,2
	<i>Poa pratensis</i> L.	ALICJA	25	8,8
	<i>Poa pratensis</i> L.	GOL	26	8,8
	<i>Festuca rubra</i> L.	NIMBA	20	7,0

cd. tabeli 1

cont. table 1

1	2	3	4	5
14	<i>Lolium perenne</i> L.	STADION	25	8,8
	<i>Lolium perenne</i> L.	INKA	25	8,8
	<i>Poa pratensis</i> L.	NIB 193	35	12,2
	<i>Festuca rubra</i> L.	NIMBA	15	5,2
15	<i>Lolium perenne</i> L.	WIĘCŁAWICKI	30	10,5
	<i>Poa pratensis</i> L.	ALICJA	20	7,0
	<i>Poa pratensis</i> L.	GOL	35	12,2
	<i>Festuca rubra</i> L.	NIMBA	10	3,5
	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	IGEKA	5	1,8
16	NIEZNANICE „Sport”			
	<i>Lolium perenne</i> L.	NIRA	20	7,0
	<i>Lolium perenne</i> L.	NIGA	20	7,0
	<i>Lolium perenne</i> L.	INKA	10	3,5
	<i>Poa pratensis</i> L.	ALICJA	20	7,0
	<i>Poa pratensis</i> L.	GOL	20	7,0
	<i>Festuca rubra</i> L.	LEO	5	1,75
	<i>Festuca rubra</i> L.	NIMBA	5	1,75
17	BARENBRUG „Football”			
	<i>Lolium perenne</i> L.	BARBALL	35	12,25
	<i>Lolium perenne</i> L.	SABAR	35	12,25
	<i>Poa pratensis</i> L.	BARON	10	3,5
	<i>Festuca rubra</i> L.	BARGENA	10	3,5
18	DSV „Libero”			
	<i>Lolium perenne</i> L.	LISUNA	20	7,0
	<i>Lolium perenne</i> L.	LISABELLE	20	7,0
	<i>Poa pratensis</i> L.	LIMOUSINE	30	10,5
	<i>Poa pratensis</i> L.	LEUROBA	10	3,5
	<i>Festuca rubra</i> L.	LIPROSA	20	7,0
19	JOHNSONS „Trawa sportowa”			
	<i>Lolium perenne</i> L.	CARTEL	55	19,3
	<i>Festuca rubra</i> L.	BOREAL	25	8,7
	<i>Poa pratensis</i> L.	BALIN	20	7,0
20	ROLIMPEX „Mieszanka sportowa”			
	<i>Lolium perenne</i> L.	NADMORSKI	65	22,7
	<i>Festuca rubra</i> L.	BOREAL	20	7,0
	<i>Poa pratensis</i> L.	SKRZESZOWICKA	10	3,5
	<i>Festuca ovina</i> L.	TRIANA	5	1,8

W roku siewu, zgodnie z zaleceniami COBORU (Domański 1998b), prowadzono następujące obserwacje:

- wschody roślin (początek – po 10 dniach, tj. 24 maja, i pełnia – po 30 dniach od siewu, tj. 13 czerwca 1998 roku),
- stan zadarnienia określono po 10 tygodniach od daty siewu, tj. 23 lipca 1998 roku:

Pokrycie podłoża [%]	Zadarnienie	Skala 9 ^o
0 – 5	złe (brak roślin)	1
6 – 15	złe do słabego	2
16 – 25	słabe	3
26 – 40	słabe do dostatecznego	4
41 – 60	dostateczne	5
61 – 75	dostateczne do dobrego	6
76 – 85	dobrze	7
86 – 95	dobrze do bardzo dobrego	8
96 – 100	bardzo dobre	9

- ogólny aspekt (OA) badano na koniec sezonu wegetacyjnego.

Ogólny aspekt, czyli wygląd (atrakcyjność) murawy, określono w skali 1–9^o:

- 1 – zły (brak liści).
- 2 – zły do słabego.
- 3 – słaby (murawa nieatrakcyjna).
- 4 – słaby do dostatecznego.
- 5 – dostateczny (murawa przeciętna).
- 6 – dostateczny do dobrego.
- 7 – dobry (murawa ciesząca oko).
- 8 – dobry do bardzo dobrego.
- 9 – bardzo dobry (murawa bardzo się podoba).

Warunki agroklimatyczne w 1998 roku były korzystne dla wzrostu i rozwoju traw gazonowych (tab. 2). Sprzyjająca temperatura powietrza i opady atmosferyczne w kwietniu, maju i czerwcu dodatkowo wpłynęły na warunki

kiełkowania i wschody roślin. Niedobór opadów w lipcu osłabił krzewienie badanych gatunków i odmian traw gazonowych wysiewanych w siewie czystym jak też w mieszankach. Wzrost opadów w miesiącu sierpniu przy nieco niższej od średniej temperaturze powietrza zdecydowanie wpłynął na wzrost i rozwój roślin. Pod koniec okresu wegetacyjnego, stosunkowo ciepły i suchy wrzesień, nie wpłynął ujemnie na dalszy rozwój i adaptację roślin. Pierwsze przymrozki zanotowano w drugiej dekadzie listopada, a dalsze spadki temperatury spowodowały przejście roślin w stan spoczynku zimowego.

Wyniki

Oceny wschodów traw gazonowych w siewie czystym i w mieszankach dokonano: na początku (po 10 dniach, tj. 24 maja) i w pełni wschodów (po 30 dniach od siewu, tj. 13 czerwca 1998 roku). Zbliżone wschody roślin wysiewanych w siewie czystym i w mieszankach w początkowym okresie wynikały przede wszystkim ze sprzyjających warunków pogodowych w maju (tab. 3). Zdaniem Prończuka (1994) początek i długość poszczególnych faz rozwojowych uzależnione są nie tylko od właściwości biologicznych gatunków, odmian, ale i ich pochodzenia. Na przebieg faz rozwojowych wpływają również zmiany pogody (tab. 2), zwłaszcza temperatura i opady, długość dnia, nasłonecznienie, a w mniejszym stopniu gleba.

TABELA 2. Średnia miesięczna temperatura powietrza i sumy opadów atmosferycznych w 1998 roku według Stacji Meteorologicznej w Tomaszkowie

TABLE 2. Mean monthly air temperatures and precipitation sum of 1998 year Meteorological Station in Tomaszko

Miesiąc Month	Średnia miesięczna temperatura powietrza Monthly averages of air temperature [°C]	Średnia z wielu lat Average for many years (1960–1990)	Miesięczne sumy opadów Monthly sum of precipitation [mm]	Średnia z wielu lat Average for many years
I	0,3	–3,0	28,1	28,3
II	2,2	–2,8	22,3	19,5
III	0,4	1,0	30,5	24,9
IV	8,9	6,5	52,3	32,8
V	13,5	12,6	62,8	49,4
VI	16,3	15,7	80,9	83,9
VII	16,7	17,4	57,0	74,9
VIII	15,3	16,9	81,3	71,4
IX	12,5	12,5	20,8	58,8
X	6,8	7,8	51,9	46,6
XI	–3,0	2,8	40,0	51,3
XII	–2,6	–1,3	32,3	37,4
Rok Year	7,3	7,2	560,2	579,2
Średnia za okres Averages for period (IV–IX)	13,9	13,6	355,1	371,2

W fazie pełni wschodów największą obsadą wyróżniały się poletka obsiane mieszanką zagraniczną Barenbrug „Football” (66,0 szt./100 cm²), a w siewie czystym życicą trwała „Nira” (62,0 szt./100 cm²). Wydaje się słuszne, aby w mieszankach na trawniki sportowe wysiewano życicę trwałą, odznaczającą się szeroką amplitudą ekologiczną, dynamicznym wzrostem i rozwojem w roku siewu oraz zdolnością do tworzenia zwartej i gęstej darni. Najmniejszą liczbę siewek (20,7 szt./100 cm²) stwierdzono na poletku z

wiechliną łąkową „Gol”. Wschody pozostałych traw gazonowych wysiewanych w siewie czystym i w mieszankach były zróżnicowane i wahały się od 35,0 do 60,7 szt./100 cm² (tab. 3).

W roku siewu stwierdzono istotne różnice w zadarnieniu, czyli pokryciu powierzchni (tab. 4). Z gatunków wysiewanych w siewie czystym najlepszym zadarnieniem cechowała się kostrzewa czerwona „Nimba” (8° w skali 9°). W badaniach Domańskiego (1998a) odmiana „Nimba” wśród kostrzew również wyróżniała się dobrym

zadarnieniem. Jak podaje Patrzałek (1996), kostrzewa czerwona „Nimba” dobrze zadarnia powierzchnie zdegradowane, stąd zaleca się ją do obsiewu zwałowisk pokopalnianych. Spośród wysiewanych mieszanek najwyższymi ocenami zadarnienia (8° w skali 9°) wyróżniała się mieszanka niemiecka firmy DSV „Libero” w składzie: życica trwała „Lisuna” i „Lisabella”, wiechlina łąkowa „Limousine” i „Leuroba” oraz kostrzewa czerwona „Liprosa”. Zbliżone parametry stanu zadarnienia wykazały mieszanki zagraniczne: Johnsons „Trawa sportowa” (7,7° w skali 9°), Barenbrug „Football” oraz mieszanki zaprojektowane w Katedrze Łąkarstwa nr 13 i 14, jak też w monokulturze mietlica pospolita „Igeka” (tab. 3). Według Domańskiego (1995), na terenach sportowych świeżo założonych, które tylko się kosi, mietlica pospolita jest gatunkiem agresywnym w stosunku do życicy trwałej, wiechliny łąkowej i tymotki kolankowatej. W warunkach symulowanego użytkowania (mechanicznego wałowania) wykazuje brak wytrzymałości na powtarzające się udeptywanie i rozrywanie darni. W odróżnieniu do pozostałych gatunków (odmian) i mieszanek traw gazonowych najgorszym zadarnieniem (6° w skali 9°) charakteryzowała się mieszanka firmy Rolimpex „Mieszanka sportowa”. Niska ocena zadarnienia wynikała przede wszystkim ze znacznego udziału pastewnej odmiany życicy trwałej „Nadmorski” oraz niekorzystnych warunków agrometeorologicznych w miesiącu lipcu (tab. 2).

Z gatunków wysiewanych w siewie czystym najbardziej wyrównanymi ocenami zadarnienia (6,3° w skali 9°) wyróżniały się odmiany życicy trwałej „Więclawicki”, „Nira”, „Niga” i „Inka”, za wyjątkiem życicy trwałej „Stadion”, która charakteryzowała się dobrym zadarnieniem (7° w skali 9°). Podobne wyniki uzyskali w swoich badaniach Harkot i Czarnecki (1999).

Aspekt ogólny, czyli wygląd murawy, jest oceną syntetyczną (Prończuk 1993). Na koniec sezonu wegetacyjnego (tab. 4) najkorzystniejszym wyglądem murawy charakteryzowała się monokultura kostrzewy czerwonej „Nimba” (8° w skali 9°). Murawę przeciętną (7°–7,3°) cechowały się poletka obsiane mieszkami zagranicznymi Johnsons „Trawa sportowa” i Barenbrug „Football” oraz mieszką nr 14 zaprojektowaną w Katedrze Łąkarstwa w składzie: życica trwała „Stadion” i „Inka”, wiechlina łąkowa „NIB 193” oraz kostrzewa czerwona „Nimba” (tab. 3).

W siewie czystym dobrym aspektem ogólnym odznaczała się również życica trwała „Inka” i „Stadion” (6,7° w skali 9°). Mniej atrakcyjnym wyglądem cechowały się poletka obsiane wiechliną łąkową „Alicja” i „NIB 193” (tab. 4). Jak podają Domański i in. (1989), ogólny aspekt jest oceną, która wynika z interakcji genotypu z czynnikami siedliska. Poznanie dynamiki zmian we wzroście i rozwoju roślin w roku siewu w odniesieniu zarówno do gatunków (odmian), jak i mieszanek może mieć zasadnicze znaczenie przy zakładaniu i dalszym użytkowaniu trawników sportowych.

TABELA 3. Wschody traw gazonowych wysiewanych w siewie czystym i w mieszankach na trawnikach sportowych (w szt/100 cm²)
 TABLE 3. Instalation fo the grasses in a pure sowing and the mixtures number per 100 cm² in sport lawns

Gatunki i mieszanki Species and mixtures	Początek wschodów Beginning of shooting up		Gatunki i mieszanki Species and mixtures	Pełnia wschodów Fuul of shooting up	
	X	Grupy jednorodne według testu t'Duncana Homogeneous groups according to Duncan's test		X	Grupy jednorodne według testu t'Duncana Homogeneous groups according to Duncan's test
<i>Poa pratensis</i> L. „Gol”	11,3	*	<i>Poa pratensis</i> L. „Gol”	20,7	*
<i>Lolium perenne</i> L. „Więclawicki”	14,3	*	<i>Poa pratensis</i> L. „Alicja”	35,0	* *
<i>Agrostis capillaris</i> L. „Igeka”	14,3	*	<i>Agrostis capillaris</i> L. „Igeka”	35,3	* *
<i>Lolium perenne</i> L. „Inka”	23,0	*	<i>Festuca rubra</i> L. „Nimba”	38,0	* *
Mixture nr 12	23,0	*	Mixture nr 15	45,7	* *
<i>Lolium perenne</i> L. „Nira”	23,7	*	<i>Poa pratensis</i> L. „NIB193”	48,0	* *
<i>Poa pratensis</i> L. „Alicja”	24,0	*	Życica trwała „Inka”	48,7	* *
<i>Poa pratensis</i> L. „NIB193”	24,3	*	Mixture nr 12	48,7	* *
<i>Festuca rubra</i> L. „Nimba”	24,3	*	Mixture nr 13	50,7	* *
Życica trwała „Niga”	24,7	*	Nieznanice „Sport”	51,0	* *
Mixture nr 13	26,0	*	DSV „Libero”	52,0	* *
Johnsons „Trawa sportowa”	26,3	*	<i>Lolium perenne</i> L. „Więclawicki”	54,0	* *
Mixture nr 15	27,7	*	<i>Lolium perenne</i> L. „Niga”	55,0	* *
Mixture nr 14	28,3	*	<i>Lolium perenne</i> L. „Stadion”	55,3	* *
DSV „Libero”	30,7	*	Mixture nr 14	56,3	* *
Mixture nr 11	33,0	*	Mixture nr 11	58,0	* *
Rolimpex „Mieszanka sportowa”	34,0	*	Rolimpex „Mieszanka sportowa”	60,0	* *
<i>Lolium perenne</i> L. „Stadion”	36,7	*	Johnsons „Trawa sportowa”	60,7	* *
Nieznanice „Sport”	37,3	*	<i>Lolium perenne</i> L. „Nira”	62,0	* *
Barenbrug „Football”	38,7	*	Barenbrug „Football”	66,0	*

TABELA 4. Obserwacje w roku siewu na trawnikach sportowych (skala 9°)

TABLE 4. The obligatory observation in the of sowing (scale 9°) in sport lawns

Gatunki i mieszanki Species and mixtures	Stan zadarnienia Compactness (27.07.1998)				Gatunki i mieszanki Species and mixtures	Ogólny aspekt General aspects (15.10.1998)						
	X	Grupy jednorodne według testu t'Duncana Homogeneous groups according to Duncan's test				X	Grupy jednorodne wg testu t'Duncana Homogeneous groups according to Duncan's test					
Rolimpex „Mieszanka sportowa”	6,0	*			<i>Poa pratensis</i> L. „Alicja”	4,7	*					
<i>Lolium perenne</i> L. „Więclawicki”	6,3	*	*		<i>Poa pratensis</i> L. „NIB193”	4,7	*	*				
<i>Lolium perenne</i> L. „Nira”	6,3	*	*		<i>Poa pratensis</i> L. „Gol”	5,0	*	*				
<i>Lolium perenne</i> L. „Niga”	6,3	*	*		Rolimpex „Mieszanka sportowa”	5,0	*	*				
<i>Lolium perenne</i> L. „Inka”	6,3	*	*		Mixture nr 12	5,3	*	*	*			
<i>Poa pratensis</i> L. „Gol”	6,3	*	*		Nieznanice „Sport”	5,3	*	*	*	*		
Mieszanka nr 12	6,3	*	*	*	<i>Lolium perenne</i> L. „Więclawicki”	5,7	*	*	*	*		
Wiechlina łukowa „NIB193”	6,7	*	*	*	<i>Lolium perenne</i> L. „Niga”	5,7	*	*	*	*		
Mieszanka nr 11	6,7	*	*	*	<i>Agrostis capillaris</i> „Igeka”	5,7	*	*	*	*	*	
Nieznanice „Sport”	6,7	*	*	*	<i>Lolium perenne</i> L. „Nira”	6,0	*	*	*	*	*	
<i>Lolium perenne</i> L. „Stadion”	7,0	*	*	*	Mixture nr 15	6,0	*	*	*	*	*	
<i>Poa pratensis</i> L. „Alicja”	7,3	*	*	*	Mixture nr 11	6,3		*	*	*	*	
Mieszanka nr 15	7,3	*	*	*	Mixture nr 13	6,3		*	*	*	*	*
<i>Agrostis capillaris</i> „Igeka”	7,7		*	*	<i>Lolium perenne</i> L. „Inka”	6,7			*	*	*	*
Mieszanka nr 13	7,7		*	*	<i>Lolium perenne</i> L. „Stadion”	6,7			*	*	*	*
Mieszanka nr 14	7,7		*	*	DSV „Libero”	6,7			*	*	*	*
Barenbrug „Football”	7,7		*	*	Mixture nr 14	7,0				*	*	*
Johnsons „Trawa sportowa”	7,7		*	*	Barenbrug „Football”	7,0				*	*	*
<i>Festuca rubra</i> L. „Nimba”	8,0			*	Johnsons „Trawa sportowa”	7,3					*	*
DSV „Libero”	8,0			*	<i>Festuca rubra</i> L. „Nimba”	8,0						*

Wnioski

1. W roku siewu najbardziej atrakcyjną i zwartą murawą wyróżniała się kostrzewa czerwona „Nimba”. Wyrównanymi wschodami, dobrym zadarnieniem i wyglądem murawy odznaczały się również odmiany życicy trwałej „Stadion” i „Inka”.
2. Spośród badanych mieszanek najlepszymi parametrami wykazały się mieszanki firmy Johnsons „Trawa sportowa” i firmy Barenbrug „Football” oraz mieszanka zaprojektowana w Katedrze Łąkarstwa w składzie: życica trwała „Stadion” i „Inka”, wiechlina łąkowa „NIB 193” oraz kostrzewa czerwona „Nimba”.

Literatura

- DOMAŃSKI P. 1992: System badań i oceny odmian traw gazonowych w Polsce. *Biul. IHAR* 183: 251–263.
- DOMAŃSKI P. 1995: Trawy darniowe: kostrzewa czerwona, kostrzewa owcza, mietlica pospolita, wiechlina łąkowa i życica trwała. Synteza wyników doświadczeń odmianowych COBORU. Słupia Wielka, ser. 1991: 18.
- DOMAŃSKI P. 1997: Jakie nasiona na jaki trawnik? *Działkowiec* 4: 39.
- DOMAŃSKI P. 1998a: Trawy darniowe: kostrzewa czerwona, wiechlina łąkowa, życica trwała. Synteza wyników doświadczeń odmianowych COBORU. Słupia Wielka, ser. 1994, 1136: 1–21.
- DOMAŃSKI P. 1998b: Metodyka badania wartości gospodarczej odmian (WGO) roślin uprawnych. COBORU. Słupia Wielka I: 1–33.
- DOMAŃSKI P., CIEPLIK Z., HEMPEL A. 1989: Analiza wczesnych stadiów rozwojowych traw gazonowych 1986–1987. *Wiadomości Odm.* 7/37: 1–22.
- GAJDA M., HEMPEL A. 1997: Trawniki. Wydaw. Plantpress, Kraków.
- GRABOWSKI K., GRZEGORCZYK S., BENEDYCKI S., KWIETNIEWSKI H. 1999: Przydatność gatunków i odmian traw gazonowych do obsiewu trawników rekreacyjnych. *Fol. Univ. Agric. Stetin* 197, *Agricultura* (75): 89–92.
- HARKOT W., CZARNECKI Z. 1999: Przydatność polskich odmian traw gazonowych do zadarniania powierzchni w trudnych warunkach glebowych. *Fol. Univ. Agric. Stetin* 197, *Agricultura* (75): 117–120.
- MAŁUSZYŃSKA E., PRONCZUK S. 1994: Czystość nasion mieszanek traw gazonowych. *Genet. Pol.* 35A: 349–352.
- PATRZĄLEK A. 1996: Promocja polskich odmian traw na zwalówiskach odpadów po kopalnictwie węgla kamiennego. *Biul. IHAR* 199: 185–192.
- PRONCZUK S. 1993: System oceny traw gazonowych. *Biul. IHAR* 186: 127–132.
- PRONCZUK S. 1994: Stan hodowli i nasienictwa traw gazonowych w Polsce. *Genet. Pol.* 35A: 329–339.
- PRZYDATEK T. 1999: Stan hodowli i nasienictwa traw gazonowych w Polsce. II Ogólnopolska Konf. Nauk.-Techn. Ustroń-Jaszowiec, 14–15 październik.
- RUTKOWSKA B., PAWLUŚKIEWICZ P. 1996: Trawniki – Poradnik. PWRiL, Warszawa.
- WYSOCKI C. 2000: Zakładanie i pielęgnacja trawników terenów sportowych. *Wiś Jutra* 4: 26–29.

Summary

Growth and development of some grass varieties sown in pure method and in mixtures intended for sport lawns in the year of sowing. The choosen species and varieties of gazon grasses sown in a pure sowing and mixtures on sport lawns were investigated. In the year of sowing estimated: emergence of plants, propagation and general aspect (scale 9°). Exact experiment microfields founded on 14 may 1998 with split-plot method, there times repeted, on antropogenic soil, formed from loamy sand. Soil before sowing soil was enriched in 10 cm layer of peat. Upper layer of this soil characterized very high content of zine, copper, manganese and ferrum. In the year of sowing an attracted lawn characterized

Festuca rubra „Nimba”. Leveled emergence, good compactness and apperance of lawn also characterized varieties of *Lolium perenne* „Stadion” and „Inka”. Among tested mixtures the best parameters demonstrated mixtures of firms: Johnsons „Trawa sportowa”, Barenbrug „Fooltball” and mixture no 14, projected in Chair of Grassland: *Lolium perenne* „Stadion” and „Inka, *Poa pratensis* „NIB 193” and *Festuca rubra* „Nimba”.

Author's address:

Kazimierz Grabowski, Stefan Grzegorzcyk,
Stanisław Benedycki, Henryk Kwietniewski
University of Warmia and Mazury in Olsztyn
Chair of Grassland
ul. Plac Łódzki 1
10-718 Olsztyn
Poland

Barbara GOLIŃSKA

Katedra Łąkarstwa
Akademia Rolnicza w Poznaniu
Department of Grassland Sciences
Agricultural University of Poznań

Ocena przydatności wybranych odmian hodowlanych *Festuca rubra* i *Festuca ovina* do ekstensywnego użytkowania trawnikowego

Usefulness evaluation of selected cultivars of *Festuca rubra* and *Festuca ovina* to extensive lawn utilisation

Wprowadzenie

Spośród traw gazonowych *Festuca rubra* i *Festuca ovina* odznaczają się szczególną zdolnością do zadarniania stanowisk trudnych, pod względem glebowym i wilgotnościowym (Harkot i Czarnecki 1999, Patrzalek 2000, Rutkowska i Pawluśkiewicz 1996). Aspekt wizualny takich powierzchni schodzi na plan dalszy, natomiast pierwszoplanową rolę odgrywa wykształcanie zwartej darni. Zdolność darniotwórcza odmian tych gatunków jest specyficzną i ważną cechą użytkową. Celem badań była ocena przydatności wybranych odmian hodowlanych *Festuca rubra* i *Festuca ovina* do ekstensywnego użytkowania trawnikowego w roku siewu oraz w pierwszym roku pełnego użytkowania.

Materiał i metoda

Badania przeprowadzono w latach 1999–2000 w Stacji Doświadczalnej Katedry Łąkarstwa w Brodach. Doświadczenie w układzie bloków losowanych założono i pielęgnowano zgodnie z metodyką oceny wartości gospodarczej odmian traw darniowych dla użytkowania ekstensywnego w tak zwanym systemie PARK (Domański 1998). Warunki glebowe i pogodowe występujące w okresie badań zamieszczono w innej pracy (Golińska i Goliński 2002). Oceniano 20 odmian kostrzewy czerwonej oraz 4 odmiany kostrzewy owczej. Prace badawcze polegały na określaniu stopnia rozkrzewienia roślin, liczby liści na roślinie, liczby wykształconych pędów

przez roślinę, zadarnienia, wysokości runi, plonu runi oraz masy korzeniowej. Badania prowadzono na poletkach o powierzchni 1 m² w trzech replikacjach. Stopień rozkrzewienia oceniano za pomocą skali 9^o w 10 tygodni po siewie. W celu określenia liczby liści oraz liczby wykształconych pędów na roślinie po 10 tygodniach od siewu pobierano losowo z każdego poletka 10 roślin dla dokonywania obliczeń. Do określenia zadarnienia wykorzystano metodę kwadratów Webera. W tym celu posłużono się ramką o bokach 0,5 × 0,5 m podzieloną cienkim drutem na 100 kwadratów o powierzchni 25 cm². Oznaczenia dokonano po ruszeniu wegetacji oraz po zbiorze każdego odrostu, licząc kwadraty zadarnione i puste. Do mierzenia wysokości runi w każdym odroście wykorzystano herbometr. Plon runi oceniano za pomocą ukosów próbnych z powierzchni 0,5 m² każdego poletka. Określenie masy korzeniowej przeprowadzono jesienią na podstawie wycinania darni cylindrem o średnicy 6 cm, do głębokości 8 cm. Po oddzieleniu

korzeni od gleby poprzez płukanie wodą, suszono je w temperaturze 106°C i ważono. Wyniki plonowania porównywano z odmianą *Leo Festuca rubra*, którą uznano za wzorcową. Uzyskany materiał wynikowy poddano ocenie statystycznej, wykorzystując analizę wariancji dla doświadczeń czynnikowych ortogonalnych. Istotność różnicowania wyników weryfikowano testem Fischera na poziomie ufności P = 0,95 (Elandt 1964).

Wyniki

Wyniki oceny odmian hodowlanych *Festuca rubra* w roku siewu zamieszczono w tabeli 1. Okazało się, że najlepszym rozkrzewieniem (6,5–6,8^o) odznaczały się odmiany Adio, Atra, Barma i Cecilia. Najgorsze pod tym względem były Smirna (2,5^o) i Napoli (3,9^o).

TABELA 1. Ocena właściwości morfologicznych i biologicznych odmian *Festuca rubra* w roku siewu

TABLE 1. Evaluation of morphological and biological features of *Festuca rubra* cultivars in sowing year

Odmiana Cultivar	Rozkrzewienie (1–9 ^o) Stocking (1–9 ^o)	Liczba liści na roślinie No of leaves per plant	Liczba pędów na roślinie No of shoots per plant
1	2	3	4
Leo (PL)	5,4	13,2	3,6
Areta (PL)	5,1	17,6	6,0
Nimba (PL)	6,0	15,7	5,2
Adio (PL)	6,7	10,0	3,7
Reda (PL)	4,5	7,4	2,5
Barma (PL)	6,5	7,8	2,5
Atra (PL)	6,6	6,5	2,3
Engina (NL)	4,6	9,2	3,3
Barskol (NL)	5,2	9,0	3,2
Bargreen (NL)	5,3	13,1	4,1

cd. tabeli 1
cont. table 1

1	2	3	4
Bargena (NL)	5,0	9,3	3,7
Barcrown (NL)	5,8	12,6	4,2
Barnica (NL)	5,3	14,6	4,8
Pinic (DK)	5,1	9,8	3,9
Cecilia (DK)	6,8	13,3	4,3
Aniset (DK)	5,7	14,9	5,3
Smirna (DK)	2,5	16,0	5,4
Napoli (DK)	3,9	16,4	5,4
Wilma (SE)	5,0	10,2	3,7
Lovisa (SE)	4,5	10,9	3,6
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	1,12	0,94	0,65

Najwięcej liści na roślinie w 10. tygodniu po siewie stwierdzono u odmiany Areta (17,6). Nieco mniejszą, lecz statystycznie istotną wartością tej cechy wyróżniały się: Napoli (16,4), Smirna (16,0) i Nimba (15,7). Najmniej liści na roślinie w 10. tygodniu po siewie stwierdzono u odmian pastewnych: Barma (7,8), Reda (7,4) i Atra (6,5). Podobny ranking odmian wystąpił pod względem liczby wykształconych pędów na roślinie. Najwięcej pędów odnotowano u odmian: Areta (6,0), Smirna (5,4), Napoli (5,4), Aniset (5,3) i Nimba (5,2). Najmniej korzystnie pod względem tej cechy okazały się: Atra, Reda i Barma, które po 10 tygodniach

od siewu wytworzyły tylko 2,3–2,5 pędów na roślinie.

Odmiany kostrzewy owczej cechowały się gorszym stopniem rozkrzewienia w 10 tygodniu po siewie w porównaniu z kostrzewą czerwoną (tab. 2). Korzystnie pod względem tej cechy wyróżniała się Mimi (4,5°). Natomiast Witra (3°) ustępowała znacznie pozostałym odmianom, co udowodniono statystycznie. Analizowane odmiany były mało zróżnicowane w aspekcie liczby liści i pędów wykształconych na roślinie. Jedynie Noni wytwarzała zdecydowanie mniej liści i pędów od pozostałych odmian.

TABELA 2. Ocena właściwości morfologicznych i biologicznych odmian *Festuca ovina* w roku siewu

TABLE 2. Evaluation of morphological and biological features of *Festuca ovina* cultivars in sowing year

Odmiana Cultivar	Rozkrzewienie (1–9°) Stocking (1–9°)	Liczba liści na roślinie No of leaves per plant	Liczba pędów na roślinie No of shoots per plant
Sima (PL)	3,9	10,0	3,1
Noni (PL)	4,1	9,0	2,8
Mimi (PL)	4,5	11,2	3,8
Witra (PL)	3,0	11,0	3,8
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,82	ns	0,73

Wyniki badań nad wybranymi właściwościami odmian *Festuca rubra* w pierwszym roku użytkowania zamieszczono w tabeli 3. Pod względem zadarnienia najlepsze okazały się Barcrown (średnio w okresie wegetacji 96,2% pokrycia powierzchni), Nimba (95,8%) i Wilma (94,0%). Natomiast jednorodną statystycznie grupę najgorszych odmian tworzyły Napoli (77%) i Areta (79,1%). Najwyższą runi w momencie koszenia wykształcały Adio (średnio 14,1 cm) i Reda (13,9 cm), natomiast najniższą Barcrown (7,0 cm) i Barnica (7,2 cm). Wyraźne zróżnicowanie między odmianami odnotowano w zbieranym plonie runi trawnikowej, co potwierdziła analiza statystyczna. Najwięcej biomasy wytwarzały odmiany Reda

i Barma, odpowiednio, o 76,3 i 60,2% w porównaniu z odmianą Leo. Około 30% więcej masy nadziemnej w czasie koszenia zbierano u odmian: Atra, Bargena, Adio i Cecilia. Mniejszy, statystycznie istotny, plon od odmiany Leo wykształcały Smirna i Barcrown, odpowiednio o 6,6 i 6,0%. Należy dodać, że pod względem plonu runi skrajne odmiany u *Festuca rubra* różniły się o 87,5%. Jeszcze większe zróżnicowanie odnotowano w masie korzeniowej (178,1%). W aspekcie tej cechy korzystnie wyróżniały się Areta i Aniset, które odznaczały się ponad dwukrotnie większą masą korzeniową w porównaniu z odmianą Leo.

TABELA 3. Ocena właściwości morfologicznych i biologicznych odmian *Festuca rubra* w roku użytkowania

TABLE 3. Evaluation of morphological and biological features of *Festuca rubra* cultivars in utilisation year

Odmiana Cultivar	Zadarnienie* Sodding* [%]	Wysokość runi* Sward height* [cm]	Plon runi z odrostu* [liczby względne] Sward yield of re- growth* [relative number]	Masa korzeniowa [liczby względne] Roots weight [relative number]
1	2	3	4	5
Leo (PL)	87,7	11,3	100,0	100,0
Areta (PL)	79,1	13,5	111,1	217,1
Nimba (PL)	95,8	9,1	116,1	175,6
Adio (PL)	91,5	14,1	127,7	80,5
Reda (PL)	83,9	13,9	176,3	104,9
Barma (PL)	88,5	12,7	160,2	158,5
Atra (PL)	84,8	12,2	132,2	104,9
Engina (NL)	82,3	12,9	111,6	107,3
Barskol (NL)	89,6	9,3	101,7	126,8
Bargreen (NL)	90,9	8,6	115,4	168,3
Bargena (NL)	88,2	13,0	131,5	78,0
Barcrown (NL)	96,2	7,0	94,0	178,0
Barnica (NL)	91,7	7,2	120,6	175,6
Pinic (DK)	90,1	10,8	105,0	104,9
Cecilia (DK)	93,2	8,5	127,2	134,1

cd. tabeli 3
cont. table 3

1	2	3	4	5
Aniset (DK)	91,7	10,2	104,5	209,8
Smirna (DK)	80,6	8,1	93,4	112,2
Napoli (DK)	77,0	9,2	119,4	136,6
Wilma (SE)	94,0	8,4	98,3	139,0
Lovisa (SE)	92,4	9,4	114,4	87,8
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	2,26	1,42	5,78	8,18

* Średnia w roku użytkowania./Mean in utilisation year.

Dobrym rozwojem systemu korzeniowego w warstwie 0–8 cm cechowały się także: Nimba, Barcrown i Barnica, a nieco gorszym Bargreen i Barma. Odmiany te niewątpliwie są bardziej predisponowane do zadarniania powierzchni w warunkach ekstensywnego użytkowania trawnikowego od pozostałych. Najmniejszą masę korzeniową wykształcały Bargena i Adio.

Odmiany *Festuca ovina* odznaczały się dobrym zadarnieniem w pierwszym roku użytkowania (tab. 4). Pod względem tej cechy korzystnie wyróżniała się Mimi (91,5%), choć najgorsza Witra niewiele jej ustępowała (88,2%). Stwierdzonych różnic nie udowodniono statystycznie. *Festuca ovina* odrastała znacznie wolniej od kostrzewy czerwonej. W momencie koszenia odmiany tego gatunku osiągały wysokość runi, średnio od 4,8 cm (Noni) do 7,0 cm (Mimi). Obok Mimi do grupy odmian wykształcających wyższą runi należy zaliczyć również odmianę Sima. Odmiany kostrzewy owczej wytwarzały także znacznie mniejszą biomasa runi trawnikowej niż analizowane kreacje hodowlane kostrzewy czerwonej. W porównaniu z odmianą Leo w zakresie tej cechy stwierdzono bowiem mniejszy plon, od 19,9% (Witra) do 60,7% (Noni). Odmianami wyróżniającymi się

statystycznie pod względem wielkości plonu runi, w porównaniu z pozostałymi, były Witra i Sima. Należy dodać, że pod względem plonu runi skrajne odmiany *Festuca ovina* różniły się o 103,8%. Podobne zróżnicowanie wystąpiło w masie korzeniowej u odmian kostrzewy owczej (103,2%). Jak się okazało, porównywalny z Leo plon korzeni wykształcała Noni. Mimi cechowała się masą korzeni większą o ponad 50%, a Sima i Witra o 25% mniejszą. Odmiany *Festuca ovina* pod względem tej cechy różniły się istotnie, przy czym Witra i Sima tworzyły jednorodną grupę o najmniejszej masie korzeniowej.

Podsumowanie

W warunkach ekstensywnego użytkowania trawnikowego na pozytywną ocenę zasługuje Nimba, Barcrown i Aniset. W porównaniu z Leo te odmiany *Festuca rubra* odznaczały się najlepszym zadarnieniem, mniejszą wysokością runi oraz zdecydowanie większą masą korzeniową. Najgorszymi pod względem badanych cech okazały się Napoli i Smirna. Zachowanie się odmiany Areta jest trudne w interpretacji.

TABELA 4. Ocena właściwości morfologicznych i biologicznych odmian *Festuca ovina* w roku użytkowania

TABLE 4. Evaluation of morphological and biological features of *Festuca ovina* cultivars in utilisation year

Odmiana Cultivar	Zadarnienie* Sodding* [%]	Wysokość runi* Sward height* [cm]	Plon runi z odrostu* [liczby względne] Sward yield of regrowth* [relative number]	Masa korzeniowa [liczby względne] Roots weight [relative number]
Sima (PL)	89,8	6,9	78,4	75,6
Noni (PL)	90,3	4,8	39,3	100,0
Mimi (PL)	91,5	7,0	60,2	153,7
Witra (PL)	88,2	5,5	80,1	75,6
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	ns	1,30	7,70	8,52

* Średnia w roku użytkowania./Mean in utilisation year.

W pierwszym roku użytkowania stwierdzono u niej słabsze zadarnienie. Jednocześnie wykształcała ona ponad dwukrotnie większy plon korzeni. Może to być przyczynkiem do lepszej oceny tej odmiany w dalszych latach jej użytkowania. Spośród odmian kostrzewy owczej w aspekcie zadarniania i plonu korzeni najlepszą okazała się odmiana Mimi, choć wykształcała wyższą runi. Niezwykle ciekawą kreacją hodowlaną jest Noni o bardzo wolnym odrastaniu oraz dobrym zadarnieniu. W ocenie przydatności odmian traw do ekstensywnego użytkowania trawnikowego dobrymi kryteriami są: zadarnienie, wysokość runi oraz plon masy nadziemnej i korzeniowej.

Literatura

- DOMAŃSKI P. 1998: Metodyka badania wartości gospodarczej odmian roślin uprawnych. 1.4. Trawy darniowe. Wydaw. COBORU, Słupia Wielka.
- ELANDT R. 1964: Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczego. PWN, Warszawa.

GOLIŃSKA B., GOLIŃSKI P. 2002. Predyspozycje *Festuca rubra* do odkładania filcu na trawnikach. *Przegląd Naukowy, Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* 1(24).

HARKOT W., CZARNECKI Z. 1999: Przydatność polskich odmian traw gazonowych do zadarniania powierzchni w trudnych warunkach glebowych. *Fol. Univ. Agric. Ste-tin.* 197, *Agricultura* 75: 117–120.

PATRZALEK A. 2000: Gatunki i odmiany traw dla celów specjalnych i ich użytkowanie. *Łękarstwo w Polsce* 3: 105–118.

RUTKOWSKA B., PAWLUŚKIEWICZ M. 1996: Trawniki. Poradnik zakładania i pielęgnowania. PWRiL, Warszawa.

Summary

Usefulness evaluation of selected cultivars of *Festuca rubra* and *Festuca ovina* to extensive lawn utilisation. In years 1999–2000 an experiment was carried out in the Brody Experimental Station in which the author assessed the usefulness of 20 cultivars of *Festuca rubra* and 4 cultivars of *Festuca ovina* for extensive lawn utilisation in the year of sowing and in the first year of utilisation. The experiments comprised the following determinations: the degree of plant tillering (9° scale), number of leaves per plant, number of tillers developed by a plant, sodding (using Weber's method),

sward height (using a herbometer), sward yield (from the area of 0.5 m^2) and yield of the root bulk (from a cylinder of 6 cm diameter and the depth of 8 cm). The performed studies were carried out on 1 m^2 plots in three replications. In conditions of extensive lawn utilisation, out of 20 cultivars of *Festuca rubra*, Nimba, Barcrown and Aniset deserve positive marks. In comparison with Leo cultivar, the above cultivars were characterised by better sodding, shorter sward, similar sward yield and distinctly greater weight of roots. Napoli and Smirna received the worst marks for the examined traits. Out of the 4 examined cultivars of *Festuca ovina*, Mimi proved the best one from the point of view of its sod-

ding traits and root yield although it developed higher plants. Noni also turned out to be a very interesting breeding creation characterised by a very slow regrowth and good sodding. Sodding, sward height and plant over ground and root yields turned out to be good criteria for the assessment of grass cultivar suitability for extensive lawn utilisation.

Author's address:

Barbara Golińska
Department of Grassland Sciences
Agricultural University of Poznań
60-637 Poznań
ul. Wojska Polskiego 38/42
Poland

Zmienność barwy trawnika wiechlinowego Changeability of colour of Kentucky blue-grass lawn

Wprowadzenie

Rangę gospodarczą wiechliny łąkowej w ostatnich latach wyznacza coraz mocniej pozapaszowe wykorzystanie tego gatunku. Wskaźnikiem takiej pozycji może być rozwijająca się hodowla odmian trawnikowych. Jednym z kryteriów oceny tej grupy odmian jest barwa roślin (Kozłowski i in. 2002). Cecha ta w najwyższym stopniu determinuje aspekt wizualny trawnika. Częsta defoliacja i zmieniające się warunki pogodowe sprawiają, że utrzymanie stabilności barwy staje się istotnym problemem. Celem naszych badań było poznanie zakresu różnicowania barwy trawnika wiechlinowego w okresie wegetacji.

Material i metoda

Prace badawcze prowadzono na trawniku na terenie AR w Poznaniu, założonym w 1999 roku na glebie mineralnej, w stanowisku dobrze nasłonecznionym. Do założenia trawnika wykorzystano mieszanke odmian kana-

dyjskich *Poa pratensis* Crest, Alpine, America i Touchdown, występującą na rynku pod nazwą Trawan, niemiecką odmianę tego gatunku Limousine oraz odmianę Ani polskiej hodowli. W ten sposób uzyskano trzy kombinacje doświadczalne o powierzchni 200 m² każda. Trawnik pielęgnowano zgodnie z metodyką oceny wartości gospodarczej odmian traw darniowych dla użytkowania umiarkowanie intensywnego (Domański 1998). Nawożenie w ilości 200 kg/ha N, 70 kg/ha P₂O₅ i 120 kg/ha K₂O rocznie stosowano w pięciu dawkach. Koszenie przeprowadzono na wysokości 3–4 cm 25 razy w okresie wegetacji, to znaczy od kwietnia do października. Moment koszenia wyznaczała wysokość runi na poziomie 7–8 cm. Trawnik nawadniano za pomocą automatycznego systemu TORO, stosując codzienną dawkę 10 mm wody w przeliczeniu na dobę, oraz przerywając nawadnianie w czasie dni deszczowych. W drugiej dekadzie września dokonano oprysku fungicydami w celu zwalczania chorób grzybowych.

Kryterium oceny barwy trawnika stanowiła zawartość barwników chlorofilowych w blaszkach liściowych. Do pomiarów wykorzystano materiał roślinny w wydzielonych losowo poletkach o powierzchni 1 m², w trzech replikacjach. W okresie wegetacji, w odstępach 7–10-dniowych, wykonano 20 pomiarów chlorofilu *a* i *b*. Do tego celu wykorzystano tradycyjną metodę Peacha i Tracey'a (1955). Uzyskany materiał wynikowy poddano ocenie statystycznej, wykorzystując analizę wariancji dla doświadczeń czynnikowych ortogonalnych. Istotność zróżnicowania wyników weryfikowano testem Fischera na poziomie ufności $P = 0,95$ (Elandt 1964).

Prace badawcze podjęto w 1999 roku. Ze względu na powolne zadarnianie trawnika w roku jego założenia i niepełny zakres danych w okresie wegetacji do niniejszego opracowania wykorzystano materiał wynikowy uzyskany w 2000 roku.

Wyniki

Barwa trawnika wiechlinowego była typowa dla *Poa pratensis*. Ciemnozielone zabarwienie runi trawnikowej odznaczało się jednak pewną zmiennością w okresie wegetacji. W ocenie wizualnej trawnika duże znaczenie ma koncentracja chlorofilu *a* i chlorofilu *b* w blaszkach liściowych. W tym względzie zaznacza wyraźnie swoją obecność specyfika odmianowa. Największą zawartością chlorofilu *a* + *b* w okresie wegetacji wyróżniała się mieszanka odmian kanadyjskich, średnio 7,782 mg/g s.m. Stężenie to było o 3,3–3,4%

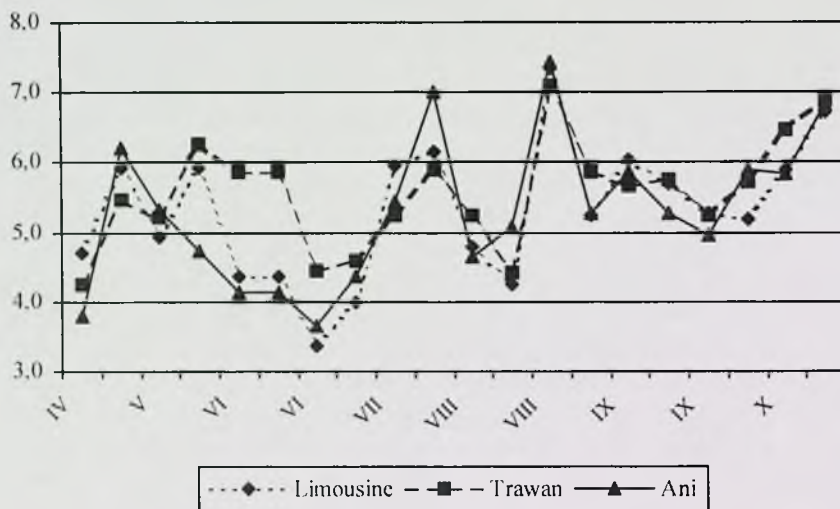
większe niż u pozostałych odmian (tab. 1). W mieszance odmian kanadyjskich stwierdzono również najwięcej chlorofilu *a*. W porównaniu z Limousine oraz Ani jego średnie stężenie było bowiem o 9,5% większe. W przypadku chlorofilu *b* największą koncentrację odnotowano u odmiany Ani – średnio 2,179 mg/g s.m., natomiast najmniejszą w mieszance odmian kanadyjskich – średnio 1,916 mg/g s.m.

Koncentracja poszczególnych frakcji chlorofilu oraz ich sumy w okresie wegetacji ulegała znacznym wahaniom. W przypadku chlorofilu *a*, u odmiany Limousine stwierdzono odchylenia zawartości tego barwnika od 3,371 do 7,359 mg/g s.m., w mieszance odmian kanadyjskich – od 4,253 do 7,094 mg/g s.m., a u odmiany Ani – od 3,644 do 7,426 mg/g s.m. (rys. 1). Zasadniczo na wszystkich obiektach doświadczalnych kierunki zmian w stężeniu chlorofilu *a* w blaszkach liściowych były podobne. Jedynie w okresie od połowy maja do końca czerwca stwierdzono znaczne zróżnicowanie w zawartości chlorofilu *a*, sięgające poziomu 41,9% między Trawanem a odmianą Ani.

Interesujące wyniki uzyskano także w przypadku chlorofilu *b* (rys. 2). W odniesieniu do tej frakcji u odmiany Limousine stwierdzono w okresie wegetacji wahania od 1,266 do 2,908 mg/g s.m., w mieszance Trawan – od 1,602 do 3,067 mg/g s.m., a u odmiany Ani – od 1,507 do 2,914 mg/g s.m. Największe zróżnicowanie w zawartości chlorofilu *b* między obiektami doświadczalnymi odnotowano w okresie wiosny i początku lata, a także w pierwszej połowie października.

TABELA 1. Średnia zawartość chlorofilu w blaszkach liściowych w okresie wegetacji [mg/g s.m.]
TABLE 1. Mean content of chlorophyll *a* + *b* in leaf blades of vegetative period [mg/g DM]

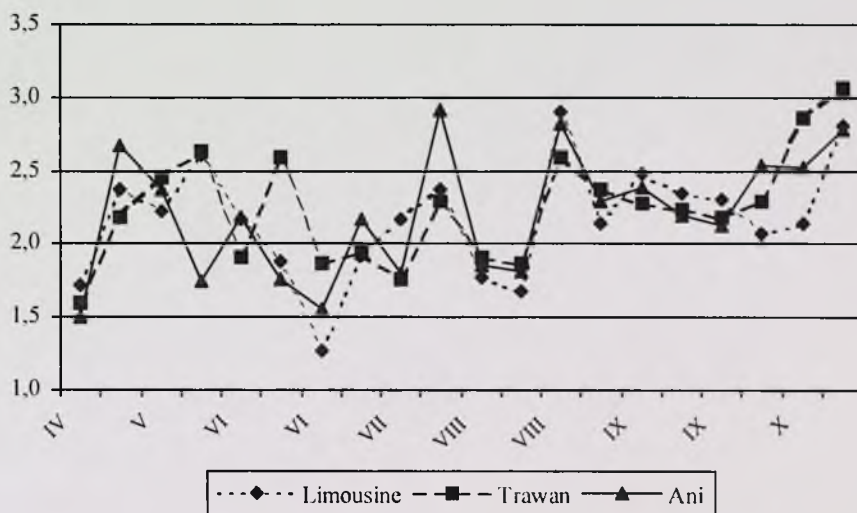
Obiekt Object	Chlorofil / Chlorophyll		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i> + <i>b</i>
Limousine	5,357	2,166	7,523
Trawan	5,866	1,916	7,782
Ani	5,358	2,179	7,537
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,3722	0,1729	ns



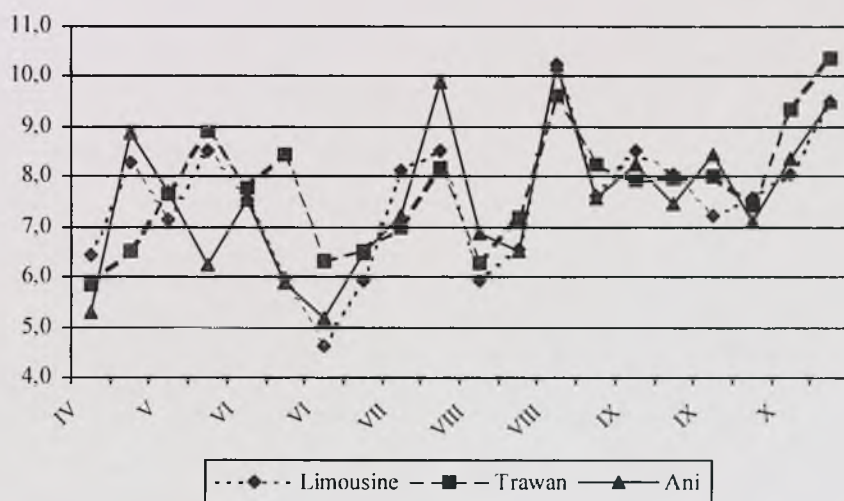
RYSUNEK 1. Zawartość chlorofilu *a* w blaszkach liściowych w okresie wegetacji [mg/g s.m.]
FIGURE 1. Content of chlorophyll *a* in leaf blades in the vegetative period [mg/g DM]

Znaczne zróżnicowanie w okresie wegetacji stwierdzono w stężeniu sumy chlorofilu *a* + *b* (rys. 3). U odmiany Limousine kształtowało się ono w zakresie od 4,638 do 10,268 mg/g s.m., w mieszance Trawan – od 5,856 do 10,390 mg/g s.m., a u odmiany Ani – od 5,198 do 10,253 mg/g s.m. Wahanie w zawartości chlorofilu *a* + *b* w analizowanych obiektach były podobne. Jedynie w miesiącach maj i czerwiec występowało zróżnicowanie dochodzące do poziomu 43,2%.

Wyniki dotyczące zmienności zawartości chlorofilu w blaszkach liściowych analizowanych obiektów z uwzględnieniem kalendarzowych pór roku zamieszczono w tabeli 2. Jak się okazało, mieszanka odmian kanadyjskich odznaczała się największą stabilnością zabarwienia wiosną i latem, natomiast jesienią – odmiana Limousine. Zróżnicowanie w stężeniu chlorofilu *a* + *b* wiosną wynosiło 34,4%, w przypadku odmian kanadyjskich, 41,6% u odmiany Ani i 44,1% u odmiany Limousine. Latem zróżnicowanie



RYСУNEK 2. Zawartość chlorofilu *b* w blaszkach liściowych w okresie wegetacji [mg/g s.m.]
 FIGURE 2. Content of chlorophyll *b* in leaf blades in the vegetative period [mg/g DM]



RYСУNEK 3. Zawartość chlorofilu *a+b* w blaszkach liściowych w okresie wegetacji [mg/g s.m.]
 FIGURE 3. Content of chlorophyll *a+b* in leaf blades in the vegetative period [mg/g DM]

zabarwienia było mniejsze, a mianowicie 34,6% u odmian kanadyjskich, 37% u Ani i 42,2% u Limousine. Jesie-

nią barwa trawnika była u wszystkich odmian najbardziej stabilna. Zróżnicowanie zawartości chlorofilu

TABELA 2. Zmienność zawartości chlorofilu w blaszkach liściowych [%]
TABLE 2. Changeability of chlorophyll in leaf blades [%]

Obiekt / Object	Wiosna / Spring	Lato / Summer	Jesień / Autumn
Chlorofil <i>a</i> / Chlorophyll <i>a</i>			
Limousine	43,1	45,5	22,9
Trawan	32,0	37,5	23,8
Ani	41,4	41,1	27,3
Chlorofil <i>b</i> / Chlorophyll <i>b</i>			
Limousine	51,2	42,0	26,3
Trawan	39,0	32,0	28,7
Ani	43,6	38,0	23,8
Chlorofil <i>a + b</i> / Chlorophyll <i>a + b</i>			
Limousine	44,1	42,2	23,9
Trawan	34,4	34,6	28,5
Ani	41,6	37,0	25,5

a + b kształtowało się bowiem na poziomie 28,5% w mieszance odmian kanadyjskich, 25,5% u Ani i 23,9% u Limousine. Podobne zależności wystąpiły w przypadku chlorofilu *a* oraz *b*, przy czym największą stabilnością stężenia chlorofilu *a* jesienią odznaczała się odmiana Limousine, a chlorofilu *b* – Ani.

Podsumowanie

Barwa trawnika wiechlinowego w warunkach systematycznego koszenia i nawadniania wykazuje dużą zmienność. Na zawartość chlorofilu w blaszkach liściowych wywierają niewątpliwie wpływ zarówno warunki pogodowe, jak i stosowane składniki pokarmowe w formie nawozów. W okresie wegetacji największe stężenie chlorofilu *a + b*, a tym samym najintensywniejszą barwę, stwierdzono w mieszance odmian kanadyjskich Trawan. W porównaniu do odmian Limousine i Ani cechowała się ona także największą stabilnością zabar-

wienia wiosną i latem. W okresie jesieni najmniejszą zmiennością w zawartości chlorofilu *a + b* wyróżniała się odmiana Limousine.

Literatura

- DOMAŃSKI P. 1998: Metodyka badania wartości gospodarczej odmian roślin uprawnych. 1.4. Trawy darniowe. Wydaw. COBORU, Słupia Wielka.
- ELANDT R. 1964: Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczego. PWN, Warszawa.
- KOZŁOWSKI S., GOLIŃSKI P., GOLIŃSKA B. 2002: Barwniki chlorofilowe jako wskaźniki wartości użytkowej gatunków i odmian traw. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 474 (w druku).
- PEACH K., TRACEY M.V. 1955: Moderne Methoden der Pflanzenanalyse. Band 4, Verlag Parey, Berlin.

Summary

Changeability of colour of Kentucky blue-grass lawn. In an experiment established in 1999 at the premises of the Agri-

cultural University in Poznań, colour changeability of a Kentucky blue-grass lawn developed from Limousine (G) and Ani (PL) cultivars as well as a mixture of Canadian cultivars called Trawan was investigated. During the period of vegetation, the lawn was fertilised with annual quantities of 200 kg/ha N, 70 kg/ha P₂O₅ and 120 kg/ha K₂O applied in five doses, cut 25 times at the height of 3–4 cm and irrigated with an automatic system TORO. The content of chlorophyll dyes found in leaf blades was used as the evaluation criterion of the lawn colour. In the course of the vegetation period, 20 measurements of chlorophyll *a* and *b* were taken employing for this purpose the traditional method by Peach and Tracey. In conditions of systematic cutting and irrigation, the colour of the Kentucky blue-grass lawn showed considerable variations. It appears that the content of chlorophyll in leaf blades is affected by

weather conditions as well as nutrients supplied in fertilisers. The highest concentrations of *a* + *b* chlorophyll, i.e. the most intensive colour, during the vegetation season was observed in the mixture of Canadian cultivars Trawan. In comparison with Limousine and Ani cultivars, the Canadian mixture was characterised by the highest colour stability in spring and summer. In autumn, the Limousine cultivar exhibited the least variability in concentrations of *a* + *b* chlorophyll.

Authors' address:

Stanisław Kozłowski, Piotr Goliński,
Barbara Golińska
Department of Grassland Sciences
Agricultural University of Poznań
60-637 Poznań
ul. Wojska Polskiego 38/2
Poland

Czesław WYSOCKI

Katedra Ochrony Środowiska SGGW

Department of Environmental Protection WAU

Główne przyczyny złego stanu trawników sportowych w Polsce

Principal causes of the poor quality of sports turf in Poland

Wprowadzenie

Jednym z najważniejszych rodzajów nawierzchni terenów sportowych są trawniki. Dotychczas nie znaleziono substytutu runi trawiastej, którą można by polecić bez uszczerbku dla zdrowia zawodników, w celu prowadzenia intensywnych gier sportowych. W stosunku do innych typów nawierzchni obiektów sportowych (nawierzchnie asfaltowe, tartanowe itp.) trawniki cechują się przede wszystkim możliwością swobodnego poruszania się użytkowników na tym podłożu. Ponadto w stosunku do innych typów nawierzchni znacznie zwiększa się bezpieczeństwo zawodników, chroniąc ich przed kontuzjami czy urazami wynikającymi z rozgrywek sportowych. Warto w tym miejscu wspomnieć o korzystnych warunkach mikroklimatycznych, jakie panują na obszarach trawników sportowych. Badania w tym zakresie prowadzone na różnych typach obiektów sportowych wskazują, że przy tempe-

raturze powietrza 33°C, temperatura boiska pokrytego sztuczną nawierzchnią jest wyższa od temperatury boiska trawiastego, w zależności od jej rodzaju, od 8 aż do 15°C (Brodniewicz 1974, Bednarek 1990).

W obrębie trawników sportowych wyróżnia się, między innymi: boiska do piłki nożnej, do hokeja „na trawie”, korty tenisowe, hipodromy czy pola golfowe. Trawniki te powinny cechować się odpowiednią gładkością nawierzchni, pełnym i jednolitym zadarnieniem oraz ciemnozielonym zabarwieniem. Ponadto istotną właściwością, która powinna charakteryzować ten typ trawników, jest możliwość użytkowania ich prawie w każdych warunkach pogodowych.

Celem niniejszego artykułu jest wskazanie na główne przyczyny nienajlepszej jakości polskich trawiastych boisk sportowych na podstawie wyników badań prowadzonych przez autora niniejszej pracy w ostatnich 20 latach na wielu stadionach sportowych w Polsce.

Liczba obiektów sportowych w Polsce

W Polsce, w porównaniu z innymi krajami europejskimi, jest mało obiektów sportowych. Jak podaje Panfil (2001), w Niemczech istnieje około 30 tysięcy boisk sportowych i 650 pól golfowych. Według danych Urzędu Kultury Fizycznej i Sportu, w Polsce liczba trawiastych nawierzchni sportowych wynosi prawie 7000, w tym 1709 stadionów, a więc obiektów mających trybuny dla widzów, oraz 5098 boisk trawiastych przeznaczonych do tzw. gier wielkich (piłka nożna i rugby), nie mających trybun (tab. 1). Należy w tym miejscu zaznaczyć, że niezbyt szczęśliwe określenie „boiska do gier wielkich” przejąłem *in extenso* z wyżej wymienionego opracowania Urzędu Kultury Fizycznej i Sportu z roku 2000.

Przy ocenie całkowitej liczby obiektów sportowych w Polsce, bez hal sportowych (stan z 1999 roku) należy

zwrócić uwagę, że boiska mające nawierzchnię trawiastą stanowią mniej niż połowę ogólnego zbioru tych obszarów (tab. 1), natomiast boiska do piłki ręcznej i do piłki siatkowej, zajmujące ponad połowę liczby obiektów sportowych w Polsce, mają głównie sztuczną nawierzchnię, ziemną, tartanową bądź asfaltową.

Z kolei, przy ocenie rozmieszczenia trawiastych nawierzchni sportowych (boiska do gier wielkich i stadiony) w poszczególnych województwach Polski należy stwierdzić, że największą ich liczbą charakteryzują się województwa: śląskie, dolnośląskie, wielkopolskie, małopolskie czy mazowieckie (tab. 2). Z tych województw wywodzą się najczęściej kluby sportowe, które mają, szczególnie w piłce nożnej, znaczne osiągnięcia w rozgrywkach ligowych w Polsce.

TABELA 1. Liczba wybranych obiektów sportowych w Polsce (UKFiS, 2000)
TABLE 1. Number of the sports fields in Poland (UKFiS, 2000)

Typ obiektu Sports field type	Liczba obiektów Sports field number	Liczba obiektów na milion mieszkańców Number of the sports fields number per 1million
Boiska do „gier wielkich” Sports field for soccer and rugby	5098	132
Boiska do piłki ręcznej Sports field for handball	3994	103
Boiska do piłki siatkowej Sports field for volleyball	4561	118
Stadiony Stadiums	1709	44

TABELA 2. Liczba obiektów sportowych w wybranych województwach w Polsce (UKFiS, 2000)
TABLE 2. Number of sports fields in selected voivodeships in Poland (UKFiS, 2000)

Województwa Voivodeships	Boiska do gier wielkich Sports field for soccer and rugby	Stadiony Stadiums
Dolnośląskie	585	167
Łódzkie	197	96
Małopolskie	478	118
Mazowieckie	341	135
Opolskie	323	72
Pomorskie	279	86
Śląskie	633	145
Świętokrzyskie	102	47
Warmińsko-mazurskie	211	100
Wielkopolskie	489	180
Zachodniopomorskie	291	130

Stan trawników sportowych w Polsce

Jak wiadomo, stan nawierzchni trawiastych większości boisk w Polsce jest w zasadzie, poza nielicznymi wyjątkami, nienajlepszy. Świadczą o tym choćby subiektywne porównania ich jakości z boiskami w Anglii, Niemczech czy Szwajcarii, które naocznie można obserwować podczas przedstawianych w telewizji rozgrywek pucharowych.

Spośród wielu przyczyn złego stanu trawników sportowych w Polsce, takich jak niskie nakłady finansowe, do ich założenia i pielęgnacji, jest przede wszystkim brak odpowiedniej wiedzy na temat właściwego kształtowania podłoży tych specyficznych nawierzchni oraz zbyt intensywnie ich wykorzystanie. Dość często zdarza się, że zawody sportowe są odwoływane z powodu niskiej jakości nawierzchni

trawiastych, szczególnie po intensywnych i skumulowanych w krótkim czasie opadach deszczu.

Można przyjąć, że spośród obiektów sportowych w Polsce przeważają przede wszystkim boiska do piłki nożnej. Większość z nich powstała spontanicznie, bez odpowiedniej dokumentacji technicznej, głównie na terenach o niezmienionych warunkach siedliskowych. Najczęściej trawniki te zakładane były na terenach charakteryzujących się żyznymi, ale o małej przepuszczalności glebami. Są to zapewne bardzo cenne, z punktu widzenia produkcji roślinnej, siedliska, natomiast w kontekście wymaganych cech dla tego typu trawników przydatność ich jest ograniczona.

W przypadku zakładanych w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych ubiegłego stulecia i w okresie późniejszym boisk renomowanych klubów sportowych w Polsce na podstawie dokumentacji projektowej, korzystano

TABELA 3. Skład granulometryczny w % i zawartość materii organicznej podłoża wybranych boisk w Polsce

TABLE 3. Granulometric composition in % and contents of organic matter of substratum of the selected sports ground in Poland

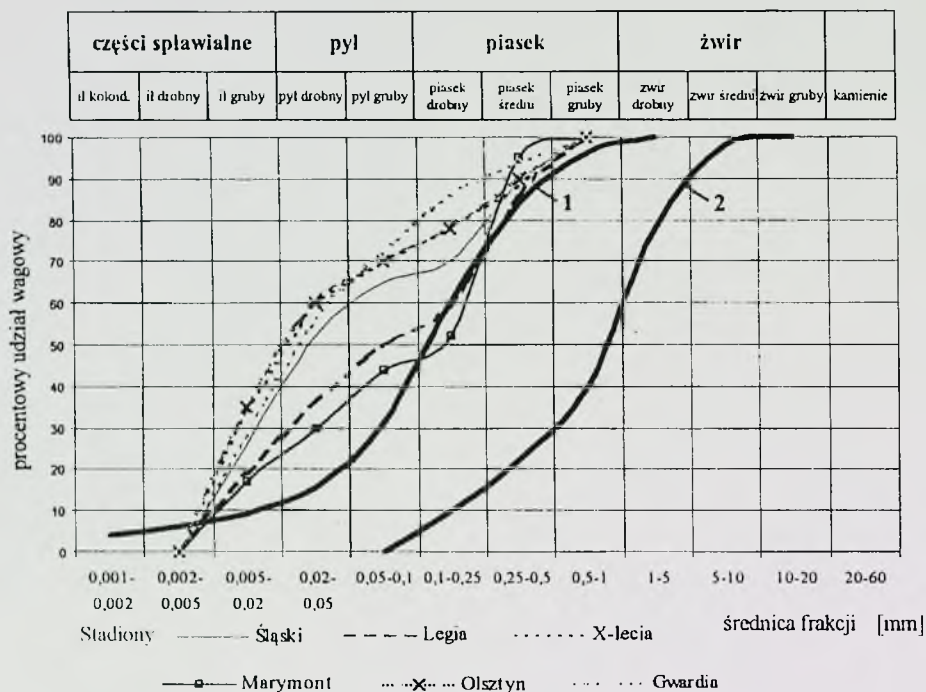
Stadiony Stadiums	Piasek/Sand [mm]			Pyl/Silt [mm]		Części spławial- ne/Fine particles [mm]	Substan- cja orga- nicz- na/organic matter [%]
	1–0,5	0,5– –0,25	0,25– –0,10	0,10– –0,05	0,05– –0,02		
Stadion Śląski	11	19	5	13	26	26	13,0
Stadion Legia Warszawa	14	27	9	14	17	19	9,4
Stadion X-lecia Warszawa	12	10	8	10	26	34	10,1
Stadion Marymont Warszawa	5	43	8	14	13	17	9,3
Stadion Stomil Olsztyn	10	12	8	10	25	35	13,5
Stadion Gwardia Warszawa	6	8	14	16	28	28	14,0

głównie z opracowań, w których w celu przygotowania nawierzchni trawiastej boisk proponuje się zastosowanie w wierzchniej warstwie podłoża ziemi urodzajnej o dużej zawartości części pylastych i spławialnych oraz znacznej zawartości substancji organicznej od 10 do 15% (Wierszyłło 1959). Poglądy te były zresztą przeniesieniem obowiązujących wtedy technologii z krajów Europy Zachodniej. Potwierdzeniem stosowania tej technologii są wyniki badań składu granulometrycznego i substancji organicznej przeprowadzone przez autora niniejszej pracy na boiskach wybranych stadionów w Polsce, zakładanych właśnie w wyżej wymienionym czasie (tab. 3). Z przedstawionych badań wynika wyraźnie duży udział w podłożach frakcji ilastych (części spławialne < 0,02 mm) i części pylastych (0,1–0,02 mm). Właściwości te dotyczą szczególnie boisk takich stadionów,

jak: Stomilu w Olsztynie, X-lecia i Gwardii w Warszawie. Ponadto gleby badanych boisk zawierają dość znaczną zawartość substancji organicznej, która również obniża przepuszczalność tych terenów.

W końcu lat sześćdziesiątych w Niemczech w ujęciu kompleksowym wypracowano technologię zakładania trawników sportowych. Technologia ta przedstawiona w formie norm (DIN 18035) zawiera szczegółową propozycję niezbędnych czynności oraz wykorzystania określonych materiałów do prawidłowej konstrukcji trawnika sportowego.

Jednym z ważnych elementów tego sposobu wykonania trawników sportowych było opracowanie optymalnych krzywych granulometrycznych dla 2 warstw podłoża, tj. dla warstwy drenującej i warstwy wierzchniej boiska.



RYSUNEK 1. Krzywe granulometryczne wierzchniej warstwy podłoża wybranych boisk stadionów w Polsce w odniesieniu do krzywych zamieszczonych w normach niemieckich (DIN 18035): 1 – krzywa wzorcowa minimalnych wartości składu granulometrycznego, 2 – krzywa wzorcowa maksymalnych wartości składu granulometrycznego

FIGURE 1. Upper layer size distribution curves substrates of the sports turf of selected stadiums in Poland in relation to curves in German Norm (DIN 18035): 1 – minimal value size distribution of standard curve, 2 – maximal value size distribution of standard curve.

Przy porównaniu wyników uziarnienia wierzchniej warstwy podłoża boisk przedstawionych w tabeli 3 do wzorcowych zawartych w normach DIN 18035 można stwierdzić, że we wszystkich przypadkach mamy do czynienia z niewłaściwie przygotowanym podłożem dla celów sportowych (rys. 1). Zawierają one zbyt dużą ilość części splawialnych ($< 0,02$ mm) jak również

części pylastych ($0,02$ – $0,1$ mm). W normach niemieckich dotyczących kształtowania wierzchniej warstwy podłoża dominującym rodzajem gleby jest piasek a szczególnie jego dwie frakcje, tj. piasek średni ($0,25$ – $0,50$ mm) i piasek gruby ($0,50$ – $1,00$ mm). Natomiast zarówno części pylaste ($0,1$ – $0,02$ mm), jak i splawialne ($< 0,02$ mm) powinny stanowić niewielki udział

TABELA 4. Czas użytkowania boisk wybranych stadionów w Warszawie
TABLE 4. Period of exploitation of the sports field of selected stadiums in Warsaw

Stadiowy/Stadiums	Godz./tydzień Hours/week
Stadion Agrykola	24
Stadion Okęcie	20
Stadion Gwardia	18
Stadion Marymont	16
Stadion Legia	12

w tworzeniu wierzchniej warstwy podłoża. Ponadto na badanych boiskach stwierdzono w glebie bardzo duży udział substancji organicznej, której wielkość według norm DIN 18035 nie powinna przekraczać 4%. Skutkiem takiego stanu wyżej wymienionych właściwości glebowych jest niezwykle niska przepuszczalność podłoża tych boisk. Inną przyczyną, która wpływa niekorzystnie na stan boisk w Polsce jest ich nadmierne użytkowanie (tab. 4).

Należy tu nadmienić, że przedmiotem badań były reprezentacyjne płyty boiskowe, które w innych krajach wykorzystywane są przede wszystkim do rozgrywek ligowych, tj. około 2 do 4 godzin tygodniowo. Użytkowanie ich ponad podany czas w połączeniu z niewłaściwie przygotowanym podłożem powoduje pogorszenie porowatości gleby, co uwidacznia się dodatkowo w niższej przepuszczalności podłoża i zmianie roślinności runi w kierunku pojawienia się gatunków niepożądanych, między innymi: wiechlina rocznej (*Poa annua*), babki zwyczajnej (*Plantago major*), rdestu ptasiego (*Polygonum aviculare*) i tasznika pospolitego (*Capsella bursa-pastoris*) (Wysocki 1979, Clements 1994).

Podsumowanie

Przyczyny złego stanu boisk sportowych w Polsce są wielorakie. Oprócz braku środków finansowych i odpowiedniego sprzętu do ich pielęgnacji, jedną z ważniejszych przyczyn są niewłaściwie wykonane podłoża boisk. Autor niniejszej publikacji przedstawił wyniki badań boisk renomowanych stadionów, które powinny stanowić wzór dla innych tego typu obiektów w Polsce. Niestety stan ich jest różny i przy przyjęciu założenia, że prowadzone są na nich właściwe zabiegi pielęgnacyjne, zależny jest w dużej mierze od warunków atmosferycznych. Ponadto ich jakość jest zdeterminowana dodatkowo zbyt silnym użytkowaniem. Dlatego też, przy braku możliwości całkowitej wymiany podłoża, bardzo ważnym zagadnieniem jest zastosowanie kompleksowej renowacji z wykorzystaniem piaskowania. Stosowanie tych zabiegów w dłuższym okresie pozwoli na zmianę proporcji w podłożu boisk części pylastych i ilastych na korzyść zwiększonego udziału piasku. O pozytywnym znaczeniu tych zabiegów dla wykształcenia się zwartej darni oraz dla zwiększenia przepuszczalności

podłoża pisze wiele autorytetów z tej dziedziny, jak: w Niemczech Skirde (1976), w Szwecji Dahlsson (1987), w Holandii Van Wijk, Beuving (1978) i w Anglii Baker i Canaway (1992) oraz Canaway (1994). Wszyscy autorzy podkreślają nieodzowność stosowania piaskowania (*sand top dressing*), szczególnie zaś w przypadku znacznego użytkowania boisk (Gibbs i in. 1993).

Wydaje się, że optymalnym rozwiązaniem pozwalającym na poprawę jakości boisk jest całkowita zmiana podejścia do problemu ich wykonania. Ponieważ brak jest w Polsce stosownych opracowań, wskazane byłoby wykorzystanie dorobku naukowego i praktycznego, szczególnie Niemiec, gdzie warunki klimatyczne są bardzo zbliżone do panujących w naszym kraju.

Literatura

- BAKER S.W. 1992: The effect of sand top dressing on the performance of winter games pitches of different constructions types. *J. Sports Turf Res. Inst.* 66: 21–27.
- BEDNARIK A. 1990: Analiza zróżnicowania mikroklimatycznego miasta. [w:] Funkcjonowanie układów ekologicznych w warunkach zurbanizowanych CPBP. 04.10.06. z. 58. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- BRODNIOWICZ A. 1974: Zagadnienia bioklimatologii oraz higieny w planowaniu zagospodarowania przestrzennego. Mat. z konferencji „Kształtowanie i ochrona środowiska w planowaniu zagospodarowania przestrzennego”. NOT, Warszawa.
- CANAWAY P.M. 1994: A field trial on isotropic stabilisation of sand rootzones for football using netlon mesh elements. *J. Sports Turf Res. Inst.* 70: 100–109.
- CLEMENTS M. 1994: *Poa annua* on the golf course. *Sports Turf Bulletin*. 185: 13–15.
- DAHLSSON S.O. 1987: Aufbau und Ansaat von Golfgrüns in Schweden. *Z. Vegetationst.* 1: 19–21.

- GIBBS R.J., ADAMS W., BAKER S. 1993: Changes in soil physical properties of different construction methods for soccer pitches under intensive use. *Int. Turfgrass Soc. Res. J.* 7: 413–421.
- PANFIL R. 2001: Sportowe i rekreacyjne nawierzchnie trawiaste w Polsce – stan i perspektywy. Referat na IV Ogólnopolskiej Konferencji „Zadarnianie terenów rekreacyjnych i sportowych w świetle badań i praktyki”. 20–21 czerwca, Stadion Śląski, Chorzów.
- SKIRDE W. 1976: Bodenphysikalische und vegetationstechnische Untersuchungen an Sanden: *Rasen*, 7: 36–42.
- UKFiS 2000: Obiekty kultury fizycznej w Polsce. Dane z roku 1999 Urzędu Kultury Fizycznej i Sportu, Warszawa.
- VAN WIJK A.L.M., BEUHING J. 1978: Relation between strength, bulk density and soil water pressure head of sandy top-layers of grass sportfields. *Z. Vegetationst.* 2: 53–58.
- WIEŚCZYŃSKO R., 1959: Urządzenia sportowe. Arkady, Warszawa.
- WYSOCKI C. 1979: Benutzung als Faktor für Selektion und Auswahl von Pflanzen für Sportplätze. *Z. Vegetationst.* 3: 119–125.

Summary

Principal causes of the poor quality of sports turf in Poland. The paper presents a main causes of the poor quality of sports turf in Poland. It also shows number of different sports field in Poland. In this work we pointed which factors are influenced on their poor quality. It occurs that the most important factor which influenced on the of sports turf are, poor prepared substratum and heavy wear. It is proposed to use german's achievements to project optimum substratum for sports turf.

Author's address:

Czesław Wysocki
Department of Environmental Protection
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warsaw
Poland

Wanda HARKOT¹, Barbara MOSEK¹, Wojciech LIPIŃSKI²

¹Katedra Łąkarstwa, Akademia Rolnicza w Lublinie
Department of Grassland, Agricultural University of Lublin

²Stacja Chemiczno-Rolnicza Oddział w Lublinie
Agrochemical Station in Lublin

Skład florystyczny trawiastych nawierzchni boisk klubów sportowych w Łęcznej i w Lublinie

Floristic composition of grass-surfaced sports fields of the sports clubs in Łęczna and Lublin

Wprowadzenie

Wartość użytkowa trawiastych nawierzchni boisk sportowych zależy przede wszystkim od jakości murawy, która powinna być niska, zwarta, elastyczna, wytrzymała na udeptywanie i rozrywanie, zapewniać bezpieczne wykonywanie wszystkich ruchów zawodnika oraz tworzyć optymalne warunki odbijania, toczenia i prowadzenia piłki (Rutkowska i Hempel 1986, Rutkowska i Pawluśkiewicz 1996). Aby sprostać tym wymaganiom, należy przy projektowaniu boisk sportowych uwzględnić nie tylko prawidłowe przygotowanie podłoża, ale także dobrać odpowiednie gatunki i odmiany traw niskich do obsiewu, a następnie w okresie eksploatacji przeprowadzać właściwe zabiegi pielęgnacyjne. Zaniedbania w tym zakresie są najczęstszą przyczyną degradacji runi trawnikowej. Często trawniki sportowe, mimo zastosowania do ich obsiewu mieszanki złożonej z kilku gatunków i odmian traw, cha-

rakteryzują się znaczną różnorodnością florystyczną spowodowaną spontaniczną sukcesją gatunków często niepożądanych, z klasy jednoliściennych i dwuliściennych (Wysocki 1994).

Celem badań przedstawionych w niniejszej pracy jest ocena składu florystycznego trawiastych nawierzchni boisk klubów sportowych w Łęcznej i w Lublinie w odniesieniu do intensywności i sposobów użytkowania oraz pielęgnacji i warunków siedliskowych.

Material i metoda

Badaniami objęto trawiaste nawierzchnie 10 boisk sportowych: 8 do piłki nożnej (3 boiska KS „Górnik” w Łęcznej oraz 3 boiska KS „Lublinianka”, 1 boisko KS „Motor”, 1 boisko KS „Sygnał” w Lublinie), a także 1 boisko do rugby KS „Budowlani” i 1 boisko do lekkoatletyki KS „Start” – obydwie położone w Lublinie. Ocenę składu gatunkowego runi przeprowa-

dzono metodą fitosocjologiczną Braun-Blanqueta (1964) jesienią 2000 roku oraz wiosną 2001 roku. Łącznie na wymienionych płytach boisk wykonano 20 zdjęć fitosocjologicznych. Spisy florystyczne wykonywano na płatach o powierzchni 100 m², jednorodnych pod względem składu gatunkowego, i uzupełniano je o inne gatunki, które występowały na powierzchniach przyległych do tych płatów. Sporządzono dokładny wykaz wszystkich gatunków oraz określono ich ilościowość w 7-stopniowej skali Braun-Blanqueta, gdzie:

5 – określa gatunek pokrywający powierzchnię zdjęcia od 100 do 75%, 4 – od 75 do 50%, 3 – od 50 do 25%, 2 – od 25 do 5%, 1 – mniej niż 5%, + – gatunek nieliczny na zdjęciu, r – gatunek bardzo rzadki na zdjęciu.

Określono także stopnie stałości, współczynniki pokrycia, liczbę gatunków na zdjęciu i zwarcie runi (metodą szacunkową w %). Wykonane spisy gatunków roślin zestawiono w tabelach według zasad przyjętych w fitosocjologii (Matuszkiewicz 1982). Oceniono ponadto niektóre właściwości wierzchniej warstwy gleb badanych boisk. Analizy laboratoryjne 22 prób materiału glebowego wykonano w Stacji Chemiczno-Rolniczej w Lublinie. Obejmowały one oznaczenia: pH, składu granulometrycznego, zawartości węgla organicznego oraz fosforu i potasu metodą Egnera-Riehma oraz magnezu w 0,0125 mol CaCl₂ dm³ i sodu metodą Spurwaya w modyfikacji Nowosielskiego. Dodatkowo przeprowadzono wywiady dotyczące użytkowania i pielęgnacji trawiastych nawierzchni ocenianych boisk sportowych.

Wyniki

Z wywiadów przeprowadzonych z kierownikami obiektów wynika, że najstarsza jest płyta boiska KS „Lublinianka” w Lublinie (55-letnia), najmłodsze zaś KS „Motor” w Lublinie i „Górnik” w Łęcznej (22-letnie).

Główna płyta boiska KS „Górnik” została założona w 1980 roku. Na płycie tej, w okresie od marca do listopada, dwa razy w tygodniu odbywały się mecze. Corocznie wczesną wiosną przeprowadzano wałowanie wałem ciężkim, a maju i czerwcu wałem kołowym. Po tym zabiegu stosowano włókowanie. Od maja do września płytę intensywnie nawożono, stosując łącznie 859 kg · ha⁻¹ Polifoski i 400 kg · ha⁻¹ saletry amonowej. Chwasty zwalczano, stosując opryskiwanie Chwastoxem i Starane. W okresie suszy stosowano deszczowanie. Nawierzchnię trawiastą koszono co najmniej raz w tygodniu oraz przed każdym meczem. Po każdym meczu nawierzchnię boiska podsiewano mieszanką trawnikową „Sport” (firmy Graminex z Piotrkowa Trybunalskiego) o następującym składzie gatunkowym i odmianowym: kostrzewa czerwona, odmiana Carina 20%, kostrzewa czerwona, odmiana Pernille 20%, wiechlina łąkowa odmiana Balin 10%, wiechlina łąkowa odmiana Conni 5%, życica trwała odmiana Taja 40%, życica trwała odmiana Sakini 15%. Boiska treningowe KS „Górnik” były codziennie eksploatowane i stosowano na nich takie same zabiegi, jak na płycie głównej boiska.

Płyta główna boiska KS „Motor” została założona w 1980 roku. Drenaż i warstwa nośna zostały wykonane

przez inż. A. Hempla. Corocznie na płycie tej wykonywano następujące zabiegi: wałowanie (5-krotnie w okresie wegetacji), nawożenie (tylko 2-krotnie w okresie wiosny), nawadnianie w okresie suszy, koszenie (w okresie maj–czerwiec, raz w tygodniu, a następnie co dwa tygodnie). Na płycie tej nie stosowano opryskiwania herbicydami. Ostatni podsiew wykonano wiosną 2001 roku mieszką o nieznanym składzie gatunkowym. Boisko to było intensywnie eksploatowane (treningi, mecze, turnieje), nawet dwa razy w ciągu dnia.

Płyta boiska KS „Sygnał” została założona i zdrenowana w 1949 roku, a remont generalny systemem gospodarczym przeprowadzono w 1997 roku. Wzbogacono wówczas warstwę nośną w substancję organiczną (zastosowano 60 t torfu niskiego) i wysiano mieszkę traw „Sport” (firmy Rolimpex z Hawy) o nieznanym składzie gatunkowym. Na płycie tej stosowano następujące zabiegi pielęgnacyjne: wałowanie wałem gładkim, nawożenie (wcześnie wiosną 150 kg Polifoski oraz dwa razy w maju po 75 kg Polifoski). W okresie suszy płytę nawadniano. Nawierzchnię płyty koszono raz w tygodniu. Okresowo puste miejsca podsiewano. Nie stosowano opryskiwania herbicydami. Wiosną 2000 roku część środkową boiska przeorano i obsiano mieszką traw „Wembley” o nieznanym pochodzeniu i składzie gatunkowym.

Płyta główna boiska KS „Lublinianka” została założona w latach 1946–1947. W ostatnich latach płytę tę nawożono 3-letnim osadem z płukania korzeni buraków cukrowych groma-

dzonym w odstojnikach poprodukcyjnych cukrowni. Na płycie sporadycznie przeprowadzano deszczowanie i wałowanie oraz ręczne pielenie chwastów dwuliściennych (przede wszystkim *Plantago maior* i *Taraxacum officinale*), koszono zaś tylko przed meczami. Na boiskach treningowych zabiegi pielęgnacyjne ograniczano do koszenia, przeprowadzanego głównie w okresie wiosennym, oraz miejscowego napiaszczania płyty, ze względu na okresowe stagnowanie wody, oraz włókovania mającego na celu wyrównanie powierzchni.

Płyta boiska lekkoatletycznego KS „Start” została założona (łącznie z drenowaniem) w 1981 roku, a ostatni zasiew wykonano w 1997 roku. Okresowo wiosną wykonywano bronowanie i wałowanie oraz podsiew pustych miejsc handlową mieszką traw o nieznanym składzie gatunkowym. Nawozy mineralne stosowano sporadycznie w nieznannej ilości i dawkach. W okresie suszy nawierzchnię nawadniano, natomiast nie stosowano opryskiwania herbicydami. Koszenie przeprowadzano zazwyczaj raz w tygodniu. W okresie maj–wrzesień w każdym tygodniu na boisku trenowało lub rozgrywało zawody około 1000 osób, a w soboty i niedziele około 500 osób.

Boisko do rugby KS „Budowlani” założono i zdrenowano w roku 1975. Corocznie wiosną płytę boiska nawożono $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Polifoski i $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ saletry amonowej, latem zaś $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ saletry amonowej. W okresie wiosny stosowano opryskiwanie Aminopielikiem w ilości $5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ (w celu zniszczenia *Plantago maior*) oraz Starane i Chwastoxem, jak również wało-

wanie wałem gładkim. Wałowanie wykonywano także po każdym meczu, po którym często stosowano podsiew mieszaną traw „Sport” (firmy Hortus) w ilości $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W okresie suszy nawierzchnię boiska nawadniano. Co 10–12 dni przeprowadzano koszenie. W okresie kwiecień–listopad na płycie boiska trenowało codziennie około 20 osób.

Większość podłoży ocenianych boisk wyróżniała się bardzo dużą zawartością fosforu i magnezu, natomiast zawartość potasu była silnie zróżnicowana zarówno między podłożami ocenianych boisk, jak i w obrębie danego boiska. Odczyn wierzchniej warstwy gleby był obojętny lub zasadowy (pH w KCl od 6,8 do 8,3), a zawartość części spławialnych (frakcja $< 0,02 \text{ mm}$) w większości ocenianych podłoży kształtowała się w granicach od 10 do 31% (tab. 1). Były to wartości znacznie większe od zalecanych, bowiem, jak podają Rutkowska i Hempel (1986), zawartość części spławialnych w warstwie nośnej trawników sportowych nie powinna przekraczać 8%, a optymalne warunki dla rozwoju traw zapewnia słabo kwaśny odczyn gleby. Stwierdzone stężenia soli w podłożach nie przekraczały $0,6 \text{ g KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ i mieściły się w zakresie tolerancji dla najbardziej wrażliwych na zasolenie roślin ($0,5\text{--}1,0 \text{ g KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$).

Przeprowadzone badania wykazały, że w runi ocenianych boisk, oprócz gatunków traw zwykle wysiewanych na

boiska sportowe, takich jak: *Lolium perenne*, *Festuca rubra* i *Poa pratensis*, samorzutnie pojawiły się inne gatunki roślin zarówno z klasy jednoliściennych, jak i dwuliściennych. Skład botaniczny trawiastych nawierzchni badanych boisk sportowych przedstawiono w tabelach 2 i 3. Ruń dwóch boisk położonych w dolinie Bystrzycy (do piłki nożnej – KS „Motor” i do lekkoatletyki – KS „Start”) była bardzo podobna pod względem podstawowego składu gatunkowego (9 gatunków wspólnych). Odminnym natomiast składem gatunkowym cechowały się trzy boiska do piłki nożnej (główne i dwa treningowe) KS „Lublinianka” położone w dolinie Czechówki. Na jednym z boisk treningowych dominował *Juncus tenuis* (75% badanej powierzchni) z niewielkim udziałem innych gatunków, w tym fakultatywnego halofita *Puccinellia distans*. Występowanie tych dwóch gatunków było spowodowane częstym stagnowaniem wody na płycie boiska, która nie była zdrenowana. Rośliny te bowiem rosną w siedliskach wilgotnych, czasem okresowo zalewanych (Falkowski 1982). Drugie boisko treningowe, sąsiadujące z pierwszym, ale intensywniej użytkowane (codzienne treningi), charakteryzowało się 40% zwarciem runi, skupionej głównie na obrzeżach. Dominował w niej *Polygonum aviculare* (25% pokrycia powierzchni), gatunek bardzo dobrze znoszący „zadeptywanie” (Gumowska 1989).

TABELA 1. Niektóre właściwości chemiczne i fizyczne wierzchniej warstwy gleb ocenianych boisk sportowych

TABLE 1. Some chemical and physical properties of the upper soil layer of the sports fields studied

Właściwości Properties	Górnik		Motor – główne Main	Sygnał – główne Main	Lublinianka		Budowlani – główne Main	Start – główne Main
	Główne Main	Treningowe Training			Główne Main	Treningowe Training		
PH	6,9–7,4	6,9–7,4	7,2–7–3	6,8–7,3	6,9–7,5	7,6–8,3	7,0–7,2	7,0–7,1
P ₂ O ₅ mg w 100 g gleby mg in 100 g of soil	34,5–44,0	26,1–44,0	19,1–30,0	17,5–24,1	99,0–146,0	17,8–50,5	30,0–31,4	42,0–43,2
K ₂ O mg w 100 g gleby mg in 100 g of soil	6,7–13,3	17,3–22,7	12,0–24,0	10,7–15,0	29,3–50,0	6,7–20,0	19,0–20,0	15,0–16,0
Mg mg w 100 g gleby mg in 100 g of soil	5,8–8,5	4,8–7,5	9,8–12,4	7,3–10,5	8,1–12,8	4,8–43,5	8,1–8,7	9,0–9,4
NaCl g w dm ³ g in dm ³	0,36–0,45	0,36–0,54	0,45–0,48	0,36–0,39	0,51–0,60	0,24–0,51	0,40–0,42	0,50–0,51
C _{org} C _{total}	2,35–4,75	1,57–2,01	4,94–6,23	1,85–3,99	4,16–6,23	0,65–1,64	3,00–3,13	4,50–4,70
Fracja gleby Fraction of soil Ø < 0,02 mm (%)	9–13	11–17	7–11	21–31	14–18	17–30	20–23	14–16

cd. tabeli 2

<i>Plantago lanceolata</i>										+	1	I
Rząd Arrhenatheretalia Pawł. 1928												
<i>Taraxacum officinale</i>				+	+	+	+	+	+	+	7	IV
<i>Trifolium repens</i>				+	+	+	+	1		+ - 1	105	III
<i>Dactylis glomerata</i>										+	1	I
<i>Bellis perennis</i>										+	1	I
Rząd Molinietalia Koch 1926												
<i>Deschampsia caespitosa</i>										+	1	I
Klasa Artemisietea Lohm., Prsg. et R. Tx. 1950												
<i>Tanacetum vulgare</i>										+	1	I
Gatunki towarzyszące												
<i>Medicago lupulina</i>										+	1	I
<i>Stellaria media</i>					+					+	2	I
<i>Glechoma hederacea</i>										+	1	I
<i>Geranium sp.</i>					+						1	I
<i>Puccinellia distans</i>							+				1	I
<i>Ranunculus sceleratus</i>							+				1	I

TABLE 3. Floristical composition, coverage coefficients and classes of phytosociological stability of syntaxonomic units of grass-surfaced sports fields of the sports clubs in Łęczna and Lublin (spring 2000)

[illegible]

Na głównej płycie boiska KS „Lublinianka” zwarcie runi było większe (90%) i dominowała w niej, tworząc kępki *Poa annua*. Według „Trawy polskie” (1982), roślina ta w miejscach silnie udeptywanych i utłoczonych, o zniszczonej roślinności, tworzy samo-

dzielnie płyty. W Łecznej natomiast, na głównej płycie boiska KS „Górnik”, *Poa annua* łącznie z *Lolium perenne* tworzyły jednolitą, wyrównaną, wypielęgowaną darń o 100% zwarciu runi (tab. 4).

TABELA 4. Zwarcie runi trawiastych nawierzchni boisk klubów sportowych w Łecznej i Lublinie [%]

TABLE 4. Sward compactness of grass-surfaced sports fields of the sports clubs in Łeczna and Lublin [%]

Wyszczególnienie Specification	Górnik			Motor – główne Main	Sygnał – główne Main	Lublinianka			Budowl. – główne Main	Start – główne Main
	Główne Main	Treningowe Training	Treningowe Training			Główne Main	Treningowe Training	Treningowe Training		
Jesień 2000 roku Autumn 2000	100	80	40	90	60	90	80	40	100	90
Wiosna 2001 roku Spring 2001	100	90	80	90	60	90	80	40	95	90

TABELA 5. Liczba gatunków w runi trawiastych nawierzchni boisk klubów sportowych w Łecznej i Lublinie

TABELA 5. Number of species in sward of grass-surfaced sports fields of the sports clubs in Łeczna and Lublin

Wyszczególnienie Specification	Górnik			Motor – główne Main	Sygnał – główne Main	Lublinianka			Budowl. – główne Main	Start – główne Main
	Główne Main	Treningowe Training	Treningowe Training			Główne Main	Treningowe Training	Treningowe Training		
Jesień 2000 roku Autumn 2000	4	4	3	7	9	9	12	8	5	21
Wiosna 2001 roku Spring 2001	6	5	7	9	7	8	11	7	5	25

Najbogatszym składem gatunkowym charakteryzowała się niezbyt intensywnie pielęgnowana płyta boiska lekkoatletycznego KS „Start”, gdzie zanotowano 25 gatunków roślin (tab. 5). Najmniej gatunków stwierdzono natomiast na płytach boisk intensywnie eksploatowanych i pielęgnowanych do piłki nożnej KS „Górnik” w Łęcznej (szczególnie jesienią) oraz boiska do rugby należącego do KS „Budowlani”.

Ogółem w runi badanych trawników stwierdzono występowanie 35 gatunków roślin: 12 z klasy jednoliściennych (w tym 7 gatunków traw niskich, 3 gatunki traw wysokich, 1 gatunek situ i 1 gatunek turzycy) oraz 23 gatunki z klasy dwuliściennych (w tym 2 gatunki roślin motylkowatych).

Zarówno jesienią, jak i wiosną udział roślin jednoliściennych w zadarnieniu boisk, wyrażony sumą współczynników pokrycia poszczególnych gatunków reprezentujących tę klasę, stanowił około 90% (tab. 6).

Pod względem syntaksonomicznym runi analizowanych trawników sportowych, niezależnie od ich rodzaju i intensywności eksploatacji, wykazuje podobieństwo do zbiorowisk muraw silnie wydeptywanych, ugniatanych i zadeptywanych z klasy *Plantaginetea maioris*. Potwierdzeniem tego faktu są między innymi wyniki badań dotyczące udziału gatunków jednostek syntaksonomicznych w pokryciu runi (tab. 7).

TABELA 6. Udział gatunków jedno- i dwuliściennych w runi boisk sportowych, wyrażony sumą współczynników pokrycia

TABLE 6. The participation of mono- and dicotyledonous species in the sward of sports fields expressed as cover coefficients sum

Klasa/Class	Rok/Year 2000 Jesień/Autumn	Rok/Year 2001 Wiosna/Spring
Jednoliścienne/Monocotyledonous	7234	7586
Dwuliścienne/Dicotyledonous	814	846

TABELA 7. Udział jednostek syntaksonomicznych w runi boisk sportowych wyrażony sumą współczynników pokrycia

TABLE 7. The participation of syntaxonomic units in sward of sports fields expressed as cover coefficients sum

Jednostka syntaksonomiczna Syntaxonomic unit	Jesień Autumn 2000 r.	Wiosna Spring 2001 r.
Klasa <i>Plantaginetea maioris</i> R. Tx. et Persg. 1950	6622	7448
Klasa <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> R. Tx. 1937	1303	955
Rząd <i>Arrhenatheretalia</i> Pawł. 1928	114	19
Rząd <i>Molinetalia</i> Koch 1926	1	–
Klasa <i>Artemisietea</i> Lohm. Prsg et R. Tx. 1950	1	4
Gatunki towarzyszące/Companion species	7	4

TABELA 8. Udział *Lolium perenne*, *Poa pratensis* i *Festuca rubra* w runi boisk sportowych, wyrażony sumą współczynników pokrycia

TABLE 8. The participation of *Lolium perenne*, *Poa pratensis* and *Festuca rubra* in sward of sports fields, expressed as cover coefficients sum

Gatunki Species	Jesień/Autumn 2000 r.	Wiosna/Spring 2001 r.
<i>Lolium perenne</i>	45,3	46,2
<i>Poa pratensis</i>	15,5	10,7
<i>Festuca rubra</i>	0,1	0,1
Razem/Total	60,9	56,9
Inne/Others	39,1	43,1

Największymi współczynnikami pokrycia wyróżniały się gatunki charakterystyczne z klasy *Plantaginetea maioris*. Niezależnie od boiska wartości współczynników pokrycia były większe wiosną (88,4%) niż jesienią (82,3%). Było to spowodowane intensywniejszym rozwojem roślinności, a szczególnie krzewieniem się traw w okresie wiosny. Drugie miejsce pod tym względem zajmowała roślinność siedlisk świeżych z klasy *Molinio-Arrhenatheretea* i rzędu *Arrhenatheretalia*, a dalsze roślinność nitrofilno-ruderalna z klasy *Artemisietea* oraz gatunki towarzyszące.

Wśród gatunków powszechnie wysiewanych i stosowanych do posiewu na trawniki sportowe (*Lolium perenne*, *Festuca rubra*, *Poa pratensis*) najwyższym współczynnikiem pokrycia i stopniem stałości charakteryzowały się *L. perenne* i *P. pratensis*, natomiast wartości tych cech dla *F. rubra* były minimalne (tab. 8).

Ogółem gatunki wysiewane (pod-siewane) stanowiły około 60% pokrycia runi. *Lolium perenne* dominowała na dwóch boiskach treningowych do piłki nożnej (KS „Górniki” oraz KS „Sygnał”) oraz na boisku do rugby (KS

„Budowlani”). Przy czym na boiskach treningowych do piłki nożnej *Lolium perenne* występowała kępami, natomiast na boisku do rugby gatunek ten równomiernie zadarniał płytę boiska. Z kolei na boiskach KS „Motor” i „Start” *Lolium perenne* występowała płatami na przemian z płatami *Poa pratensis*. Falkowski (1982) podaje, że *L. perenne* jest gatunkiem niewrażliwym na udeptywanie, ale nie toleruje niedoboru wody, ponieważ aż 70% masy korzeniowej znajduje się w 0–5 cm warstwie gleby. Stąd najmniejszy udział tego gatunku stwierdzono na boiskach KS „Lublinianki” (główne – rzadko podlewane, treningowe – nie podlewane). Spośród gatunków nie wysiewanych na trawniki sportowe wysokim współczynnikiem pokrycia oraz stopniem stałości (V) charakteryzowała się *Poa annua*. Gatunek ten dominował na płytach głównych boisk KS „Górniki” i „Lublinianka”. Wśród gatunków dwuliściennych największym współczynnikiem pokrycia, w obu terminach badań, wyróżniały się: *Polygonum aviculare*, *Plantago maior* i *Achillea millefolium*, tylko zaś jesienią *Trifolium repens*, a wiosną *Potentilla anserina*. Wśród pozostałych gatunków, które

charakteryzowały się bardzo niskimi współczynnikami pokrycia, wysokim stopniem stałości wyróżniał się *Taraxacum officinale*, gatunek o dużej zdolności adaptacyjnej do skrajnych warunków siedliskowych (Wysocki 1994).

Wnioski

1. W runi trawników sportowych występowały głównie gatunki siedlisk silnie wydeptywanych z klasy *Plantaginetea maioris*, a także świeżych z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*, ruderalno-nitrofilnych z klasy *Artemisietea* oraz zaliczane do towarzyszących.
2. Decydujący wpływ na skład gatunkowy trawników sportowych i zwarcie runi wywierają stosowane zabiegi pielęgnacyjne, intensywność eksploatacji, a także warunki siedliskowe i zasobność gleby w składniki pokarmowe.
3. Dobre utrzymywanie się w runi boisk sportowych *Lolium perenne*, a także *Poa pratensis* świadczy o dużej przydatności odmian tych gatunków dla trawników sportowych. Znikomy natomiast udział w runi *Festuca rubra* stawia pod znakiem zapytania celowość stosowania odmian tego gatunku do zadarniania boisk.
4. *Poa annua*, gatunek nie wysiewany w mieszankach, pojawia się samorzutnie na boiskach, niezależnie od intensywności ich eksploatacji i pielęgnacji, zapewniając dobre zadarnienie powierzchni, ale wpływa niekorzystnie na barwę trawnika.

Mimo że jest gatunkiem krótkotrwałym, utrzymuje się w runi przez samosiew.

5. Właściwości chemiczne wierzchniej warstwy gleb ocenianych boisk wskazują na niewłaściwe nawożenie trawników, duża zaś ilość części spławialnych w warstwie nośnej świadczy o braku lub nieodpowiednich zabiegach pielęgnacyjnych.

Literatura

- BRAUN-BLANQUET J. 1964: Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde. 3 Aufl. Wien.
- GUMOWSKA I. 1989: Deptane po drodze. PTTK „Kraj”, Warszawa.
- MATUSZKIEWICZ W. 1982: Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. PWN, Warszawa.
- RUTKOWSKA B., HEMPEL A. 1986: Trawniki. PWRiL, Warszawa.
- RUTKOWSKA B., PAWLUŚKIEWICZ M. 1996: Trawniki. Poradnik zakładania i pielęgnowania. PWRiL, Warszawa.
- Trawy polskie 1982: (red.) M. Falkowski, PWRiL, Warszawa.
- WYSOCKI C. 1994: Studia nad funkcjonowaniem trawników na obszarach zurbanizowanych (na przykładzie Warszawy). Wydaw. SGGW, Warszawa.

Summary

Floristic composition of grass-surfaced sports fields of the sports clubs in Łęczna and Lublin. A phytosociological method further to Braun-Blanquet was used for the evaluation of the floristic composition of grass surfaces of 10 sports fields in the autumn of 2000 and the spring of 2001. Degrees of quantity and constancy, cover coefficients, number of species in a record and sward compactness were studied. Some chemical properties of

the upper soil layer of the sports fields studied was also assessed. Species from the tread-on habitats from the *Plantaginetea maioris* class and the "fresh" habitats from the *Molinio-Arrhenatheretea* class together with ruderal-nitrophylic plants from the *Artemisietea* class and companion species were predominant in the sward of the sports field lawns. *Lolium perenne* was the most frequently sown species in the sports lawns, and *Poa pratensis* was less frequent. Among the unsown species, *Poa annua* was distinguished by its high contribution in the

sward. Chemical properties of the upper soil layer of the sports fields studied showed that neither the treatments applied nor fertilisation was appropriate.

Authors' addresses:

Wanda Harkot, Barbara Mosek
Department of Grassland
Agricultural University of Lublin
20-950 Lublin
ul. Akademicka 15
Wojciech Lipiński
Agrochemical Station in Lublin

Franciszek GOSPODARCZYK, Elwira RUTKOWSKA, Jacek KULPEKSZA

Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni
Akademia Rolnicza we Wrocławiu
Department of Grassland and Landscape Development
Agricultural University of Wrocław

Ocena składu botanicznego i zadarnienie boisk piłkarskich klasy okręgowej Wrocławia

Evaluation of botanical composition and turfness of football pitches of the Wrocław District League

Wprowadzenie

Trawniki stanowią znaczną powierzchnię w miastach i zajmują od 50 do 70% ogólnej powierzchni terenów zieleni (Wysocki 1979, Rutkowska i Hempel 1986).

Jakość powierzchni trawiastych i ich funkcjonalność jest w istotny sposób uzależniona od składu gatunkowego mieszanek i od stosowanych zabiegów pielęgnacyjnych (Bartosiewicz 1984, Rutkowska i Hempel 1986, Haber 1994, Kostuch 1995, Jankowski i in. 1999). Na jakość i estetykę utrzymania boisk trawiastych oraz innych terenów zadarnionych duży wpływ mają zabiegi pielęgnacyjne. Dobrze pielęgnowane trawniki są wolne od zachwaszczenia, a pojawiające się chwasty mogą być wynikiem złej konserwacji, braku składników pokarmowych w glebie, niedostatecznej ilości powietrza w warstwie nośnej, wadliwych stosunków wodnych, zbyt intensywnego użytkowania, niesystematycz-

nego koszenia i niedostatecznego nawożenia.

Trawnikom stawia się różne wymagania. Na terenach sportowych run powinna być gęsta, wolna od zachwaszczenia, niewrażliwa na dewastowanie, powinna znosić deptanie, wykazywać zdolność do szybkiej regeneracji.

Celem badań była ocena składu florystycznego i stanu pokrycia powierzchni boisk piłkarskich klasy okręgowej Wrocławia oraz zebranie informacji na temat wykonywanych zabiegów pielęgnacyjnych od opiekunów poszczególnych obiektów.

Materiał i metody

W badaniach nawierzchni trawiastych 16 boisk piłkarskich klasy okręgowej Wrocławia w 2000 roku dokonano oceny stopnia zadarnienia i składu gatunkowego runi, ponadto określono pH gleby w warstwie do 10 cm, a od

opiekunów obiektów sportowych uży skano wiele informacji dotyczących zabiegów pielęgnacyjnych. W celu określenia stopnia pokrycia roślinnością poszczególnych części boisk (strefa przed bramką, przed polem karnym i część środkowa) posłużono się pomiarową metodą kwadratów Webera, rejestracji zaś gatunków i ich procentowego udziału w runi dokonano na podstawie wykonanych analiz botaniczno-wagowych. Do analiz pobrano próbki runi o masie 0,3 kg każda. Zebrano je z miejsc regularnie rozlosowanych wzdłuż wyznaczonych linii na badanych boiskach.

Wyniki

Badania laboratoryjne próbek glebowych (tab. 1) z poszczególnych obiektów wykazały, że odczyn glebowy mierzony w KCL oscylował na poziomie od 5,40 do 6,82 i mieścił się w przedziale od lekko kwaśnego do zasadowego, co należy uznać za korzystne dla rozwoju traw.

Stan pokrycia nawierzchni trawiastych boisk piłkarskich był zróżnicowany (tab. 2) i uzależniony w dużym stopniu od zabiegów pielęgnacyjnych. Zdecydowanie najlepszą ocenę uzyskały nawierzchnie trzech boisk (Dobrzeń, Maleczyce, Wrocław), na których pokrycie powierzchni przekraczało 90%. Zadzarnienie na poziomie 50% stwierdzono na dwóch nawierzchniach (Bierutów i Marcinkowice), natomiast na jedenastu obiektach pokrycie powierzchni oscylowało na poziomie 70–85 %.

Badania składu florystycznego nawierzchni wskazują na samorzną

sukcesję gatunków nie wysianych (*Dactylis glomerata* L., *Poa annua* L., *Agrostis vulgaris* L., *Phleum pratense* L.) i kształtowanie się zbiorowisk roślinnych odpornych na niekorzystne stosunki wodno-powietrzne (tab. 3). Stwierdzono zachwaszczanie wynoszące od 5,9% do 63% powierzchni zadarnionej. W runi na wszystkich obiektach stwierdzono udział *Poa annua* L. Gatunek ten podczas oceny składu gatunkowego zaliczono do chwastów. Znaczny udział w runi chwastów należy tłumaczyć niedostateczną pielęgnacją trawników, między innymi brakiem lub stosowaniem w niewielkich dawkach nawożenia, niesystematycznym koszeniem i nawadnianiem.

Z wartościowych gatunków traw w runi występuje *Lolium perenne* L. Gatunek ten wykazuje dużą zdolność konkurencyjną, ale na obiektach, gdzie nie stosowano nawadniania (Bierutów, Milicz, Kąty Wrocławskie), udział tego wrażliwego gatunku na suszę ustępuje, a pojawia się *Dactylis glomerata* L., zaliczany do traw dobrze przystosowujących się do zmiennych warunków środowiska. Uwagę zwraca również udział w runi *Festuca rubra* L. i *Poa pratensis* L. (od 20 do 30 %), jednak nie stwierdzono ich na wszystkich trawnikach. Należy podkreślić, iż dobór komponentów do mieszanek przed założeniem nawierzchni trawiastych boisk był przypadkowy, a ich kilkunastoletnie użytkowanie wpłynęło na zmianę runi.

Na większości obiektów sportowych (tab. 4) dokonywano podsiewu traw, wysiewając nie zawsze dobry materiał. Siew wykonywano rzutowo na powierzchnię, przykrywając częściowo nasiona torfem lub piaskiem.

TABELA 1. Odczyn poziomu darniowego boisk piłkarskich klasy okręgowej Wrocławia
TABLE 1. The pH of rootzone of football pitches of Wrocław District League

Lp. No	Miejscowość Location	pH w H ₂ O pH of H ₂ O	pH w KCl pH of KCl
1	Bierutów	6,86	6,68
2	Dobrzeń	6,44	5,99
3	Grabowo Wielkie	6,58	6,23
4	Kąty Wrocławskie	6,75	6,56
5	Kondratowice	6,94	6,81
6	Łazy Wielkie	6,72	6,64
7	Malczyce	6,67	6,54
8	Marcinkowice	6,09	5,40
9	Miękinia	6,54	6,35
10	Milicz	6,51	5,98
11	Sobótka	6,24	5,84
12	Strzelin	6,56	6,16
13	Twardogóra	7,06	6,82
14	Wolów	6,75	6,62
15	Wrocław	6,74	6,50
16	Żmigród	6,84	6,65

TABELA 2. Stan pokrycia powierzchni boisk piłkarskich klasy okręgowej Wrocławia [%]
TABLE 2. Surface of sod of football pitches of Wrocław District League [%]

Lp. No	Miejscowość Location	A	B	C	Średnie zadarnienie boiska Mean surface of sod of foot- ball pitch (%)
1	Bierutów	63,90	27,80	66,60	50,00
2	Dobrzeń	93,30	90,80	90,00	91,64
3	Grabowo Wielkie	77,70	76,30	91,00	79,80
4	Kąty Wrocławskie	78,50	79,40	73,40	77,84
5	Kondratowice	90,20	85,70	59,60	82,28
6	Łazy Wielkie	75,60	91,20	86,80	84,08
7	Malczyce	93,20	91,50	90,80	92,04
8	Marcinkowice	61,20	46,60	56,60	54,44
9	Miękinia	89,30	80,00	85,60	84,84
10	Milicz	71,10	74,90	80,40	74,48
11	Sobótka	86,10	89,20	78,40	85,80
12	Strzelin	57,00	68,30	82,00	66,52
13	Twardogóra	71,70	66,40	75,20	70,28
14	Wolów	90,10	85,60	87,60	87,80
15	Wrocław	93,80	98,80	97,20	96,48
16	Żmigród	83,80	85,50	86,60	85,04

Objaśnienia/Explanation:

A – strefa przed bramką/area in front of the goal.

B – strefa przed polem karnym/area in front of penalty field,

C – strefa środkowa boiska/central part.

TABELA 3. Skład florystyczny na boiskach piłkarskich klasy okręgowej Wrocławia [%]
TABLE 3. Floristic composition in football pitches of Wrocław District League [%]

Lp. No	Miejscowość Location	<i>Lolium perenne</i> L.	<i>Poa pratensis</i> L.	<i>Festuca rubra</i> L.	<i>Agrostis vulgaris</i> With.	<i>Dactylis glomerata</i> L.	Trawy ogółem Grasses – total	Motyłkowe (<i>Trifolium repens</i> L.)	Chwasty Weeds
1	Bierutów	27,7	0,1	–	–	0,1	27,9	9,1	63,0
2	Dobrzeń	72,4	–	–	–	–	72,4	8,3	19,3
3	Grabowo Wielkie	41,0	19,6	–	–	–	60,6	12,0	27,4
4	Kąty Wrocławskie	27,1	10,9	15,9	–	12,1	66,0	6,4	27,6
5	Kondratowice	63,4	1,8	–	–	2,5	67,7	7,3	25,0
6	Łazy Wielkie	86,0	8,1	–	–	–	94,1	–	5,9
7	Małczyce	37,5	8,1	7,7	–	–	53,3	1,1	45,6
8	Marcinkowice	39,2	–	25,7	–	–	64,9	10,0	25,1
9	Miękinia	40,3	14,5	22,2	–	–	77,0	3,6	19,4
10	Milicz	31,2	15,4	–	–	19,9	66,5	1,3	32,2
11	Sobótka	46,6	16,5	–	–	–	63,1	1,1	35,8
12	Strzelin	77,4	3,3	–	–	–	80,7	10,0	9,3
13	Twardogóra	41,9	11,7	11,9	–	–	65,5	2,0	32,5
14	Wolów	41,6	7,9	7,4	13,5	3,8	74,2	6,7	19,1
15	Wrocław	56,6	–	29,8	–	–	86,4	1,6	12,0
16	Żmigród	41,9	24,1	–	14,5	–	80,5	5,9	13,6

TABELA 4. Zabiegi pielęgnacyjne na boiskach piłkarskich klasy okręgowej Wrocławia
TABLE 4. Treatments on football pitches of Wrocław District League

Lp. No	Miejscowość Location	Rodzaj zabiegu pielęgnacyjnego/Types of treatment							
		NPK	Podsiew, darniowanie Overseeding	Koszenie Cutting	Nawadnia- nie, drenaż Irrigation, drainage	Walowanie Rolling	Zwalczanie chwastów Weed con- trol	Napowie- trzenie Aeration	Inne Others
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Bierutów	–	–	*	– –	+ –	–	–	–
2	Dobrzeń	+	+	**	+ –	+	+	–	–
3	Grabowo Wielkie	+	+	**	++	+	+	–	renowacja renovation
4	Kąty Wrocławskie	+ –	+	**	– +	+	+	–	–

cd. tabeli 4.

5	Kondratowice	+	–	**	+-	+	–	–	–
6	Łazy Wielkie	+	–	**	+-	+	+	–	nawiezenie ziemi torfowej peat-soil com- plementation
7	Malczyce	+	+	**	++	+	–	–	piaskowanie sand applica- tion
8	Marcinkowice	+-	–	*	+-	+	–	–	nawiezenie ziemi torfowej peat-soil com- plementation
9	Miękinia	+	+-	**	++	+	+	+	–
10	Milicz	–	–	*	--	+-	–	–	–
11	Sobótka	+	–	**	++	–	+	+	–
12	Strzelin	+	+	**	++	+	–	+	–
13	Twardogóra	+	+	**	++	–	–	+	renowacja renovation
14	Wołów	+	+	**	-+	+	+	–	uzupełnianie ziemi soil comple- mentation
15	Wrocław	+	+	**	++	+	+	+	remont płyty co 2–3 lata repair of pitch every 2–3 years
16	Żmigród	+	+	**	+-	+	–	–	wapnowanie liming

Objaśnienia/Explanation:

+ stosowanie zabiegu/treatment,

– brak zabiegu/no treatment,

+- brak dokładnych informacji/no detailed data,

* Co 7–14 dni/At 7–14 day intervals,

** Co 7 dni/At 7 day intervals.

Najważniejszą czynnością na boiskach było wałowanie i koszenie (nie-regulane). Natomiast nawożenie stosowano przeważnie wiosną po ruszeniu wegetacji, nawadnianie zaś tylko w okresie suszy i nie na wszystkich obiektach, a jedynie tam, gdzie było to możliwe.

Wnioski

1. Z 16 ocenianych boisk piłkarskich tylko 3 obiekty (Wrocław, Malczyce, Dobrzeń) posiadały zadawalającą jakość darni.
2. Większość obiektów wykazywała zachwaszczenie powyżej 30%.

3. Poziom pielęgnacji na około 70% obiektów należy uznać za niezadawalający.
4. Najważniejszą czynnością na boiskach średniej klasy było wałowanie i koszenie.

Literatura

- BARTOSIEWICZ A. 1984: Urządzanie terenów zieleni. WSiP, Warszawa.
- HABER Z. 1994: Zakładamy trawniki. *Działkowiec*. 5: 4–9.
- JANKOWSKI K. i in. 1994: Analiza porównawcza mieszanek gazonowych uprawianych w warunkach Podlasia. *Agricultura* 75: 133–140.
- KOSTUCH R. 1995: Trawniki. *Aura* 7: 20–21.
- RUTKOWSKA B., HEMPEL A. 1986: Trawniki. PWRiL, Warszawa.
- WYSOCKI C. 1979: Propozycje doboru roślin na gleby piaszczyste. Materiały z konferencji naukowo-technicznej. Gdańsk 28–29 września.

Summary

Evaluation of botanical composition and turfness of football pitches of the Wrocław District League. In the year 2000 the investigations aimed at determining the degree of turfness and plant species of 16 football pitches of the Wrocław District League were carried out. It was found that some grass species appeared in the process of natural plant succession, or by sod seeding resulting from grass damage during football games. Weed infestation in the majority of pitches was high (from 6% to 63%), which was due to insufficient treatment, especially fertilization, irrigation, aeration and irregular cutting. Besides, the selection of grass ingredients for the pitches was inappropriate.

Authors' address:

Franciszek Gospodarczyk, Elwira Rutkowska,
J. Kulpeszka
Department of Grassland and Landscape
Development
Agricultural University of Wrocław
ul. M. Skłodowskiej-Curie 42
50-369 Wrocław
Poland

Zbigniew CZARNECKI

Katedra Łąkarstwa
Akademia Rolnicza w Lublinie
Department of Grassland
Agricultural University of Lublin

Zmiany zadarnienia mieszanek trawnikowych w okresie czteroletniego intensywnego użytkowania **Changes in the sward of the lawn grass mixtures during a four-year period of intensive utilisation**

Wprowadzenie

W ostatnich latach obserwuje się znaczny wzrost zainteresowania zakładaniem i utrzymywaniem różnego rodzaju trawników (Domański 1997). Dotychczasowa ocena wartości użytkowej trawników była oparta głównie na wynikach oceny cech użytkowych odmian i gatunków w siewach czystych (Domański 1992, 1995, 1998, Harkot i Czarnecki 1999, Rutkowska i Brzywczy-Kunińska 1969). Niewiele jest bowiem badań dotyczących wartości użytkowej mieszanek, zwłaszcza oceny jakości zadarnienia (Grabowski i in. 1999, Jankowski i in. 1999).

Celem przeprowadzonych badań była ocena wartości użytkowej rekreacyjnych i sportowych mieszanek trawnikowych, ze szczególnym uwzględnieniem równomierności i stabilności zadarnienia powierzchni w warunkach czteroletniego intensywnego użytkowania.

Material i metoda

Badania przeprowadzono w latach 1996–2000 w Stacji Dydaktyczno-Badawczej w Sosnowicy, należącej do Katedry Łąkarstwa Akademii Rolniczej w Lublinie. Doświadczenia założono metodą bloków losowanych, w czterech powtórzeniach, na glebie mineralnej lekkiej. Gleba charakteryzowała się odczynem obojętnym (pH w 1 mol $\text{KCl} \cdot \text{dm}^{-3} = 6,9$), a zawartość przyswajalnych form makroskładników wynosiła: P – 82, K – 166 i Mg – 52 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby. W badaniach zastosowano 4-centymetrową warstwę nośną składającą się z torfu surowego, torfu ogrodniczego (substratu) i ziemi (wierzchnia warstwa gleby z doświadczenia) w proporcji 2 : 1 : 4. Badaniami objęto 8 mieszanek traw gazonowych, w tym 4 polskie i 4 zagraniczne (tab. 1). Na wszystkich obiektach nawożenie mineralne było jednakowe. Dawki poszczególnych składników mineralnych

TABELA 1. Kraj pochodzenia oraz skład gatunkowy i odmianowy badanych mieszanek traw gazonowych

TABLE 1. Country of origin and variety and species composition of the studied lawn grass mixtures

Lp. No	Rodzaj mieszanki (kraj pochodzenia) Type of mixtures (country of origin)	Gatunek Species	Odmiana Varieties	Udział Content [%]
Mieszanki polskie – Polish mixtures				
1	„Sport” SHR-Nieznanice (PL)	<i>Lolium perenne</i>	Nira	25
		<i>Lolium perenne</i>	Niga	25
		<i>Poa pratensis</i>	Alicja	40
		<i>Festuca rubra</i>	Nimba	10
2	„Sportowa” IHAR-Radzików (PL)	<i>Festuca rubra</i>	Cindy	52
		<i>Lolium perenne</i>	Niga	38
		<i>Poa pratensis</i>	Gol	10
3	„Sport” IHAR-Radzików (PL)	<i>Lolium perenne</i>	Gazon	45
		<i>Lolium perenne</i>	Stadion	5
		<i>Poa pratensis</i>	Nimbus	5
		<i>Poa pratensis</i>	Gol	25
		<i>Festuca rubra</i>	Olivia	10
		<i>Festuca rubra</i>	Leo	10
4	„Sport” AR-Lublin (PL)	<i>Festuca arundinacea</i>	Terros	40
		<i>Poa pratensis</i>	Alicja	25
		<i>Poa pratensis</i>	Gol	25
		<i>Festuca rubra</i>	Nimba	10
Mieszanki zagraniczne – Foreign mixtures				
5	„Sport” (DK)	<i>Lolium perenne</i>	Taya	50
		<i>Festuca rubra</i>	Pernille	20
		<i>Poa pratensis</i>	Balin	15
		<i>Poa pratensis</i>	Conni	15
6	„Sport” (NL)	<i>Lolium perenne</i>	Barball	20
		<i>Lolium perenne</i>	Barrage	20
		<i>Lolium perenne</i>	Trilo	20
		<i>Poa pratensis</i>	Baron	20
		<i>Festuca rubra</i>	Bargena	10
		<i>Festuca rubra</i>	Barcrown	10
7	„Tri-Plex Ryegrass” (USA)	<i>Lolium perenne</i>	Palmer II	35
		<i>Lolium perenne</i>	Prelude II	35
		<i>Lolium perenne</i>	Repell II	30
8	„Wembley” (GB)	<i>Lolium perenne</i>	Taya	40
		<i>Lolium perenne</i>	Cartel	30
		<i>Lolium perenne</i>	Prester	10
		<i>Festuca rubra</i>	Boreal	20

wynosiły: przed siewem N – 25, P – 22, K – 83 kg · ha⁻¹, w okresie zaś wegetacji N – 240, P – 39,2, K – 121,2 kg · ha⁻¹. W okresie wegetacji w latach pełnego użytkowania (1997–2000) przeprowadzano 23–26 koszeń na wysokość 4 cm. Liczba i wysokość koszeń były zgodne z zaleceniami COBORU dla mieszanek typu „relax”. W kolejnych latach badań ocenę zadarnienia przeprowadzano raz w miesiącu w okresie kwiecień–listopad w skali 1–9°, stosowanej w COBORU (1 – cecha zła, 9 – cecha wysocce pożądana).

Warunki meteorologiczne w latach badań były niekorzystne dla wzrostu i rozwoju traw. W latach 1997–1999, w okresie wegetacji, średnia miesięczna temperatura powietrza była o 10–30% wyższa od średnich z wielolecia 1965–1990, a rozkład opadów był nierównomierny (tab. 2). Suma opadów atmosferycznych w poszczególnych miesiącach znacząco różniła się od średniej

z wielolecia i w 1997 roku, w miesiącach: czerwiec, sierpień i wrzesień, stanowiła odpowiednio: 60, 63 i 83%, w 1998 roku, w miesiącach lipiec i wrzesień, odpowiednio 83 i 92% oraz w 1999 roku, w miesiącach maj, lipiec, sierpień i wrzesień, odpowiednio 78, 59, 37 i 76%. Obfite natomiast opady wystąpiły w maju i lipcu 1997 roku, w sierpniu 1998 roku oraz w czerwcu 1999 roku, które stanowiły odpowiednio: 250, 300, 150 i 230% średniej z wielolecia.

Z kolei w okresie zimy znaczne spadki temperatury powietrza (w 1997 roku w styczniu do –25,1°C i w grudniu do –23,9°C oraz w 1998 roku w listopadzie do –23,2°C i w grudniu do –26,1°C), utrzymujące się przez okres kilku dni w warunkach braku lub cienkiej okrywy śnieżnej przyczyniły się do gorszego przezimowania niektórych odmian traw.

TABELA 2. Średnia miesięczna temperatura powietrza oraz miesięczne sumy opadów w okresie badań i za okres wielolecia (1965–1990) według Stacji Meteorologicznej w Uhninie

TABLE 2. Mean monthly temperatures of air and monthly amount of precipitation over the experimental period and for the years 1965–1990 according to the meteorological Station at Uhnin

Lata Years	Miesiąc/Month											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Temperatura/Temperature												
1997	–5,5	0,8	2,1	4,6	13,9	17,0	18,0	17,7	12,3	5,7	3,0	–1,6
1998	–0,2	2,7	0,9	9,9	13,9	17,6	18,1	15,7	12,5	7,0	–2,7	–4,0
1999	–0,5	–2,1	3,6	9,1	11,5	18,9	20,1	17,0	14,1	7,6	0,9	–0,2
2000	–1,6	2,2	4,1	13,2	16,2	18,6	17,5	18,6	12,0	11,6	6,7	1,6
1965–1990	–4,0	–2,6	1,5	7,2	13,3	16,3	17,7	16,8	12,7	7,6	2,5	1,2
Opady/Precipitation												
1997	2,5	17,2	24,0	45,9	122,4	44,8	208,0	46,9	40,0	49,5	45,2	43,1
1998	17,6	27,5	33,0	58,8	62,5	75,6	69,9	109,3	44,4	44,6	42,1	19,4
1999	13,6	57,7	19,4	82,2	41,8	138,5	49,6	27,9	36,6	35,2	54,2	35,4
2000	1,1	11,9	35,1	42,0	49,1	15,4	121,8	62,3	42,1	8,1	39,5	45,9
1965–1990	27,2	21,4	23,8	39,6	53,4	74,9	82,6	74,3	48,3	42,8	38,6	35,3

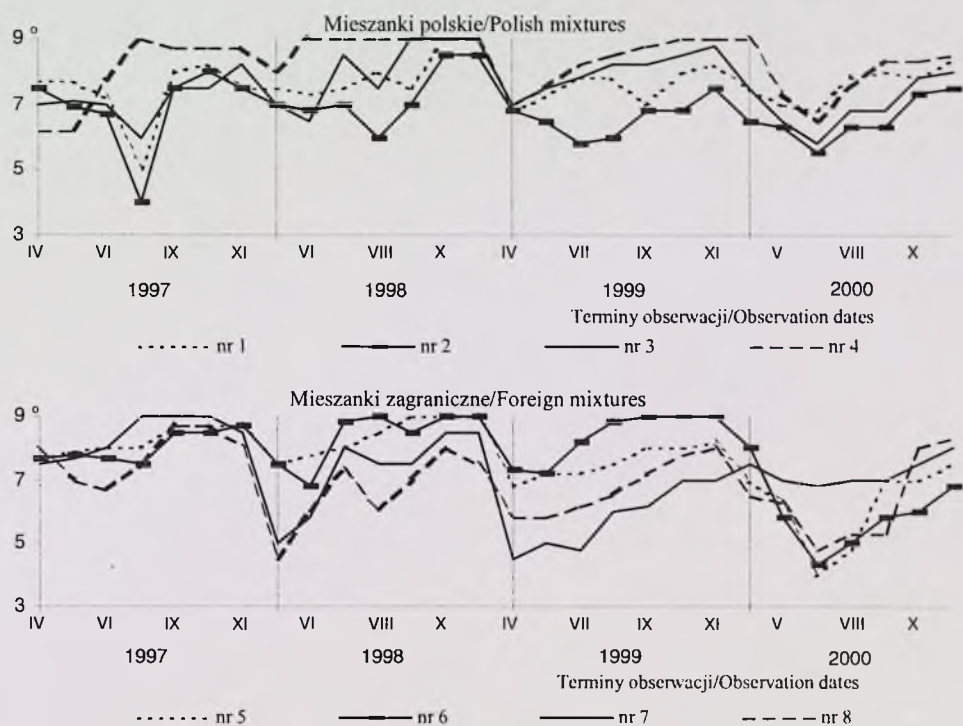
Wyniki badań i dyskusja

Przeprowadzone badania wykazały, że analizowane polskie i zagraniczne mieszanki traw gazonowych znacznie różniły się ocenami zadarnienia, zarówno w latach, jak i w poszczególnych terminach obserwacji w okresie wegetacji (rys. 1).

Oceny zadarnienia mieszanek polskich w pierwszym roku pełnego użytkowania (1997) były bardziej zróżnicowane (4,0–9,0°) niż mieszanek zagranicznych (6,7–9,0°). Szczególną uwagę zwracają niskie oceny zadarnienia mieszanek polskich nr 1, 2 i 3 w obserwacjach przeprowadzonych w miesiącu sierpniu (oceny 4,0–6,0°). W omawianych mieszkankach znaczny był udział odmian Nira, Niga i Gazon *Lolium perenne* (odpowiednio 50, 38 i 45%), które niekorzystnie zareagowały na obfite opady, jakie wystąpiły w lipcu, co w znacznym stopniu wpłynęło na pogorszenie zadarnienia. Niskie oceny zadarnienia wymienionych mieszanek w okresie letnim 1997 roku znajdują potwierdzenie w badaniach innych autorów (Grabowski i in. 1999). W kolejnych latach obserwowano poprawę jakości zadarnienia mieszanek polskich (oceny kształtowały się od 6,5 do 9,0°), pogorszenie zaś zadarnienia mieszanek zagranicznych (oceny od 4,0 do 9,0°), zwłaszcza oznaczonych numerami 5, 6 i 8. Oceny zadarnienia wymienionych mieszanek były szczegól-

nie niskie w obserwacjach przeprowadzonych w okresie maj–sierpień w czwartym roku użytkowania i kształtowały się w zakresie od 4,0 do 6,3°. Ponadto mieszanki oznaczone numerami 7 i 8 okazały się wrażliwe na spadki temperatury powietrza w okresie zimy w latach 1997–1999, co przyczyniło się do pogorszenia ich zadarnienia w okresie wiosennym w 1998 i 1999 roku. Wchodzące w skład tych mieszanek odmiany *Lolium perenne* (Palmer II, Preludie II, Repell II oraz Taya, Cartel i Prester) stanowiły odpowiednio 100 i 90% składu mieszanki. Z literatury wynika bowiem, że gatunek ten jest wrażliwy na znaczne spadki temperatury w okresie zimy (Rutkowska i Hempel 1986). Jednak należy podkreślić, że wymienione odmiany wyróżniały się dużą zdolnością regeneracyjną, bowiem w okresie letnim oceny zadarnienia mieszanek z udziałem omawianych odmian były znacznie wyższe i kształtowały się w granicach od 5,8 do 8,0°.

Wśród mieszanek polskich najwyższymi ocenami zadarnienia we wszystkich terminach obserwacji (oceny 5,8–9,0°) wyróżniały się mieszanki oznaczone nr 3 (IHAR-Radzików) i nr 4 (AR-Lublin), natomiast z mieszanek zagranicznych wysokimi i wyrównanymi ocenami zadarnienia w okresie wegetacji, ale tylko w pierwszych trzech latach pełnego użytkowania wyróżniały się mieszanki nr 5 i 6 (oceny 6,8–9,0°).



RYСУNEK 1. Ocena zadarnienia badanych mieszanek traw gazonowych w okresie wegetacji w latach 1997–2000 w skali 9° (1 – cecha zła, 9 – cecha wysoce pożądana)

FIGURE 1. Evaluation of sodding of the lawn grass mixtures studied during vegetation in the years 1997–2000 according to a 9° scale (1 – an unfavourable feature, 9 – highly desirable feature)

Wnioski

1. Przeprowadzone badania wykazały, że mieszanki traw gazonowych znacznie różnią się jakością zadarnienia, zarówno w latach, jak i w poszczególnych miesiącach w okresie wegetacji.
2. W pierwszym roku pełnego użytkowania oceny zadarnienia mieszanek zagranicznych były wyższe i mniej zróżnicowane niż mieszanek polskich. Natomiast w następnych latach mieszanki polskie wyróżniały się zdecydowanie lepszym i bardziej wyrównanym zadarnieniem niż mieszanki zagraniczne, zwłaszcza w czwartym roku użytkowania.
3. Zadarnienie mieszanek trawnikowych było uzależnione od ich składu gatunkowego i odmianowego, a zwłaszcza reakcji odmian na warunki pogodowe w okresie badań.
4. Największą stabilnością zadarnienia we wszystkich terminach obserwacji w okresie czterech lat pełnego użytkowania wyróżniały się mieszanki polskie: „Sport” (IHAR-Radzików) oraz „Sport” (AR-Lublin).

Literatura

- DOMAŃSKI P. 1992: System badań i oceny odmian traw gazonowych w Polsce. *Biul. IHAR*, 183: 251–263.
- DOMAŃSKI P. 1995: Trawy darniowe: kostrzewa czerwona, kostrzewa owcza, mietlica pospolita, wiechlina łąkowa, życica trwała. *Synteza wyników doświadczeń odmianowych. Seria 1991. COBORU Słupia Wielka*, 1058: 1–18.
- DOMAŃSKI P. 1997: Tereny trawiaste w Polsce – zainteresowanie społeczne, stan wiedzy i perspektywy [w:] A. Drapella-Hemendorf, F. Gospodarczyk i B. Wojtyszyn (red.) *Konferencja Naukowa Sztuka ogrodów w krajobrazie miasta TARAGRA* 97, 20–22 czerwca.
- DOMAŃSKI P. 1998: Trawy darniowe: kostrzewa czerwona, wiechlina łąkowa, życica trwała. *Synteza wyników doświadczeń odmianowych. Seria 1994. COBORU Słupia Wielka*, 1136, 1–21.
- GRABOWSKI K., GRZEGORCZYK S., BENEDYCKI S., KWIETNIEWSKI H. 1999: Ocena wartości użytkowej wybranych gatunków i odmian traw gazonowych do obsiewu nawierzchni trawiastych. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 197, *Agricultura* 75: 81–88.
- HARKOT W., CZARNECKI Z. 1999: Przydatność polskich odmian traw gazonowych do zadarniania powierzchni w trudnych warunkach glebowych. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 197, *Agricultura* 75: 117–120.
- JANKOWSKI K., CIEPIELA G.A., JODELKA J., KOLCZAREK R. 1999: Analiza porównawcza mieszanek gazonowych uprawianych w warunkach Podlasia. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 197, *Agricultura* 75: 133–140.
- RUTKOWSKA B., BRZYWCZY-KUŃSKA Z. 1969: Badania odmian i ekotypów gatunków traw przydatnych dla potrzeb miejskich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 90: 67–71.
- RUTKOWSKA B., HEMPEL A. 1986: *Trawniki*. PWRiL, Warszawa.

Summary

Changes in the sward of the lawn grass mixtures during a four-year period of intensive utilisation. In the present study changes in the sod-formation of 8 lawn grass mixtures during four consecutive years of their usage were presented. Evaluation of sod formation by the mixtures was conducted once a month applying a scale from 1 to 9 (1 – an unfavourable feature, 9 – a highly desirable feature). Twenty-three to twenty-six cuts at a height of 4 cm were carried out during vegetation periods in the years of full utilisation. The present studies showed that the lawn grass mixtures studied varied in their sodding evaluation both in the individual years and on the observation dates during vegetation. In the first year of full utilisation, the foreign mixtures showed a more uniform sod formation and the grades given for their sodding ability were higher and less differentiated (6.7–9.0) than those of the Polish mixtures (4.0–9.0). Whereas in the following years of full utilisation, the Polish mixtures were characterised by a decidedly better and more uniform sod formation than the foreign mixtures, especially in the forth year. The best sod-formation on all observation dates (grades from 5.8 to 9.0) was observed in the case of the "Sport" mixtures (Institute of Plant Breeding and Acclimatization in Radzików) and the "Sport" (Agricultural University of Lublin).

Author's address:

Zbigniew Czarnecki
Department of Grassland
Agricultural University of Lublin
ul. Akademicka 15
20-950 Lublin
Poland

Henryk CZYŻ, Teodor KITCZAK

Katedra Łąkarstwa
Akademia Rolnicza w Szczecinie
Department of Grassland
Szczecin University of Agriculture

Wpływ podłoża glebowego na stan murawy boiska sportowego

Influence of soil base on sward of a sports ground

Wprowadzenie

Ważnym elementem przy budowie boiska jest zakładanie trawnika, charakteryzującego się dużym zagęszczeniem roślin i odpornością na zniszczenie fizyczne. Trawniki sportowe zakładane są z gatunków i odmian traw odznaczających się nie tylko ładnym wyglądem, ale dużą wytrzymałością na udeptywanie oraz szybką regeneracją. Stosunki wodno-powietrzne w glebie decydują w dużym stopniu o rozwoju wysiewanych gatunków traw oraz o trwałości trawników (Opitz von Boberfeld 1972, Rutkowska i Hempel 1986). Celem przeprowadzonych badań było określenie przyczyn niewłaściwego stanu darniny na płycie boiska sportowego do gry w piłkę nożną.

Materiał i metodyka

Badania przeprowadzono w 1999 roku na płycie przyszkolnego boiska sportowego do gry w piłkę nożną. Bo-

isko zostało założone na glebie brunatnej właściwej. Gleba ta wytworzona z gliny zwałowej, zaliczana do gleb średnich, zawiera w warstwie ornej 20–30% części splawialnych. Miąższość poziomu akumulacyjnego wynosi średnio 30 cm. Zawartość w nim próchnicy waha się w granicach 1,50–1,80%. Tego typu gleby należą do gleb urodzajnych i odznaczają się: dużą pojemnością wodną, małą przepiękalnością, małą pojemnością powietrzną, dużą skłonnością do zaskorupiania się.

Przyjmuje się, że gleba stwarza wówczas korzystne warunki dla rozwoju roślin, gdy w ogólnej jej objętości faza stała stanowi 50%, a fazy ciekła i gazowa po 25%. W omawianym typie gleby najczęściej występuje niedobór powietrza (faza gazowa).

Według projektu, płyta boiska powinna być porośnięta mieszkanką trawiasto-motylikową o następującym składzie gatunkowym: *Festuca rubra* 25%, *Festuca ovina* 15%, *Poa pratensis*

15%, *Agrostis vulgaris* 10%, *Lolium perenne* 20%, *Trifolium repens* 5%.

Badania obejmowały ocenę:

- stanu podłoża glebowego płyty boiska,
- stanu zadarnienia płyty boiska (metodą Webera),
- składu gatunkowego szaty roślinnej na płycie boiska do gry w piłkę nożną; przy ocenie zadarnienia metodą Webera spisywano gatunki i określano ich udział w istniejącej szacie roślinnej danego kwadratu, a następnie wyliczano wartości średnie.

Wyżej wymienione badania przeprowadzono w roku założenia boiska, ale przed oddaniem do eksploatacji.

Wyniki

Na podstawie wykonanych okrywek glebowych stwierdzono, że w całym profilu podłoża występuje grunt rodzimy o jednolitej strukturze, bez ukształtowania warstwy torfowo-mineralnej i próchniczno-gliniastej, co zakładał projekt. Rodzimy materiał glebowy, występujący na obszarze zorganizowanego boiska, charakteryzuje się dużą zawartością części splawianych oraz obojętnym odczynem o pH 6,5–7,1. Podłoże to jest bardzo zbite. Dotyczy to powierzchni między ciągami drenarskimi oraz na ciągach drenarskich.

W analizowanym materiale glebowym nie stwierdzono udziału masy organicznej ani innego materiału w ilościach, które przyczyniły się do rozluźniania gruntu rodzimego. Według projektu, masa organiczna z gruntem rodzimym miała tworzyć poziom próchniczno-gliniasty.

Zdaniem Domżała i in. (1984, 1987), Lipca i in. (1991), Taylora i in. (1991), zbyt duże zagęszczenie gleby jest przyczyną pogarszania się właściwości fizycznych gleby, przejawiających się najczęściej wzrostem gęstości objętościowej, spadkiem porowatości ogólnej i przepuszczalności powietrznej. Powoduje to pogarszanie się warunków rozwoju systemu korzeniowego roślin, na skutek zmniejszenia się wymiany powietrza między glebą a atmosferą, ograniczenia dostępu tlenu do korzeni oraz zdolności retencyjnych gleby.

Według Zawistowskiego (1972) oraz Buckmana i Brady (1971), na glebach o korzystnych właściwościach fizycznych, sprzyjających ruchom kapilarnym, rzeczywiste ilości wody, z których korzystać mogą rośliny, bywają zwykle o wiele większe niż na glebach o zbyt małej i zbyt dużej ilości części splawialnych.

Z badań własnych wynika, że występujące warunki fizyczne w analizowanym podłożu boiska nie sprzyjają rozwojowi roślin i szybkiemu odsiakanie wody w okresie deszczowym oraz w trakcie podlewania (deszczowania) roślin. W okresie posuszny widoczne były liczne spękania powierzchniowe. Wierzchnia warstwa – torfowo-mineralna (miąższości ok. 4 cm), która według projektu miała występować na powierzchni całego boiska, była niewłaściwie uformowana. Analiza wykazała, iż jej miąższość wahała się od 0 do 6 cm, co przyczyniało się do zróżnicowanego rozwoju roślin.

Wielu autorów (Buckman i Brady 1971, Taylor i Brady 1991, Łyszczarz i in. 1998, Grynia i Kryszak 2000) uważa, że niedobór powietrza w glebie,

związany ze składem mechanicznym lub uwilgotnieniem, jest przyczyną wykształcenia przez rośliny zbyt płytkiego systemu korzeniowego, co w konsekwencji prowadzi do dużej ich wrażliwości w okresach posusznych. Według Jurka (1994), dużą wrażliwość na suszę wykazuje życica trwała. Także z badań Łyszczarza i in. (1998) wynika, że niedostatek opadów i wysoka temperatura hamują wzrost i rozwój odmian życicy trwałej. Grynia i Kryszak (2000) twierdzą, że jeżeli woda zalega na powierzchni, a ponadto jest to woda zastoiszkowa, to następuje wypadanie traw z runi, a ich miejsce zajmują gatunki roślin z klasy dwuliściennych.

Ze szczegółowej oceny szaty roślinnej wynika, że płyta boiska porośnięta była bardzo zróżnicowaną, pod względem składu gatunkowego, roślinnością (tab.1). Na płycie boiska występują powierzchnie, gdzie w składzie botanicznym runi dominuje koniczyna biała (do 70%), oraz takie, gdzie w runi nie stwierdzono obecności tego gatunku.

W składzie gatunkowym traw dominowała życica trwała (*Lolium perenne*). Na znacznych powierzchniach

stwierdzono, poza życicą trwałą, bardzo mały lub brak w runi innych gatunków traw, które podano w składzie zaprojektowanej mieszanki.

Stopień zadarnienia powierzchni szatą roślinną był zróżnicowany i wynosił od 52,7 do 86,4%. Występujące luki w zadarnianiu sprzyjały zachwaszczaniu trawnika.

Wnioski

1. W podłożu płyty boiska stwierdzono niewłaściwe ukształtowanie jego górnych warstw, tj. warstwy torfowo-mineralnej i próchniczno-gliniastej.
2. Źle ukształtowana wierzchnia warstwa boiska była przyczyną występowania zastoisk wodnych w okresie opadów (a nawet podlewania) oraz pęknięcia gleby w okresie posusznych.
3. Występujące w podłożu niekorzystne warunki fizyczne były przyczyną słabego rozwoju i wzrostu roślin oraz słabego zadarnienia płyty boiska.

TABELA 1. Zadarnienie i skład botaniczny runi płyty boiska [%]

TABLE 1. Turf cover and botanical composition of the football green [%]

Gatunki roślin Plant species	Zdjęcia florystyczne Flora record						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Lolium perenne</i>	58,9	38,8	32,1	17,4	34,8	51,4	49,7
<i>Festuca rubra</i> ssp. <i>genuina</i>	19,2	20,8	15,0	6,2	8,1	12,1	14,1
<i>Festuca ovina</i>	10,0	14,5	4,2	0,3	1,3	4,8	4,1
<i>Agrostis tenuis</i>	1,4	2,2	1,8	+	0,9	1,1	1,4
<i>Poa pratensis</i>	9,0	7,0	7,2	6,0	8,2	7,4	7,1
<i>Trifolium repens</i>	+	14,6	38,5	69,7	45,1	—	—
<i>Medicago lupulina</i>	—	+	+	+	—	—	—
Chwasty/Weeds	1,5	2,1	1,2	0,4	1,6	23,2	23,6
Razem/Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Zadarnienie Turf cover	69,0	73,6	78,6	86,4	81,7	52,7	54,1

Literatura

- BUCKMAN H., BRADY N.C. 1971: Gleby i jej właściwości. PWRiL, Warszawa.
- DOMŻAŁ H., SŁOWIŃSKA-JURKIEWICZ A., PALIKOT M. 1987: Physical properties of the root zone of soil as a factor determining the crop yield. *Pol. J. Soil Sci.* 10 (1): 17–23.
- DOMŻAŁ H., SŁOWIŃSKA-JURKIEWICZ A., TURSki R., HODARA J. 1984: Ugniatanie jako czynnik kształtujący fizyczne właściwości gleby. PWN, Warszawa.
- GRYNIA M., KRYSZAK A. 2000: Zmiany składu florystycznego łąk zalewanych wodami powodziowymi w doliny Baryczy w aspekcie ich regeneracji. *Mat. Seminaryjne IMUZ* 45: 51–58.
- JUREK M. 1994: Zmienność reakcji życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) na suszę. *Genet. Pol.* 35 A: 127–134.
- LIPIEC J., HAKANSSON I., TATARKIEWICZ S., KOSSOWSKI J. 1991: Soil physical properties and growth of spring barley as related to the degree of compactness of two soils. *Soil & Till. Res.* 19: 307–317.
- ŁYSZCZARZ R., PODKÓWKA Z., DEMBEK R., KOCHANOWSKA-BUKOWSKA Z., DORSZEWSKI P., SIKORRA J., ZIMMER-GRAJEWSKA M. 1998: Ocena wartości gospodarczej polskich odmian życicy trwałej. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 462: 67–74.
- OPITZ von BOBERFELD W. 1972: Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen der Rasenflächen des Kölner Grüngürtels. *Rasen-Turf-Gazon* 3 (1): 21–27.
- RUTKOWSKA B., HEMPEL A. 1986: Trawniki. PWRiL, Warszawa.
- TAYLOR H. M., BRAR G.S. 1991: Effect of soil compaction on root development. *Soil & Till. Res.* 19: 111–119.

ZAWISTOWSKI F. 1972: Retencje wodne gleby. *Wiad. Melior. i Łąk.* 6: 161–163.

Summary

Influence of soil base on sward of a sports ground. Condition of sward of a football green had been tested during the first year of its utilization. The football field was built on a clay soil, whose top layer of 1 to 5 cm contained peat-mineral material.

The large content of floatable parts in the soil caused the formation of stagnant water pools during rain, and surface cracks at drought spells. The conditions for grass growth differed also due to irregularly distributed peat-mineral material.

These features of the soil have caused uneven distribution of plants on the football field. The turf cover varied between 52,7 to 86,4%. The depth of roots was also various, and it depended on the thickness of the peat-mineral layer. The large compactness of the ground, lack of proper filtration (despite installed drainage system), and in addition the irregularly distributed material of the upper soil layer was the cause that the green did not meet the quality required of sports grounds surface.

Authors' address:

Henryk Czyż, Teodor Kitzczak
Department of Grassland
Szczecin University of Agriculture
71-434 Szczecin
ul. Słowackiego 17
e-mail: hczyz@agro.ar.szczecin.pl

Barbara GOLIŃSKA, Piotr GOLIŃSKI

Katedra Łąkarstwa
Akademia Rolnicza w Poznaniu
Department of Grassland Sciences
Agricultural University of Poznań

Predyspozycje *Festuca rubra* do odkładania filcu na trawnikach

Predisposition of *Festuca rubra* to deposit mat on lawns

Wprowadzenie

Integralną częścią darni trawnikowej zlokalizowaną nad powierzchnią gleby jest filc. Stanowią go martwe i żywe, lecz pozbawione chlorofilu, części pędów nadziemnych i podziemnych. Obecność filcu w darni ma zarówno zalety, jak i wady. Warstwa filcu o optymalnej miąższości sprzyja odporności darni na oddziaływania mechaniczne, reguluje temperaturę gleby, zwiększa odporność roślin na suszę, a tym samym sprzyja wydłużaniu trwałości trawnika. Jednakże nadmiar filcu powoduje zjawisko gąbczastości trawnika oraz utrudnia przedostawanie się wody do gleby, co może być przyczyną wędnięcia roślin. Ponadto wpływa on na „wypiętrzanie się” węzłów krzewienia traw, które wykształcają korzenie nad warstwą gleby. W rezultacie warstwa filcu staje się ważną strefą wzrostu roślin, a gleba zaczyna pełnić funkcję drugoplanową. Zjawisko to zwiększa wrażliwość roślin na niedobory wody.

Odkładanie filcu jest specyficzną właściwością gatunków traw gazonowych oraz jest uzależnione od sposobu użytkowania trawnika (Rutkowska i Hempel 1986). O tempie przyrostu filcu i jego gromadzeniu decyduje skład chemiczny przypowierzchniowej warstwy darni. Najistotniejszym elementem w tym względzie jest zawartość ligniny oraz jej stosunek do celulozy (wskaźnik L/C). Niski wskaźnik L/C powoduje systematyczny rozkład filcu i jego stabilną miąższość, natomiast wysoki – szybkie odkładanie tego elementu na trawnikach (Cook 1999). W związku z tym, że odmiany hodowlane traw darniowych charakteryzują się specyfiką właściwości morfologicznych, biologicznych i chemicznych, istnieje hipoteza, że czynnik odmianowy ma także wpływ na odkładanie filcu na trawnikach.

Celem badań było określenie predyspozycji odmian hodowlanych *Festuca rubra* do odkładania filcu na trawnikach w pierwszym roku po zasiewie.

Material i metoda

Obiektem badawczym było 20 odmian kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra* L. *sensu lato*). Badania przeprowadzono w 2000 roku w Stacji Doświadczalnej Katedry Łąkarstwa w Brodach. Doświadczenie w układzie bloków losowanych założono w 1999 roku, zgodnie z metodyką oceny wartości gospodarczej odmian traw darniowych dla użytkowania ekstensywnego (Domański 1998). Do wysiewu wykorzystano nasiona w stopniu elity hodowlanej. Doświadczenie założono na glebie płowej, zakwalifikowanej do gatunku piasek gliniasty lekki, średnio głęboki, zalegający na glinach lekkich o udziale 14–17% części spławialnych i próchnicy 1,19–1,24%. W glebie stwierdzono bardzo dużą zawartość fosforu (56,0 mg P_2O_5 w 100 g gleby), średnią potasu (11,2 mg K_2O w 100 g gleby), małą magnezu (3,0 mg Mg w 100 g gleby) oraz słabo kwaśny odczyn (pH w 1 n KCl = 6,5).

W roku siewu przez większą część okresu wegetacji panowały korzystne dla wzrostu i rozwoju traw warunki pogodowe. Jedynie w okresie VII–IX wystąpiły znaczne niedobory opadów (115,7 mm) w porównaniu ze średnią z wielolecia, którym towarzyszyła wyższa temperatura powietrza (m.in. w lipcu o 2,6°C, we wrześniu o 3,8°C). W 2000 roku odnotowano zróżnicowany rozkład opadów w okresie wegetacji. W porównaniu ze średnią z wielolecia, stwierdzono w marcu nadmiar (77,4 mm), w miesiącach IV–VI niedobór

(63,6 mm), a w okresie VII–IX ponownie nadwyżkę (36,4 mm).

Badania prowadzono na poletkach o powierzchni 1 m² w trzech replikacjach. W roku badań zróżnicowano nawożenie. Wyznaczono dwa poziomy NPK (kg/ha): I – 60 N, 20 P_2O_5 , 40 K_2O oraz II – 120 N, 40 P_2O_5 , 80 K_2O , dostosowując do nich odpowiednio liczbę koszeń. W przypadku pierwszego poziomu nawożenia ruń ścinano 4-krotnie w okresie wegetacji, a w warunkach drugiego poziomu 6-krotnie. Ruń defoliowano na wysokości 5 cm i usuwano z powierzchni trawnika. Kryterium przeprowadzenia koszenia było osiągnięcie przez odmianę Leo kostrzewy czerwonej wysokości 12 cm.

W celu oceny nadziemnej części darni w warstwie 0–5 cm oznaczano jej masę za pomocą metody ukosów próbnych (Filipek 1968). Z każdego poletka wycinano biomasę dolnych części pędów z powierzchni 0,1 m² (1,0 × 0,1 m) w trzech powtórzeniach. Materiał suszono w temperaturze 60°C i ważono na wadze laboratoryjnej. Z zebranych próbek na każdym poletku tworzone próby średnią i przeznaczono do analiz chemicznych na zawartość ligniny i celulozy (van Soest i Wine 1968). Na podstawie danych analitycznych obliczono stosunek zawartości ligniny do celulozy uznany jako wskaźnik L/C. Uzyskany materiał wynikowy poddano ocenie statystycznej, wykorzystując analizę wariancji dla doświadczeń czynnikowych ortogonalnych. Istotność zróżnicowania wyników weryfikowano testem Fischera na poziomie ufności $P = 0,95$ (Elandt 1964).

Wyniki

Największą masę nadziemnej części darni w warstwie 0–5 cm wykształcały, niezależnie od poziomu nawożenia, Nimba oraz Bargena, odpowiednio 148,7 i 145,1 g s.m. w przeliczeniu na 1000 cm² (tab. 1).

W porównaniu z odmianą wzorcową Leo masa ta była większa o 35,7 i 32,1%. Engina okazała się odmianą kostrzewy czerwonej, wykształcającą najmniej biomasy w tej warstwie (32,6

g s.m./1000 cm²). Wzrost nawożenia przyczyniał się do zwiększenia masy nadziemnej części darni u odmian *Festuca rubra*, od 6% w przypadku odmiany Cecilia do 62% u odmiany Lovisa.

Wyniki dotyczące oceny zawartości ligniny i celulozy w nadziemnej części darni odmian *Festuca rubra* zamieszczono w tabeli 2. Największą zawartość ligniny stwierdzono u odmian Smirna – średnio 58,2 g/kg s.m. oraz Barcrown – 57,9 g/kg s.m., natomiast najmniej

TABELA 1. Masa nadziemnej części darni u odmian *Festuca rubra* [g s.m./1000 cm²]
TABLE 1. Weight of over ground part of turf of *Festuca rubra* cultivars [g DM/1000 cm²]

Odmiana Cultivar	Poziom nawożenia/Fertilization level		Średnia Mean	W liczbach względnych In relative number
	I	II		
Leo (PL)	99,3	120,1	109,7	100,0
Areta (PL)	109,4	121,0	115,2	105,0
Nimba (PL)	133,0	164,4	148,7	135,6
Adio (PL)	112,1	136,3	124,2	113,2
Reda (PL)	70,4	101,2	85,8	78,2
Barma (PL)	105,7	123,8	114,8	104,6
Atra (PL)	102,2	109,0	105,6	96,3
Engina (NL)	28,1	37,0	32,6	29,7
Barskol (NL)	70,0	98,0	52,5	47,9
Bargreen (NL)	56,2	76,2	66,2	60,3
Bargena (NL)	130,8	159,3	145,1	132,3
Barcrown (NL)	91,1	102,1	96,6	88,1
Barnica (NL)	116,3	134,7	125,5	114,4
Pinic (DK)	63,8	87,5	75,7	69,0
Cecilia (DK)	74,6	79,1	76,9	70,1
Aniset (DK)	60,2	88,0	74,1	67,5
Smirna (DK)	112,0	131,1	121,6	110,8
Napoli (DK)	95,0	102,2	98,6	89,9
Wilma (SE)	53,1	78,0	65,6	59,8
Lovisa (SE)	60,5	98,0	79,3	72,3
Mean	87,2	107,4	–	–

NIR_{0,05} dla odmian – 5,66; dla nawożenia – 2,59; dla interakcji – 8,16.

LSD_{0,05} for cultivars – 5,66; for fertilization – 2,59; for interaction – 8,16.

u odmian Napoli – średnio 24,4 g/kg s.m. i Bargena – 28,7 g/kg s.m. Reakcja odmian *Festuca rubra* w zakresie odkładania tego elementu składu chemicznego w dolnych częściach pędów nadziemnych na wzrost nawożenia mineralnego była zróżnicowana. U większości odmian, w warunkach zwiększonych dawek NPK, notowano wzrost zawartości ligniny, a jedynie u Arety, Nimby i Barskol stwierdzono mniejszą ich koncentrację. Średnio dla odmian stwierdzono większą o 4,5% zawartość ligniny w warunkach zwiększonego nawożenia mineralnego.

Zawartość celulozy w nadziemnej części darni kształtowała się u odmian *Festuca rubra* w granicach od 250,5 do 284,4 g/kg s.m. Największą koncentracją tego składnika odznaczała się Smirna, Napoli i Leo, a najmniejszą – Areta i Cecilia. Wzrost nawożenia mineralnego wywoływał u badanych odmian zróżnicowaną reakcję w zawartości celulozy w biomasie nadziemnej części darni. W odniesieniu do średniej odmiany gromadziły więcej celulozy w warunkach zwiększonej dawki NPK o 1,3%.

TABELA 2. Zawartość ligniny i celulozy w nadziemnej części darni u odmian *Festuca rubra* (g/kg s.m.)
TABLE 2. Content of lignins and cellulose in over ground part of turf of *Festuca rubra* cultivars (g/kg DM)

Odmiana Cultivar	Ligniny – Lignins			Celuloza – Cellulose		
	Poziom nawożenia Fertilization level		Średnia Mean	Poziom nawożenia Fertilization level		Średnia Mean
	I	II		I	II	
Leo	36,4	38,2	37,3	267,4	290,8	279,1
Areta	44,1	42,5	43,3	250,9	250,0	250,5
Nimba	48,6	47,2	47,9	251,4	260,4	255,9
Adio	49,6	56,8	53,2	261,3	259,1	260,2
Reda	38,2	40,2	39,2	265,4	275,6	270,5
Barma	44,5	46,5	45,5	270,8	276,2	273,5
Atra	43,6	47,2	45,4	279,0	273,8	276,4
Engina	38,7	44,5	41,6	277,9	275,3	276,6
Barskol	49,6	46,4	48,0	251,2	252,8	252,0
Bargreen	40,2	46,2	43,2	263,8	268,2	266,0
Bargena	28,9	28,5	28,7	272,8	275,2	274,0
Barerown	55,7	60,1	57,9	265,4	268,2	266,8
Barnica	37,6	40,0	38,8	277,9	275,3	276,6
Pinic	50,8	53,4	52,1	276,1	276,9	276,5
Cecilia	38,2	38,4	38,3	250,3	257,3	253,8
Aniset	47,0	47,8	47,4	260,3	258,9	259,6
Smirna	55,6	60,8	58,2	280,5	289,1	284,8
Napoli	23,8	24,0	23,9	284,3	281,7	283,0
Wilma	42,1	43,9	43,0	255,7	257,5	256,6
Lovisa	38,3	38,3	38,3	261,9	271,7	266,8
Mean	42,6	44,5	–	266,2	269,7	–

Ligniny: $NIR_{0,05}$ dla odmian – 1,29; dla nawożenia – 1,23; dla interakcji – 2,12.

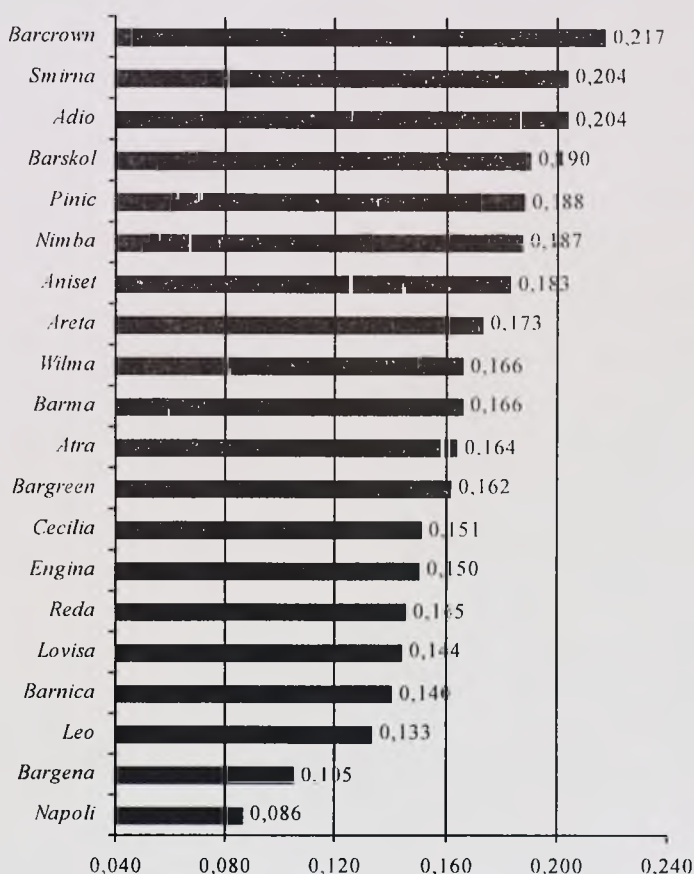
Lignins: $LSD_{0,05}$ for cultivars – 1,29; for fertilization – 1,23; for interaction – 2,12.

Celuloza: $NIR_{0,05}$ dla odmian – 2,95; dla nawożenia – 1,54; dla interakcji – 4,31.

Cellulose: $LSD_{0,05}$ for cultivars – 2,95; for fertilization – 1,54; for interaction – 4,31.

Odnosząc wyniki zawartości ligniny do koncentracji celulozy, uzyskano wskaźnik L/C, informujący o predyspozycjach poszczególnych odmian *Festuca rubra* do odkładania filcu (rys.1). Największy wskaźnik L/C stwierdzono u odmiany Barcrown – średnio 0,217, natomiast najmniejszy u Napoli – średnio 0,086. Przyjmując poziom 0,2 sto-

sunku L/C jako próg świadczący o dużym udziale nie rozkładanych lignin wobec celulozy, która łatwo poddaje się biochemicznym procesom rozkładu, można stwierdzić, że odmiany Barcrown, Adio i Smirna należą do grupy kreacji hodowlanych o największych możliwościach odkładania filcu na trawnikach.



RYSUNEK 1. Wskaźnik L/C w nadziemnej części darni u odmian *Festuca rubra*
 FIGURE 1. L/C indicator in over ground part of turf of *Festuca rubra* cultivars

Podsumowanie i wnioski

W świetle uzyskanych wyników stwierdzono, że odmiany hodowlane *Festuca rubra* wykazują w pierwszym roku pełnego użytkowania znaczne zróżnicowanie masy nadziemnej części darni oraz jej składu chemicznego w odniesieniu do ligniny i celulozy. Najwyższy wskaźnik L/C, świadczący o predyspozycjach kosterzawy czerwonej do szybszego odkładania filcu, odnotowano u odmian Barcrown, Adio i Smirna. Intensywniejsze nawożenie mineralne powodowało zwiększenie zawartości ligniny oraz wskaźnika L/C u badanych odmian *Festuca rubra*.

Literatura

- COOK T. 1999: Filc w trawach darniowych. Materiały Seminarium dla Greenkeeperów, Zielony Horyzont Sp. z o.o., Międzyzdroje.
- DOMAŃSKI P. 1998: Metodyka badania wartości gospodarczej odmian roślin uprawnych. 1.4. Trawy darniowe. Wydaw. COBORU, Słupia Wielka.
- ELANDT R. 1964: Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczego. PWN, Warszawa.
- FILIPEK J. 1968: Problem racjonalnej wyceny plonów w doświadczeniach łąkarskich. *Postępy Nauk Rolniczych* 1: 109–120.
- RUTKOWSKA B., HEMPEL A. 1986: Trawniki. PWRiL, Warszawa.
- van SOEST P.J., WINE R.H. 1968: Determination of lignin and cellulose in acid detergent fibre with permanganate. *Journal AOAC* 51, 4: 780–785.

Summary

Predisposition of *Festuca rubra* to deposit mat on lawns The objective of the research project was to determine the predisposition of *Festuca rubra* cultivars to deposit mat on lawns in their first year after establishment. In a field experiment of randomised blocks (blocks of 1 m² in three replications) carried out in the Brody Experimental Station, twenty cultivars of Red Fescue fertilised with the following two levels of NPK fertilisation (kg/ha): I – 60 : 20 : 40 and II – 120 : 40 : 80 were investigated. In order to evaluate the over ground part of turf in its 0–5 cm layer, its weight was determined. Later, this plant material was used to perform chemical analyses with the aim to determine lignin and cellulose concentrations and to calculate the ratio of these two compounds (L/C). The obtained results allowed to conclude in the first year of utilisation, the examined cultivars of *Festuca rubra* exhibited considerable variability of the weight of turf over ground part and its chemical composition with regard to lignin and cellulose. The highest L/C ratio indicating the tendency of Red Fescue to deposit plant mat faster was observed in Barcrown, Adio and Smirna cultivars. Intensive mineral fertilisation resulted in the increase of lignin concentration and L/C ratio in the examined cultivars of *Festuca rubra*.

Authors' address:

Barbara Golińska, Piotr Goliński
Department of Grassland Sciences
Agricultural University of Poznań
ul. Wojska Polskiego 38/42
60-637 Poznań
Polska

Bogumiła PAWLUŚKIEWICZ¹, Jan ZASTAWNY²

¹Katedra Kształtowania Środowiska SGGW

Department of Environmental Management WAU

²Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach

Institute for Land Reclamation and Grassland Farming at Falenty

Ocena przydatności metod renowacji powierzchni trawiastych na terenach parkowo-rekreacyjnych o zróżnicowanym stopniu zacienienia

Assessment of usefulness of grass surfaces renovation methods on the recreation areas at different rate of shadow

Wprowadzenie

Powierzchnie trawiaste są nierozzerwalnym elementem terenów parkowo-rekreacyjnych. Podkreślana jest ich rola ekologiczna, estetyczna i społeczna (Czerwieniec i Lewińska 1996). Niestety obecny stan powierzchni trawiastych nie jest w pełni zadowalający i wymaga gruntownej poprawy (Wysocki 1994). Najczęściej jako przyczynę złego stanu trawników podaje się zróżnicowane warunki siedliskowe oraz brak właściwej pielęgnacji.

Celem badań był dobór odpowiednich metod i mieszanek do renowacji powierzchni trawiastych w warunkach zróżnicowanego zacienienia.

Materiał i metoda

Badania przeprowadzono na terenie Pola Ekologicznego Katedry Kształtowania Środowiska w Warszawie w

latach 2000–2001. Do badań wybrano powierzchnię trawiastą, zlokalizowaną w pobliżu gęstego żywopłotu utworzonego z *Prunus cerasifera* oraz dużego drzewa (*Salix alba*). Doświadczenie położone było na glebie średniozwięzłej utworzonej z pyłu gliniastego na pyle piaszczystym (tab. 1a). Na powierzchni badawczej wyróżniono cztery siedliska, ze szczególnym uwzględnieniem warunków świetlnych. Siedliska I i II zlokalizowano po wschodniej stronie żywopłotu w miejscu bardziej wilgotnym i zacienionym – odpowiednio bliżej i dalej od wierzby. Natomiast siedliska III i IV po zachodniej stronie w miejscu suchszym i bardziej nasłonecznionym – odpowiednio dalej i bliżej od wierzby.

Warunki świetlne (tab. 1b) określono na podstawie pomiarów promieniotęczy całkowitego za pomocą termostosu w dni słoneczne i albedomierza w dni pochmurne. W poszczególnych siedliskach wykonywano 10-minutowe

TABELA 1. Warunki siedliskowe powierzchni badawczej

TABLE 1. Site conditions of the experimental area

a. Skład granulometryczny i wybrane właściwości chemiczne gleby

a. Soil size fractions and soil chemical properties

Poziom Level	Części ziemiste Fine frac- tions [%]	Procentowy udział frakcji [mm] Frequency factor fraction [mm]		pH w KCl pH in KCl	Substancje Organiczne Organic matter [%]	Zawartość/ Contents [mg/dm ³]			
		1-0,05	0,05- -0,002			P	K	Ca	Mg
0-25 cm	100	44	56	5,4	2,2	19	14	360	34
> 25 cm	100	71	29	5,6	1,1	8	21	300	43

b. Natężenie promieniowania całkowitego w siedliskach [W/m²]b. Radiation intensity in sites [W/m²]

Dni Days	Siedlisko I Site I	Siedlisko II Site II	Siedlisko III Site III	Siedlisko IV Site IV
Słoneczne Sunny	301,20	384,14	622,43	329,12
Pochmurne Gloomy	252,26	252,63	266,64	266,10

serie pomiarów, a następnie wyliczono promieniowanie na podstawie następujących wzorów: $T = 245 + 4,21 \times n$ dla termostosu i $T = 245 + 4,21 \times n \times 0,129$ dla albedomierza.

W badaniach uwzględniono dwie metody renowacji: podsiew – A i pełną uprawę – B. Technikę wykonywania zabiegów przeprowadzono zgodnie z zaleceniami Rutkowskiej i Pawluśkiewicza (1996). Do renowacji wykorzystano dwie mieszanki traw gazonowych: zagraniczną firmy Barenburg (M₁) oraz polską firmy „Najlepsze trawy z Hławy” (M₂), o następujących składach:

- M₁: *Lolium perenne* (Barcredo 20%, Stadion 15%), *Poa pratensis* (Baron 20%), *Festuca rubra* (Bargena 15%, Bargrown 25%), *Agrostis vulgaris* (Highland 5%),

- M₂: *Lolium perenne* (Nadmorski 60%), *Poa pratensis* (Balin 10%), *Festuca rubra* (Areta 25%), *Agrostis vulgaris* (Highland 5%).

Doświadczenie prowadzono w układzie losowanych bloków, w trzech powtórzeniach dla każdej z kombinacji. Powierzchnia poletek wynosiła 2 m². Renowację przeprowadzono w terminie letnim po uprzednim wykonaniu zabiegów adaptacyjnych. Nasiona wysiano, przyjmując normę 1 kg na 50 m², a następnie przykryto cienką warstwą torfu odkwaszonego.

Warunki pogodowe, tj. średnia temperatura powietrza (12,2°C) oraz suma opadów (65,9 mm) w pierwszym miesiącu po wysiewie (dane ze stacji meteorologicznej SGGW) sprzyjały wschodom i początkowemu rozwojowi i wzrostowi traw.

TABELA 2. Skale ocen badanych parametrów (Prończuk 1993)
TABLE 2. Assessment scales of the investigated parameters (Prończuk 1993)

Wschody Seedlings [plant/cm ²]	Rozwój traw Grass growth	Zadarnienie [% pokrycia pow. liśćmi] Truf [coverage by leaves %]	Przezimowanie [udział roślin żywozielonych] Overwintering [share of green-alive plants]
1° – 0 3° – 0,5 5° – 1 7° – 3 9° – 5	1 – 1 liść /1 leaf 2 – 2–3 liście / 2–3 leaves 3 – 1 pęd boczny / 1 side- stem 4 – 3–5 pędy boczne /3–5 side-stems	1° – złe/bad. 0% 3° – słabe/poor. 20% 5° – dostateczne /satisfactory, 60% 7° – dobre/good, 60% 9° – b. dobre/very good, 100%	1° – złe/bad 3° – słabe/poor. 20% 5° – średnie /satisfactory, 20% 7° – dobre./good, 60–80% 9° – b. dobre./very good, 80–100%

Zakres badań obejmował ocenę stanu powierzchni trawiastych przed i po przeprowadzeniu zabiegów renowacyjnych. Przed renowacją oceniono skalę i rodzaj uszkodzeń runi oraz jej skład florystyczny. Stan powierzchni po zabiegach w roku siewu określono na podstawie przebiegu ukazywania się wschodów, rozwoju i wzrostu traw oraz tempa zadarniania. Wiosną następnego roku oceniano: przezimowanie, zadarnienie, wysokości runi oraz skład florystyczny pierwszego pokosu (tab. 2).

W składzie florystycznym runi wykonanym na podstawie analizy botaniczno-wagowej wyróżniono następujące grupy roślin: 1) trawy pożądane, 2) trawy inne, 3) roślinność dwuliścienną. Pod pojęciem „trawy pożądane” rozumiano gatunki, które są uznawane jako podstawowe wśród traw gazonowych, tj. *Lolium perenne*, *Poa pratensis* i *Festuca rubra* (Prończuk 1994).

Wyniki

Przeprowadzone badania renowacji zniszczonych powierzchni trawiastych pozwoliły na stwierdzenie, że istnieją pewne zależności między warunkami

siedliskowymi, metodą renowacji a efektem renowacji w pierwszym roku po zabiegu. Natomiast nie stwierdzono znaczących różnic między powierzchniami obsianymi mieszanką polską a zagraniczną. Z tego też względu niektóre wyniki badanych parametrów przedstawiono na podstawie wartości średnich.

Stan powierzchni trawiastych przed renowacją

Wstępna, wizualna ocena powierzchni trawiastych wskazała na nieestetyczny i mało przydatny do celów rekreacyjnych stan zadarnień. Stwierdzono małe zadarnianie, nie wyrównaną ruń, duży udział w pokryciu mchów oraz znaczne zachwaszczenie powierzchni. Stopień pokrycia powierzchni liśćmi kształtował się średnio na poziomie 46% (4,2°) i uzależniony był w pewnym zakresie od warunków siedliskowych (tab. 4). W siedliskach o najmniejszym natężeniu promieniowania, położonych bliżej drzewa (I i IV) zadarnianie nie przekraczało odpowiednio 40 i 47%. Natomiast w siedliskach dalej od wierzby (II i III) wynosiło średnio 53%.

TABELA 3. Początkowy rozwój i wzrost traw w mieszankach w zależności od metody renowacji i warunków siedliskowych
TABLE 3. Starting growth and development of grasses in mixtures in dependence to renovation method and site conditions

Siedlisko/Site	I				II				III				IV			
Metoda/Method	A		B		A		B		A		B		A		B	
Mieszanka/Mixture	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂
Wschody (skala 9– stopniowa)/Seedlings (nine points scale)																
13 IX	4,0	4,5	2,5	2,5	5,0	5,0	3,7	4,0	5,7	6,7	6,7	6,7	5,0	4,5	5,0	5,0
26 IX	4,5	5,5	4,0	5,0	6,7	6,7	4,3	4,0	6,0	6,7	6,7	6,7	5,0	6,0	5,5	5,5
10 X	5,0	6,0	4,5	5,5	7,0	7,0	5,0	4,7	6,0	6,7	5,0	6,0	5,0	6,0	6,0	5,5
24 X	5,0	6,0	6,0	6,5	7,3	7,0	6,3	5,7	6,0	6,7	6,7	6,7	5,5	6,0	6,0	6,0
Średnia/Mean	5,1		4,2		6,5		4,7		6,3		6,7		5,4		5,6	
NIR _{0,05} –LSD _{0,05} – 1,0																
Średnia/Mean	4,8				5,6				6,5				5,5			
NIR _{0,05} –LSD _{0,05} –0,6																
Rozwój/Development [faza/phase]																
13 IX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26 IX	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2
10 X	2	2	2	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2
24 X	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3
Wysokość/Height [mm]																
13 IX	40	40	25	25	50	60	40	40	40	43	43	40	45	45	45	45
26 IX	50	55	50	70	73	70	70	57	50	57	60	60	60	60	50	50
10 X	50	55	65	60	70	73	77	67	60	60	67	67	60	65	55	55
24 X	55	60	80	70	77	80	87	73	67	70	70	77	70	70	75	65

W runi stwierdzono występowanie od 17 do 28 gatunków roślin. Szczególnie dużą liczbą gatunków odznaczało się siedlisko o największym nasłonecznieniu (III). Udział procentowy poszczególnych grup roślin w runi przedstawiono na rysunku 1. Najgorzej pod względem przydatności runi do użytkowania rekreacyjnego prezentowały się siedliska zlokalizowane najbliżej wierzby, tj. siedliska I i IV. Udział „traw pożądanych” wynosił tu odpowiednio 36,4 i 48,2%, podczas gdy w siedliskach II i III kształtował się na poziomie 65–75%. Po wschodniej stronie żywopłotu duży udział w runi zajmowała grupa „traw innych”, a po zachodniej także roślinność dwuliścienna.

Stan powierzchni trawiastych po renowacji

Początkowy rozwój i wzrost roślin. Na początkowy rozwój traw miały wpływ zarówno warunki siedliskowe, jak i metoda renowacji odnawianych powierzchni. O wschodach decydowały przede wszystkim warunki świetlne, natomiast o dalszym rozwoju traw metoda renowacji.

Liczba roślin na 1 cm² powierzchni po blisko 2 miesiącach od wysiewu kształtowała się na poziomie od 1 do 3 (tab. 3). Na szybkość ukazywania się siewek miała wpływ wielkość dochodzącego do siedlisk promieniowania. W warunkach większego nasłonecznienia wschody traw były lepsze. Zarówno po wschodniej, jak i po zachodniej stronie żywopłotu najlepiej wypadły siedliska położone dalej od wierzby. Stwierdzo-

no również, iż po wschodniej stronie trawy w metodzie podsiewu wschodziły lepiej, a po zachodniej gorzej niż w metodzie pełnej uprawy. W siedlisku II różnice te były istotne statystycznie.

O przebiegu procesu krzewienia decydowała metoda renowacji. W metodzie podsiewu trawy krzewiły się wolniej (tab. 3 b). W siedliskach położonych w większej odległości od o wierzby po 8 tygodniach od wysiewu trawy zaczynały się krzewić, podczas gdy w pełnej uprawie obserwowano już 3–5 pędy boczne. W siedliskach o mniejszym natężeniu promieniowania rozwój traw w podsiewie stwierdzono tylko w początkowej fazie rozwoju, tj. w okresie wytwarzania pierwszych liści.

Przebieg wzrostu roślin kształtował się adekwatnie do szybkości ukazywania się wschodów i dalszego rozwoju traw po zasiewie. Początkowo trawy, zwłaszcza w siedliskach po wschodniej stronie żywopłotu wysiane w metodzie podsiewu, były wyższe niż w pełnej uprawie. Po 2 tygodniach od wysiewu wysokość roślin wynosiła tu średnio 45 mm, podczas gdy w pełnej uprawie 30 mm. W kolejnych tygodniach w metodzie pełnej uprawy trawy rosły szybciej. W rezultacie po 2 miesiącach od wysiewu roślinność była tu wyższa średnio o 10 mm.

O tempie wzrostu traw decydował w pewnym zakresie również rodzaj zastosowanej mieszanki (tab. 3). W metodzie pełnej uprawy w siedliskach I i II trawy w mieszance I rosły znacznie szybciej niż w mieszance II, natomiast przy podsiewie nieco wolniej.

Tempo zadarniania. Po przeprowadzeniu renowacji stwierdzono, że o

efekcie renowacji wyrażonej szybkością zadarniania powierzchni decydowała zarówno metoda renowacji, jak i warunki siedliskowe (tab. 4).

Jesienią, w roku wykonywania zabiegów, na wszystkich powierzchniach zadarnienie było wyraźnie lepsze niż przed renowacją. W metodzie podsiewu pokrycie wynosiło od 61 do 79%. W siedliskach położonych dalej od wierzby było nieco większe (powyżej 74%), a w siedliskach położonych bliżej drzewa mniejsze i nie przekroczyło 64%. W porównaniu ze stanem sprzed renowacji uzyskano wzrost zadarnienia o 40–73%. Najlepsze efekty otrzymano w siedlisku I, natomiast w pozostałych siedliskach w granicach 40–42%. W metodzie pełnej uprawy pokrycie było nieco gorsze niż przy podsiewie. W siedliskach o większym natężeniu kształtowało się na poziomie 67–70%, a w pozostałych na poziomie 58–61%. Największy wzrost (58%) zadarnienia, podobnie jak w podsiewie, uzyskano w siedlisku I. Stosunkowo dobry efekt uzyskano również w siedlisku IV – wzrost zadarnienia o 41%. W pozostałych siedliskach efekt renowacji był mniejszy. W siedlisku II nastąpiła popra-

wa zadarnienia o 25%, a w siedlisku III o 34%.

Wiosną następnego roku badań stan zadarnień uległ znacznym zmianom. W stosunku do okresu jesiennego w siedliskach po zachodniej stronie żywopłotu obserwowano gorsze, a po wschodniej lepsze zadarnienie. Szczególnie słabe zadarnienie uzyskano po zachodniej stronie na powierzchniach odnawianych metodą podsiewu. W siedlisku o największym natężeniu promieniowania stwierdzono nawet 2,5 razy gorsze zadarnienie. Najprawdopodobniej decydowało o tym słabe przezimowanie roślin (tab. 5). W siedliskach po wschodniej stronie żywopłotu w okresie wiosennym obserwowano poprawę zadarniania. W metodzie pełnej uprawy była ona większa niż w podsiewie. W siedlisku I pokrycie wynosiło 80%, a w siedlisku II – 92%. W stosunku do okresu jesiennego wzrost zadarnienia kształtował się tu na poziomie 38%, podczas gdy w podsiewie 6–9%, w rezultacie czego pokrycie wynosiło 69% w siedlisku I i 79% w siedlisku II.

TABELA 4. Zadarnienie powierzchni trawiastych w siedliskach przed i po renowacji (A – podsiew, B – pełna uprawa) (skala 9-stopniowa)

TABLE 4. Turf of grass surfaces in sites before and after renovation (A – interseeding, B – full cultivation) (nine points' scale)

Siedlisko Site	Przed renowacją Before renovation	Okres wegetacji Vegetation period	Metoda renowacji/Renovation method	
			A	B
I	3,3	jesień/fall	5,7	5,2
		wiosna/spring	6,2	7,2
II	4,8	jesień/fall	6,7	6,0
		wiosna/spring	7,1	8,3
III	4,7	jesień/fall	6,7	6,3
		wiosna/spring	2,7	5,1
IV	3,9	jesień/fall	5,5	5,5
		wiosna/spring	3,0	5,2

TABELA 5. Przechimowanie roślin w zależności od warunków siedliskowych i metody renowacji (A – podsiew, B – pełna uprawa) w skali 9-stopniowej
TABLE 5. Overwintering of plants in dependence to site conditions and renovation method (A – interseeding, B – full cultivation) in nine points' scale

Data Date	Siedlisko Site							
	I		II		III		IV	
	Metoda/ Method							
	A	B	A	B	A	B	A	B
6 IV	5,5	7,0	5,0	7,0	4,0	6,0	3,5	6,5
12 IV	6,5	8,0	6,0	8,0	5,0	7,0	4,3	7,0
19 IV	7,5	8,3	7,0	9,0	5,0	7,2	5,3	8,0
25 IV	8,5	9,0	8,0	9,0	4,0	8,0	5,5	8,5

Skład florystyczny runi. Skład florystyczny runi zbiorowisk roślinnych po przeprowadzeniu renowacji zależał przede wszystkim od metody renowacji (rys. 1, tab. 6).

Na powierzchniach odnawianych metodą pełnej uprawy stwierdzono wyraźną poprawę charakterystyki runi, niezależnie od warunków siedliskowych. Udział „traw pożądanych” po przeprowadzeniu renowacji pełnej uprawy wynosił średnio 85,6%, pozostałych traw 4,2%, a roślin dwuliściennych 10,2%. Największy, ponaddwukrotny wzrost udziału „traw pożądanych” wykazano w siedliskach pod wierzbą. W siedliskach o większym nasłonecznieniu udział tej grupy roślin zwiększył się od 13 do 30%. W ramach grupy „traw pożądanych” największym wzrostem swego udziału odznaczała się w siedlisku o największym nasłonecznieniu *Lolium perenne*, natomiast o najmniejszym oprócz *Lolium perenne* również *Festuca rubra*.

W metodzie podsiewu poprawę składu botanicznego uzyskano jedynie w siedliskach o mniejszym nasłonecznieniu. W siedlisku I grupa „traw pożądanych” zwiększyła się z 36,4 do 55,7%, a w siedlisku IV z 48,2 do 64,2%.

O poprawie składu runi w siedliskach decydował głównie wzrost udziału *Lolium perenne*. Udział tej grupy roślin zwiększył się po renowacji kosztem zmniejszenia biomasy „traw innych”. Natomiast udział roślin dwuliściennych pozostawał na podobnym poziomie, a w siedlisku o największym nasłonecznieniu nawet o ponad 50% się zwiększył.

Podsumowanie

W pierwszym roku po renowacji powierzchni trawiastych na terenach parkowo-rekreacyjnych o uzyskanych efektach decydowały warunki świetlne oraz metoda renowacji.

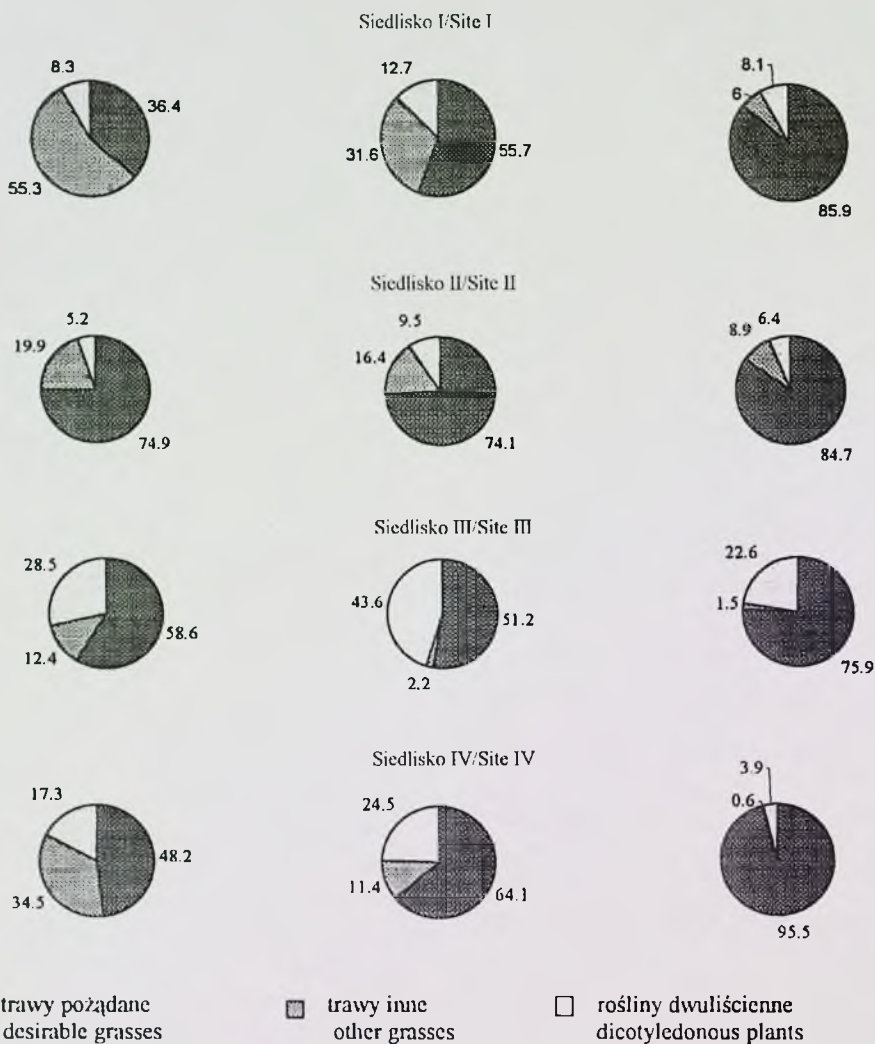
W siedliskach po wschodniej stronie żywopłotu (siedliska o mniejszym natężeniu promieniowania) uzyskano średnio 1,8 razy większe zadarnienie, podczas gdy po zachodniej stronie poprawę zadarnienia stwierdzono tylko w metodzie pełnej uprawy. Było ono jednak średnio o 38% gorsze.

Poprawa składu botanicznego runi zależała od bliskości drzewa. W warunkach większego zacielenia (siedliska pod wierzbą) uzyskano w runi wyraźnie większy udział „traw pożądanych”.

Przed renowacją/Before renovation

Podsiew/Interseeding

Pełna uprawa/Full cultivation



RYSUNEK 1. Skład botaniczny runi przed renowacją i po renowacji, w zależności od metody renowacji i warunków siedliskowych (%)
 FIGURE 1. Botanical composition of sward before and after renovation in dependence to renovation method and site conditions (%)

TABELA 6. Skład botaniczny runi przed renowacją (0) i po renowacji (A – podsiew, B – pełna uprawa) w siedliskach (%)
 TABLE 6. Botanical composition of sward before (0) and after renovation (A – interseeding, B – full cultivation) in sites (%)

Grupa Group	Gatunek – Species Metoda /Method	Siedlisko I Site I			Siedlisko II Site II			Siedlisko III Site III			Siedlisko IV Site IV		
		0	A	B	0	A	B	0	A	B	0	A	B
1	<i>Lolium perenne</i>	13,1	31,6	67,6	29,4	31,0	36,3	3,6	5,0	46,9	21,4	44,3	42,8
	<i>Poa pratensis</i>	21,0	20,3	–	14,7	13,3	1,2	13,4	9,1	0,5	7,0	4,6	0,7
	<i>Festuca rubra</i>	2,3	3,8	18,2	30,8	29,8	47,2	41,6	37,1	28,5	19,8	15,2	53,6
2	<i>Agrostis stolonifera</i>	4,4	2,1	–	5,7	1,4	0,6	–	–	–	0,4	0,4	–
	<i>Poa trivialis</i>	6,9	0,9	–	0,5	0,3	–	3,0	0,1	–	13,7	4,7	0,4
	<i>Poa annua</i>	3,2	–	–	–	–	–	0,5	–	–	–	–	–
	<i>Dactylis glomerata</i>	30,6	19,0	–	0,8	0,9	–	6,3	2,1	0,5	7,2	3,0	0,2
	<i>Elymus repens</i>	8,1	8,4	5,9	1,2	0,9	8,1	2,2	1,8	0,6	10,1	3,3	–
	<i>Arrhenatherum elatius</i>	–	–	–	10,5	11,1	–	–	–	–	–	–	–
	Inne – Others	2,1	1,2	0,1	1,2	1,8	0,2	0,4	–	0,4	3,1	–	–
3	<i>Taraxacum officinalis</i>	0,5	10,2	1,7	2,3	4,0	2,7	16,5	23,4	8,4	2,4	5,8	0,9
	<i>Glechoma hederacea</i>	4,0	1,9	5,0	1,8	3,3	1,8	0,8	2,3	2,3	–	–	–
	<i>Viola hirta</i>	3,3	–	–	–	–	–	4,2	7,4	–	7,7	16,5	3,0
	<i>Medicago sativa</i>	–	–	–	–	–	–	0,3	–	–	–	–	–
	<i>Plantago lanceolata</i>	–	–	–	–	–	–	1,8	0,7	1,3	–	–	–
	Inne – Others	0,5	0,6	1,4	1,1	2,2	1,9	4,3	9,8	10,6	6,5	2,2	–

W metodzie pełnej uprawy udział tej grupy roślin wzrósł ponaddwukrotnie, a w podsiewie o 53% w siedlisku I i o 33% w siedlisku IV. W siedliskach położonych dalej od wierzby poprawę składu runi uzyskano jedynie w metodzie pełnej uprawy. Udział „traw pożądanych” był jednak zaledwie średnio o 21% większy niż przed zabiegami renowacyjnymi.

Niezależnie od warunków siedliskowych lepsze rezultaty renowacji otrzymano, stosując metodę pełnej uprawy. Za wyjątkiem 4 pierwszych tygodni po zabiegu, rozwój i wzrost traw oraz tempo zadarniania w tej metodzie były szybsze niż w podsiewie. Stosując metodę pełnej uprawy, uzyskano poprawę zadarnienia średnio o 58% oraz poprawę składu botanicznego runi średnio o 69%.

Wnioski

1. W pierwszym roku po zasiewie, niezależnie od zastosowanej metody, lepsze efekty renowacji powierzchni trawiastych na terenach parkowo-rekreacyjnych uzyskano w warunkach większego zacienienia i uwilgotnienia.
2. Metoda renowacji miała decydujący wpływ na zadarnienie i skład florystyczny runi. Większą poprawę zadarnienia i składu florystycznego (wzrost udziału w runi „traw pożądanych”) uzyskano, stosując metodę pełnej uprawy.
3. Metoda posiewu stworzyła lepsze warunki wysianym trawom tylko w okresie kiełkowania i początkowego wzrostu.

4. Rodzaj zastosowanej mieszanki nie decydował o efekcie wykonanych zabiegów renowacyjnych zarówno warunkach zróżnicowanego natężenia promieniowania, jak i zastosowanej metody.

Literatura

- CZERWIENIEC M., LEWIŃSKA J. 1996: Zielen w mieście. Instytut Gospodarki Przemysłowej i Komunalnej, Warszawa.
- PRONCZUK S. 1993: Systemy ocen traw gazonowych. *Biul. IHAR* 186: 127–131.
- PRONCZUK S. 1994: Stan hodowli i nasienictwa traw gazonowych w Polsce. *Genetica Polonica* 35 A: 329–339.
- RUTKOWSKA B., PAWLUŚKIEWICZ M. 1996: Trawniki. poradnik zakładania i pielęgnacji. PWRiL, Warszawa.
- WYSOCKI C. 1994: Studia nad funkcjonowaniem trawników na obszarach zurbanizowanych (na przykładzie Warszawy). Rozprawa habilitacyjna. Wydaw. SGGW.

Summary

Assessment of usefulness of grass surfaces renovation methods on the recreation areas at different rate of shadow. Carried out studies of renovation of destroyed grass surfaces allowed on stating that there are certain interdependence between sun-lit conditions, renovation method and renovation effect in the first year after renovation measures. On the contrary, the significant differences among surfaces seeded with Polish and foreign mixtures have not been stated.

On sites on the eastern side of hedge (sites of the lowest radiation intensity) on the average 1,8 times bigger turfing was obtained, whereas on the western side the improvement was stated only for full cultivation method were obtained. Improvement of floristic composition was dependent from tree nearness. Higher share in sward

„desirable grass” in conditions of bigger shadow (sites under willow) was obtained. The share of that group of plants increased over two times for full cultivation method and for interseeding over 53% in site I and 33% in site IV. The improvement of sward composition in sites located more far away from willow was obtained only for full cultivation method. The share of „desirable grasses” was only on the average 21% higher than before renovation measures performance.

The better results of renovation were obtained with application full cultivation methods independently to site conditions.

The interseeding method created better conditions seeded grasses only in the period of germination and starting growth.

Authors' addresses:

Bogumiła Pawluśkiewicz

Department of Environmental Management

ul. Nowousynowska 166

02-787 Warsaw

Poland

Jan Zastawny

Institute for Land Reclamation and Grassland

Farming at Falenty

05-090 Raszyn

Poland

Tworzenie zadarnień wzmocnionych kratką Grass-Paver z wykorzystaniem polskich i zagranicznych odmian traw gazonowych

Establishment of soddings reinforced Grass-Paver grate based on Polish and foreign turfgrass species

Wprowadzenie

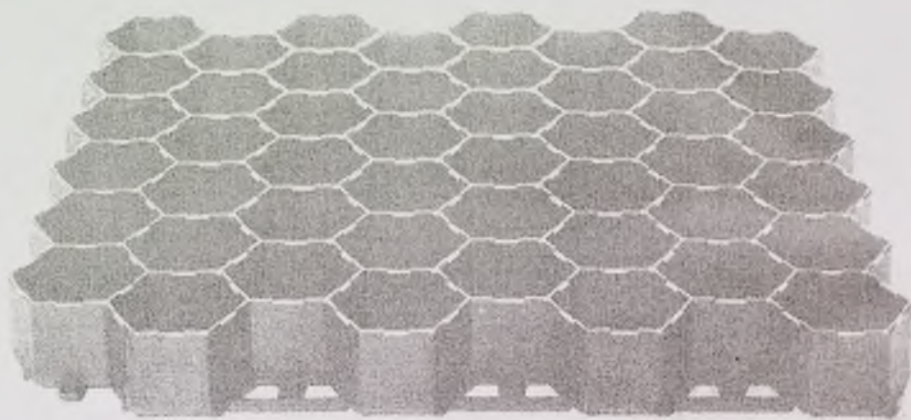
W obszarach aglomeracji miejskich wiele powierzchni trawiastych jest szczególnie narażonych na intensywne użytkowanie, a zwłaszcza ugniatanie i udeptywanie. Są to między innymi tereny rekreacyjne, sportowe oraz place zabaw. Do łagodzenia niepożądanych skutków związanych z użytkowaniem danego terenu w dużym stopniu przyczynia się sposób jego zagospodarowania. Kluczowym elementem, zwłaszcza terenów narażonych na duże obciążenia, jest odpowiedni dobór roślinności i technika tworzenia umocnień. Dużą rolę odgrywają w tym względzie trawy, gdyż ich system korzeniowy przez stabilizację cząstek glebowych utrwala i wzmacnia wierzchnią warstwę gleby. W ostatnim czasie w celu dodatkowego wzmocnienia nośności powierzchni trawiastych stosuje się elementy konstrukcyjne, tzw. zbrojenia.

Katedra Kształtowania Środowiska SGGW przeprowadziła badania dotyczą-

ce wzmocnienia zadarnień za pomocą kratki Grass-Paver, firmy Kettle – Plast Ltd Sp. z o.o., która pojawiła się niedawno na rynku polskim. Celem niniejszej pracy było określenie przebiegu wzrostu i rozwoju traw gazonowych wysianych w kratkach Grass-Paver.

Material i metoda

Badania przeprowadzono w latach 1998–1999 na terenie „pola ekologicznego” Katedry Kształtowania Środowiska w Warszawie. Do wzmocnień zadarnień trawiastych użyto kratki Grass-Paver, firmy Kettle – Plast Ltd. Sp. z o.o. Jest to element modułarny o wymiarach $0,404 \times 0,364 \times 0,037$ m, który składa się z 48 elementów sześciokątnych tworzących konstrukcję „plastra miodu” (rys. 1). Spinanie pojedynczych krutek, dzięki samoblokującym się krągowym zaczepom, pozwala kształtować dowolne powierzchnie. Aprobata



RYSUNEK 1. Kratka Grass-Paver
FIGURE 1. Grass-Paver grate

techniczna podaje, że konstrukcja ta zdolna jest do przenoszenia dużych powierzchniowych nacisków jednostkowych (ok. 2,05 MPa). Kratka wykonana jest metodą wtryskową z neutralnego dla środowiska tworzywa PE-HD lub PE dg, uzyskiwanego z procesu recyklingu według francuskiej licencji.

Zadarnienia tworzą z wykorzystaniem mieszanki polskich i zagranicznych odmian traw gazonowych. W sumie analizowano 3 mieszanki traw o następującym składzie:

- mieszanka I (M_1) – „Footballm”, firmy Barenbrug o składzie: *Lolium perenne* 60% (Talga 25%, Stadion 25%, Barrage 10%), *Poa pratensis* 20% (Baron), *Festuca rubra* 20% (Bargena),
- mieszanka II (M_2) – „Wimbledon”, firmy Kalnas Sp. z o.o. o składzie: *Lolium perenne* 55% (Inka 25%, Stadion 25%, Gazon 5%), *Poa pratensis* 25% (Gazon), *Festuca rubra* 20% (Echo),
- mieszanka III (M_3) – „Eko”, firmy Hodowla Roślin – Nieznanice Sp. z

o.o. o składzie: *Lolium perenne* 25% (Nira 10%, Niga 10%, Inka 5%), *Poa pratensis* 15% (Alicja 10%, Haga 5%), *Festuca rubra* 40% (Nimba 20%, Leo 20%), *Festuca ovina* 20% (Sima).

Badania prowadzono na trzech rodzajach podłoży o miąższości 10 cm, różniących się udziałem (w proporcjach objętościowych) poszczególnych komponentów:

- podłoże I (P_1) – piasek 80%, torf 5%, gleba rodzima 15%,
- podłoże II (P_2) – piasek 60%, torf 10%, gleba rodzima 30%,
- podłoże III (P_3) – piasek 40%, torf 15%, gleba rodzima 45%.

Glebę rodzimą stosowaną jako komponent podłoża oraz miejsce, na którym ułożono podłoże stanowił piasek gliniasty lekki.

Wczesną wiosną na przygotowane podłoże ułożono kratkę w ten sposób, iż cztery elementy połączone ze sobą stanowiły jedno powtórzenie (0,59 m²). Dla każdej kombinacji doświadczenia (3 mieszanki × 3 podłoża = 9) zastosowano

TABELA 1. Skale punktowe ocen wschodów, zadarnienia i wyglądu powierzchni trawiastych
TABLE 1. Grade scales of emergence, rooting evaluation and grass surface appearance (Prończuk 1993)

Wschody roślin Emergence plants [cm ²]	Zadarnienie/Rooting % pokrycia powierzchni liśćmi % of surface covered by leaves	Aspekt ogólny General aspect
1° – 0	1° – złe/bad – 0	1° – zły/bad
3° – 0,5	3° – słabe/poor – 20	2° – słaby/poor
5° – 1	5° – dostateczne/sufficient – 60	3° – dostateczny/sufficient
7° – 3	7° – dobre/good – 80	4° – dobry/good
9° – 5	9° – b. dobre/very good – 100	5° – b. dobry/very good

wano 3 powtórzenia. Kratę, zgodnie z zaleceniami producenta, wypełniono 3,5 cm mieszaniną gleby (piasek, torf, ziemia rodzima – 1:1:1). Nasiona traw wysiano 1 maja, przyjmując normę 1 kg na 50 m². W celu niedopuszczenia do wysychania wysianych nasion przykryto je cienką warstwą torfu (1–2 mm), a następnie agrowłókniną. W chwili ukazania się pierwszych wschodów agrowłókninę zdjęto.

W badaniach oceniano: wschody, rozwój i wzrost roślin po zasiewie, tempo zadarniania oraz stan powierzchni trawiastych w okresie wegetacji. Po zakończeniu wegetacji określono wielkość biomasy nadziemnej w warstwie 0–6 cm, liczbę pędów oraz zasięg głównej masy korzeniowej i jej wielkość.

Ocenę wschodów, zadarniania i stanu powierzchni przeprowadzano wizualnie, cyklicznie, co 7 dni, przy użyciu 9-stopniowej skali (tab. 1), przewidzianej dla tego typu badań (Prończuk 1993). W tych samych terminach wykonywano również obserwacje i pomiary początkowego rozwoju i wzrostu roślin.

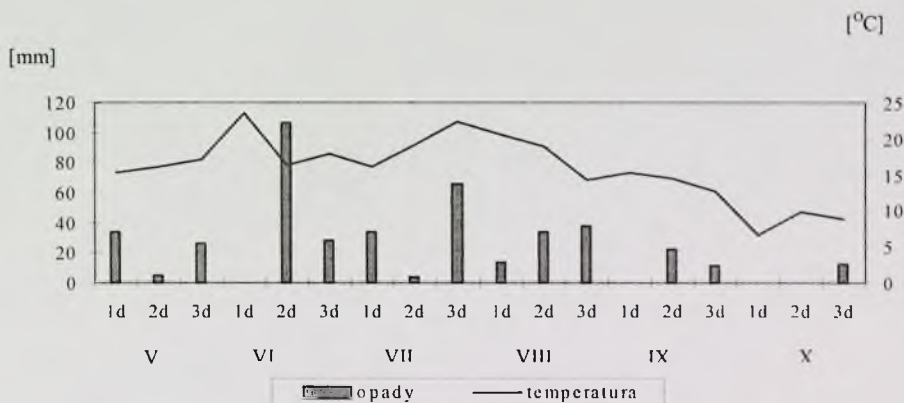
Biomasę, wyrażoną w gramach a.s.m., określono na podstawie losowo wybranych 8 sześciokątnych elemen-

tów jednej z krątek danego powtórzenia. Uzyskane wyniki uśredniono i odniesiono do powierzchni pojedynczej kratki (pow. 0,15 m²).

Wyniki opracowano statystycznie, wykorzystując analizę wariancji. Do porównania średnich zastosowano test T-studenta. Do oceny wschodów, wzrostu i zadarnienia wykorzystano pomiary ze wszystkich cyklicznych terminów obserwacji po zasiewie.

W okresie wschodów roślin systematycznie deszczowano obiekty badawcze, natomiast później tylko w okresach dłużej utrzymującej się suszy. Pierwsze i drugie koszenie zgodnie z zaleceniami (Rutkowska i Pawluśkiewicz 1996) wykonano w chwili osiągnięcia przez trawy wysokości 8–10 cm, kolejne – 6–8 cm. Koszono na wysokość 3 cm. W okresie wegetacji stosowano nawożenie azotem w dawce rocznej 2 kg/100 m² (Rutkowska i Pawluśkiewicz 1996).

Warunki pogodowe (rys. 2) w czasie tworzenia zadarnień na ogół sprzyjały rozwojowi i wzrostowi roślin. Jednak w okresie instalacji i zadarniania mniej równomierny rozkład opadów decydował o większych potrzebach deszczowania.



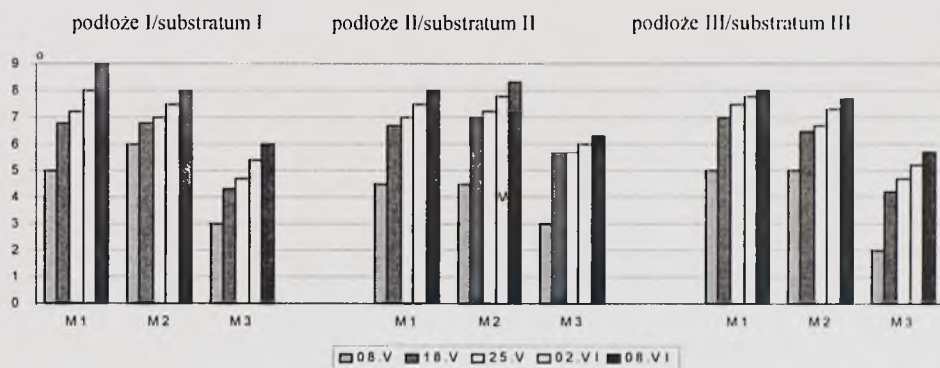
RYSUNEK 2. Warunki pogodowe w roku siewu
FIGURE 2. Weather conditions in seeding year

Wyniki

Systematyczne i wnikliwe obserwacje tworzenia zadamień wykazały, że brzegi konstrukcyjne wzmocnień nie powodowały gorszych warunków wzrostu i rozwoju traw. Niezależnie od zastosowanej mieszanki i podłoża, w stosunkowo krótkim czasie uzyskano wyrównany dywan na całej powierzchni kratki, a elementy konstrukcyjne nie były widoczne. W okresie badań nie stwierdzono również podsychania traw rosnących blisko krawędzi kratki.

Wschody. O wschodach traw w kratkach Grass-Paver decydował głównie rodzaj mieszanki (rys. 3, tab. 2). Najlepsze były w mieszance I (śr. 7,5°), dobre w mieszance II (śr. 7,1°), a dostateczne w mieszance III (śr. 5,3°).

W mieszankach I i II już w okresie pierwszych kilku dni od wysiewu nasion stwierdzono na powierzchni 1 cm² 1 roślinę. W kolejnych dniach liczba roślin pojawiających się na danej powierzchni szybko wzrastała, osiągając po miesiącu wartości największe



RYSUNEK 3. Wschody traw w mieszankach (M₁, M₂, M₃) w zależności od podłoża
FIGURE 3. Grass emergence in mixtures (M₁, M₂, M₃) in dependence to substratum

TABELA 2. Ocena wschodów, wzrostu i zadarnienia

TABLE 2. Estimation of emergence and rooting

Badana cecha Investigated feature	Mieszanka/Mixture				Podłoże/Substratum			
	M ₁	M ₂	M ₃	NIR _{0,05} - LSD _{0,05}	P ₁	P ₂	P ₃	NIR _{0,05} - LSD _{0,05}
Wschody/Emergence	7,51*	7,15*	5,30*	0,33	6,75	6,82	6,44	0,33
Wzrost/Growth	5,40	5,80	4,21*	0,44	5,21	5,45	4,75*	0,44
Zadarnienie/Rooting	8,05	7,95	5,99*	0,31	7,52	7,38	7,24	0,31

(4–5 roślin/cm²). W mieszance III stwierdzono znacznie mniejszą liczbę wschodzących roślin na powierzchni 1 cm² w tych samych jednostkach czasu co dla pozostałych mieszanek. Wolniejsze tempo wschodów traw w mieszance III należy tłumaczyć składem i udziałem procentowym komponentów, głównie mniejszym udziałem życicy trwałej.

Rodzaj podłoża w pewnym zakresie również decydował o tempie wschodów traw. Na podłożu z 40% udziałem piasku były istotnie najwolniejsze, a najszybsze z 60%.

W okresie wschodów pojawianie się gatunków obcych (jednorocznych chwastów dwuliściennych) było niewielkie i nie miały one wpływu na wygląd powierzchni trawiastych w późniejszym okresie wegetacji.

Rozwój i wzrost traw po zasiewie.

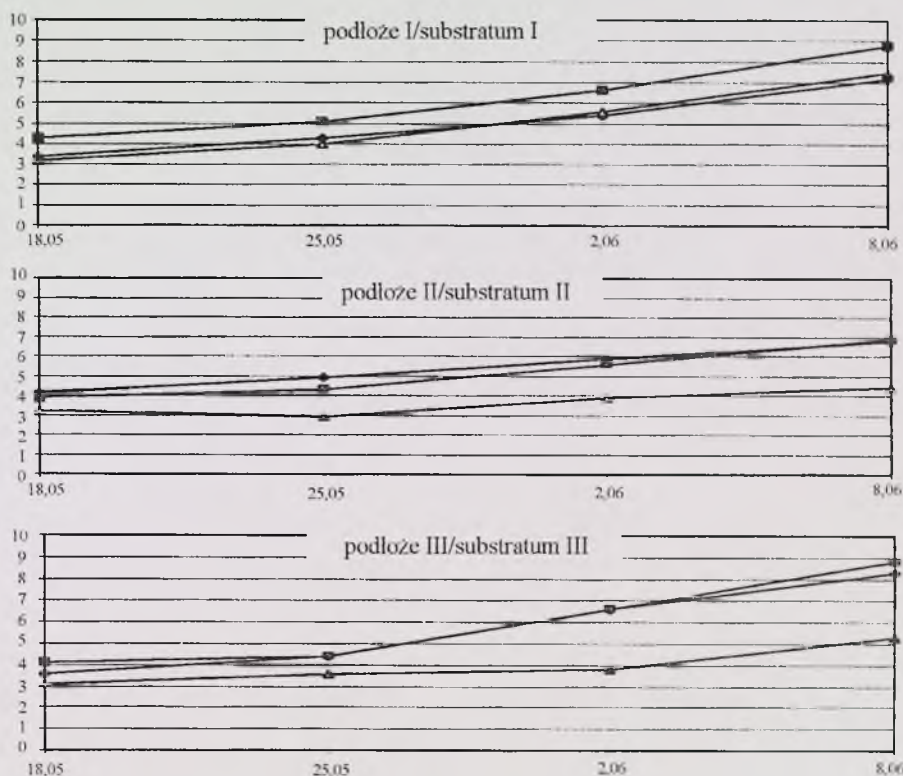
Przebieg początkowego rozwoju traw w mieszankach zależał od jego komponentów. Najszybciej rozwijającym się gatunkiem na wszystkich rodzajach podłoża była życica trwała. Po 18 dniach od wysiania nasion odnotowano występowanie dwóch, a po 25 dniach trzech liści. Początek krzewienia u od-

mian tego gatunku stwierdzono po 30, a pełnię krzewienia po 39 dniach po zasiewie. Wolniej rozwijającymi się trawami były odmiany kostrzewy czerwonej i wiechliny łąkowej. W chwili krzewienia życicy gatunki te miały 3 liście i nie wytwarzały pędów bocznych.

Tempo wzrostu traw w okresie do pierwszego koszenia również w większym stopniu zależało od rodzaju mieszanki niż podłoża (rys. 4, tab. 2). Najszybciej rosły rośliny w mieszance I i II, a najwolniej w mieszance III. Szczególnie dużą dysproporcją wzrostu u tych mieszanek stwierdzono na podłożu z najmniejszą ilością piasku (P₃). Po 5 tygodniach od wysiewu trawy w mieszance III były tu o blisko 40% niższe niż trawy w innych mieszankach.

Niezależnie od rodzaju mieszanki istotnie najwolniejsze tempo wzrostu roślin stwierdzono na podłożu III. Wysokość runi utworzonych z mieszanek I i II była tu blisko o 20%, a z mieszanki III o 25% niższa niż na innych podłożach.

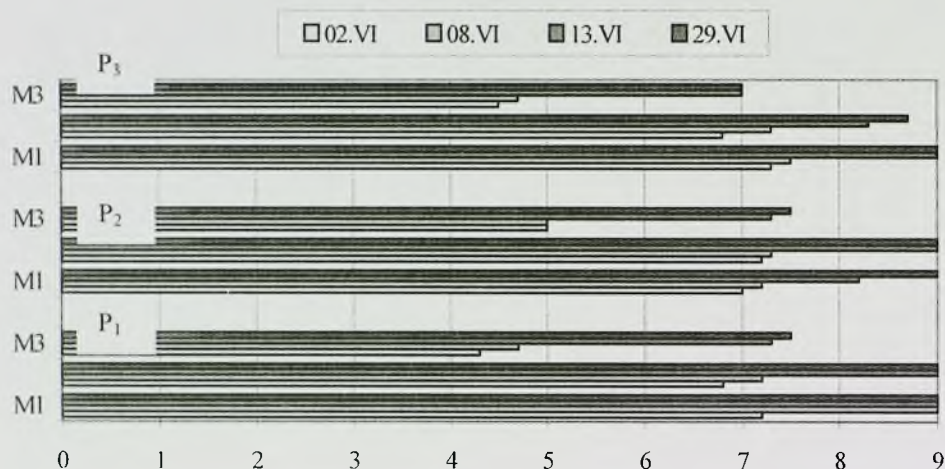
cm



RYSUNEK 4. Wzrost traw w mieszankach (♦ – M₁, ■ – M₂, ▲ – M₃) na badanych podłożach pierwszym okresie po zasiewie
 FIGURE 4. Grass growth in mixtures (M₁ ♦, M₂ ■, M₃ ▲) on investigated substratum in the first period after seeding

Tempo zadarniania. Tempo zadarniania powierzchni wiązało się z tempem rozwoju traw po zasiewie. Mieszanki z dużym udziałem odmian życicy trwałej (M₁, M₂) charakteryzowały się bardzo szybkim zadarnianiem, a istotnych różnic między nimi nie stwierdzono (rys. 5, tab. 2). Już po miesiącu od wysiewu nasion pokrycie powierzchni liśćmi wynosiło 80% i w kolejnych dniach wzrastało. Po dwóch miesiącach od wysiewu nasion zadarnianie okre-

ślono jako bardzo dobre. Powierzchnia w stu procentach zakryta była przez rośliny i stanowiła zwarty, wyrównany, idealny dywan. Sześciokątne, plastikowe elementy kratki były niewidoczne. Najszybciej, tj. miesiąc od ukazania się wschodów, pełne zadarnienie u tych mieszanek uzyskano na podłożu z największym udziałem piasku (P₁). Na pozostałych podłożach proces ten przebiegał nieco wolniej.



RYSUNEK 5. Zadarnianie powierzchni w kratkach Grass-Paver, w zależności od mieszanki (M₁, M₂, M₃) i rodzaju podłoża

FIGURE 5. Surface coverage in grates Grass-Paver in dependence to mixture (M₁, M₂, M₃) and kind of substratum P₁, P₂, P₃)

W mieszance III tempo zadarniania na wszystkich podłożach było znacznie wolniejsze niż w mieszance I i II. Po 5 tygodniach od wysiewu nasion pokrycie wynosiło zaledwie 60%, a po 8 w granicach 80%. Średnie dla badanego okresu wskazują, że różnice tempa zadarniania między mieszanką III a pozostałymi były istotne; dla M₃ średnia wynosiła 5,59°, podczas gdy dla mieszanki pierwszej 8,05°, a drugiej 7,95°.

Stan powierzchni trawiastych. Na ocenę stanu powierzchni trawiastych w okresie wegetacji, wyrażoną skalą aspektu ogólnego, decydował stopień zadarnienia powierzchni oraz udział roślin żywozielonych.

W miarę rozwoju wegetacji utworzone zadarnienia nie ulegały pogorszeniu, a nawet ich stan poprawiał się. Niezależnie od rodzaju mieszanki i podłoża powierzchnie trawiaste stanowiły

zwarte, wyrównane dywany, bez prześwitów ziemi i elementów konstrukcji kratek. Wszystkie powierzchnie trawiaste wyglądały bardzo ładnie. Soczysta zieleń bujnie rosnących traw utrzymywała się od wiosny do późnej jesieni. Jednie w okresach dłużej utrzymujących się letnich suszy wygląd trawników tracił nieco na atrakcyjności, zwłaszcza na podłożach z dużą ilością piasku. Udział roślin żywozielonych w tym czasie na podłożach I i II wynosił 60–80%. Niemniej podsychające trawy były równomiernie rozmieszczone na powierzchni kratek i nie wykazywały tendencji zamierania przy ściankach sześciokątnych elementów ich konstrukcji. Na podłożu z większą zawartością torfu wszystkie mieszanki prezentowały lepszą kondycję w okresie suszy.

Biomasa nadziemna. W roku siewu wielkość uzyskanej biomasy nadziemnej kształtowała się w granicach od 13,9 do 26,9 g/0,15 m², a liczba pędów na tej powierzchni wynosiła 1392–2592 (tab. 3). Decydował o tym zarówno rodzaj mieszanki, jak i podłoża.

Niezależnie od rodzaju podłoża trawy mieszanki II charakteryzowały się istotnie najmniejszą biomasa nadziemną i zwartością runi. Średnio biomasa ważyła 16,8 g/0,15 m² i była o 22% mniejsza od mieszanki I i o 26% od mieszanki III. Szczególnie duże różnice w biomase mieszanek I i II stwierdzono na podłożu z największą ilością piasku (P₁). Podobne zależności wykazano również w ilości uzyskanych pędów. Mając na uwadze podobny skład gatunkowy i odmienne pochodzenie odmian obu mieszanek, można przypuszczać, że odmiany polskie (M₂) charakteryzowały się mniejszym rozkrzewieniem niż odmiany zagraniczne (M₁). Różnica w liczbie wytworzonych pędów wynosiła średnio 25%.

Wpływ podłoża na wielkość biomasy i liczbę pędów nie był tak wyraźny.

Jednak obserwowano tendencję użytkowania większej biomasy i pędów w miarę zmniejszania piasku w podłożu. Na podłożu z 80% udziałem piasku (P₁) średnia wartość biomasy wynosiła 18,2 g/0,15 m², z 60% udziałem (P₂) – 19,8 g/0,15 m², natomiast z 40% udziałem (P₃) – 23,0 g/0,15 m². Było to odpowiednio o 21 i 14% więcej, a różnice między podłożem III a pozostałymi były istotne. W większym stopniu podłoże decydowało o liczbie pędów. Na podłożu III stwierdzono średnio o 21% więcej pędów niż na podłożu II i o 30% więcej niż na podłożu I.

W drugim roku badań wielkość biomasy nadziemnej w kratkach była znacznie większa niż w roku siewu. W zależności od mieszanki i podłoża wynosiła ona od 22,1 do 44,6 g/0,15 m². Największym przyrostem biomasy charakteryzowała się mieszanka II. Wykazywała ona dwukrotnie większą biomasa nadziemną, niezależnie od rodzaju podłoża. Natomiast mieszanka I odznaczała się średnio o 31%, a mieszanka III o 18% większą biomasa niż w roku siewu.

TABELA 3. Biomasa nadziemna (a) i liczba pędów traw (b) na powierzchni pojedynczej kratki w zależności od rodzaju podłoża i mieszanki w latach 1998–1999 [g/0,15 m²]

TABLE 3. Aboveground grass biomass (a) and number of stems (b) on the area of single cell in dependence to substratum and mixture kind in years 1998–1999 [g/0,15 m²]

a. Biomasa nadziemna/Aboveground biomass

Czynnik Factor	Mieszanka I Mixture I		Mieszanka II Mixture II		Mieszanka III Mixture III		Średnia Mean	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Podłoże I/Substratum I	20,6	35,5	13,9	27,8	19,7	22,1	18,2	28,5
Podłoże II/Substratum II	20,6	30,7	17,8	32,6	21,1	30,7	19,8	31,3
Podłoże III/Substratum III	23,5	27,4	18,7	44,6	26,9	30,2	23,0*	34,1
Średnia/Mean	21,6	31,2	16,8*	35,0	22,6	27,7		

NIR_{0,05} dla średnich 1998/LSD_{0,05} for mean 1998 – 3,14.

NIR_{0,05} dla średnich 1999/LSD_{0,05} for mean 1999 – 8,64.

b. Liczba pędów/Steam number

Podłoże I/ Substratum I	1920	2748	1392	1536	1632	1680	1680*	1988
Podłoże II/Substratum II	2112	1632	1488	2064	2112	2064	1904	1920
Podłoże III/Substratum III	2544	1776	2064	2256	2592	2304	2400	2048
Średnia/Mean	2192	1952	1648*	1952	2112	2016		

NIR_{0,05} dla średnich 1998/LSD_{0,05} for mean 1998 – 330.

NIR_{0,05} dla średnich 1999/LSD_{0,05} for mean 1999 – 433.

Odmiany polskie (mieszkanki II i III) charakteryzowały się odmienną reakcją na rodzaj podłoża niż odmiany zagraniczne (mieszkanka I). Wraz ze zmniejszaniem się w podłożu piasku biomasa nadziemna w mieszkankach II i III zwiększała się, podczas gdy w mieszkance I zmniejszała się. W rezultacie na podłożu z 80% udziałem piasku największą biomasa uzyskano dla zadarnień utworzonych z odmian zagranicznych (mieszkanka I). Wynosiła ona 35 g/0,15 m² i była większa od polskich w mieszkance II o 22%, a w mieszkance III o 38%. Na podłożu z 60% udziałem piasku wielkość biomasy wszystkich mieszanek była podobna i wynosiła średnio 31 g/0,15 m². Natomiast na podłożu z 40% udziałem piasku największą biomasa stwierdzono w mieszkance II (44,6 g/0,15 m²), a najmniejszą w mieszkance I (27,4 g/0,15 m²).

Liczba pędów w drugim roku badań kształtowała się podobnie jak wielkość biomasy. Na powierzchni 0,15 m² stwierdzono od 1632 do 2748 pędów. Liczba pędów zależała od rodzaju mieszkanki i podłoża.

Najwięcej pędów stwierdzono w mieszkance zagranicznej na podłożu z największym udziałem piasku. W porównaniu z rokiem siewu stwierdzono tu o 30% więcej pędów. Na pozostałych podłożach liczba pędów była średnio o 38% mniejsza. Na uwagę

zasługuje również fakt, iż liczba pędów na tych podłożach (podłoże II i III) w drugim roku badań była mniejsza niż w roku siewu (dla podłoża II o 23%, a dla podłoża III o 30%).

W przeciwieństwie do mieszkanki zagranicznej trawy w mieszkankach polskich stwierdzono, że w miarę zmniejszania się udziału piasku w podłożu zwiększała się liczba pędów; w mieszkance II z 1536 do 2256, a w mieszkance III z 1680 do 2304. Poza tym w mieszkance II stwierdzono znacznie więcej pędów niż w roku siewu. Wzrost ten, w zależności od podłoża, kształtował się w granicach 8–28%. W mieszkance III liczba pędów była zbliżona w obu latach badań, jedynie na podłożu III nieco mniejsza w drugim niż w pierwszym roku.

Biomasa podziemna. W roku siewu wielkość uzyskanej biomasy podziemnej wynosiła od 29,8 do 88,3 g a.s.m. (tab. 4). Wszystkie badane mieszkanki charakteryzowały się najmniejszą biomasa podziemną na podłożu z największym udziałem piasku. W miarę zmniejszania się udziału piasku w podłożu masa korzeniowa zwiększała się. Na podłożu z 60% udziałem piasku trawy tworzyły średnio 1,5 razy, a z 40% – 2 razy większą biomasa podziemną niż na podłożu z 80%.

W największym stopniu na rodzaj podłoża reagowały zagraniczne odmia-

TABELA 4. Biomasa podziemna traw na powierzchni pojedynczej kratki w zależności od rodzaju podłoża i mieszanki w latach 1998–1999 [g/0,15 m²]

TABLE 4. Underground grass biomass on area of single cell in dependence to kind of substratum and mixture in years 1998–1999 [g/0,15 m²]

Czynnik Factor	Mieszanka I Mixture I		Mieszanka II Mixture II		Mieszanka III Mixture III		Średnia Mean	
Podłoże I/ Substratum I	29,8	205,4	35,5	245,3	37,4	376,3	34,2	275,7
Podłoże II/Substratum II	71,0	165,6	37,4	268,3	52,3	309,6	53,6	247,8
Podłoże III/Substratum III	76,8	144,5	42,7	413,8	88,3	304,8	69,3*	287,7
Średnia - Mean	59,0	171,8*	38,4	309,1	59,5	330,2		

NIR_{0,05} dla średnich 1998/ LSD_{0,05} for mean 1998 – 22,1.

NIR_{0,05} dla średnich 1999/ LSD_{0,05} for mean 1999 – 94,1.

ny traw (mieszanka I). W mieszance tej już na podłożu II (60% piasku) stwierdzono ponad 2-krotnie większą biomasę niż na podłożu I (80% piasku). Odmiany polskie odznaczały się nieco inną charakterystyką tworzenia podziemnej biomasy w roku siewu. W miarę zmniejszania się udziału w podłożu piasku obserwowano wzrost masy korzeni, lecz był on stopniowy i nie tak duży jak dla odmian zagranicznych. Szczególnie niekorzystnie wypadły odmiany polskie w mieszance II. Masa korzeniowa na podłożach II i III była tu blisko 2 razy mniejsza niż w mieszance I.

W drugim roku badań wielkość biomasy podziemnej była średnio 5-krotnie większa niż w roku siewu. W zależności od mieszanki i podłoża kształtowała się ona w granicach od 114,5 do 413,8 g a.s.m.

Największą masę korzeniową wytwarzały trawy w mieszance III, a najmniejszą w mieszance I. Biomasa podziemna dla mieszanki III była średnio 50% większa niż w mieszance I. Mimo że skład gatunkowy mieszanki I i mieszanki II odmiany polskie w mieszance II charakteryzowały się inną dynamiką tworzenia masy korzeniowej niż odmiany zagraniczne. Bujny rozwój masy

korzeniowej stwierdzono dla mieszanki polskiej dopiero w następnym roku po zasiewie. Wielkość uzyskanej biomasy w tym czasie była średnio 44% większa niż u odmian zagranicznych. Polskie trawy odznaczały się ponadto większą biomasą na podłożach z małym udziałem piasku (podłoże II i III), a zagraniczne z dużym (podłoże I).

O wielkości biomasy podziemnej decyduje między innymi zasięg systemu korzeniowego. W roku siewu na podłożu z największą ilością piasku wynosił on średnio 13 cm i wydłużał się w miarę zmniejszania w podłożu piasku; na podłożu II – średnio o 1 cm, na podłożu III – o 1,4 cm. W następnym roku badań obserwowano zjawisko odwrotne. Najdłuższymi korzeniami charakteryzowały się mieszanki na podłożu I i II. Zasięg korzeni wynosił tu 16,4 cm i był większy niż na podłożu III średnio o 16%.

Interesujący jest również fakt, iż zdecydowana większość korzeni znajdowała się w warstwie 0–3,7 cm, tj. w obszarze kratki. Poza tym na podłożu z największym udziałem piasku obserwowano podwijanie się dłuższych korzeni do tej warstwy. Zmniejszanie piasku w podłożu powodowało wystę-

powanie większej masy korzeni na większych głębokościach. Dla wariantu z 60% udziałem piasku w podłożu do głębokości średnio 6 cm, a dla wariantu z 40% do średnio 8,5 cm.

Podsumowanie

Dynamiczny rozwój produkcji tworzyw, stosowanych jako wzmocnienia powierzchni trawiastych w warunkach trudnych, wymaga szerokiego rozpoznania przebiegu wzrostu i rozwoju traw dla danych rozwiązań technicznych (Wesołowski i in. 2000).

Wyniki podjętych badań wskazują, że tworzenie zadarnień w konstrukcjach kratek Grass-Paver przebiegało prawidłowo i nie stwierdzono negatywnych skutków krawędzi konstrukcyjnych kratek dla wzrostu i rozwoju traw. Trawy na całej powierzchni wschodziły równomiernie, rosły i krzewiły się dobrze. Już po 4 tygodniach pokrywały 80% powierzchni, po 6 prawie 100%, a po 8 uzyskano zwarty, wyrównany dywan o niewidocznych elementach konstrukcyjnych. Na tempo zadarniania w większym stopniu miał wpływ rodzaj zastosowanej mieszanki niż podłoża. Mieszanka polska z mniejszym udziałem życicy trwałej (M_1) charakteryzowała się wolniejszym zadarnianiem, co może mieć wpływ na gorszy efekt wizualny w pierwszych 6 tygodniach po wysiewie. W dalszym okresie wegetacji wszystkie utworzone zadarnienia prezentowały się bardzo dobrze i tylko w okresach niesprzyjających warunków pogodowych udział roślin żywozielonych był nieco mniejszy, zwłaszcza w zadarnieniach na podłożu z 80% piasku.

Struktura i wielkości biomas tworzących zadarnienia była różna w zależności od zastosowanej mieszanki i podłoża. Biomasa podziemna stanowiła w ogólnej biomacie w roku siewu od 59 do 80%, a w kolejnym od 85 do 92%. Na podłożu z największym udziałem piasku zadarnienia charakteryzowały się mniejszym udziałem korzeni. Przy zastosowaniu mieszanek o podobnym składzie gatunkowym, ale innym pochodzeniu odmian stwierdzono znaczne różnice odnośnie wielkości uzyskanych biomas. W mieszance zagranicznej (M_1) w pierwszym roku badań zarówno masa korzeniowa, jak i biomasa nadziemna była znacznie większa, a w drugim mniejsza niż w mieszance polskiej (M_2). Inaczej również reagowały na rodzaj podłoża, zwłaszcza w drugim roku badań. W miarę zmniejszania w podłożu piasku masa korzeni zwiększała się u polskich odmian, a zmniejszała u zagranicznych.

Wnioski

1. Konstrukcja kratek Grass-Paver nie utrudniała rozwoju i wzrostu traw w mieszankach.
2. Najszybciej, tj. po 6 tygodniach, pełne zadarnienie otrzymano dla mieszanek z dużym udziałem życicy trwałej (M_1 , M_2).
3. Rodzaj podłoża decydował o wielkości biomasy i liczby pędów w roku siewu. Na podłożu z najmniejszym udziałem piasku (P_3) uzyskano największą biomasę nadziemną i podziemną oraz największą zwartość runi.

4. Odmiany zagraniczne odznaczały się w porównaniu z polskimi większą biomasa podziemną w pierwszym, ale mniejszą w drugim roku badań.

Literatura

- PROŃCZUK S. 1993: Systemy ocen traw gazonowych. *Biul. IHAR* 186: 127–131.
- RUTKOWSKA B., PAWLUŚKIEWICZ M. 1996: Trawniki. PWRiL, Warszawa.
- WESOŁOWSKI A., KRZYWOSZ Z., BRANDYK T. 2000: Geosyntetyki w konstrukcjach inżynierskich. Wydaw. SGGW, Warszawa.

Summary

Establishment of soddings reinforced Grass-Paver grate based on Polish and foreign turfgrass species. The determination of the turf grasses seeded in Grass-Paver grate growth and development was the aim of the study. The grate construction is based on the rule of honeycomb. The three grass mixtures (1 Dutch and 2 Polish) and three substratums different in percentage of sand (90, 60, and 40) were analysed in this study.

The study has proved that construction margins have not deteriorated the conditions of growth and the development of grasses. The grasses on the entire surface emerged, grew and rooted well. After 4

weeks they covered 80% of the area and after 6 weeks the concise carpet with unseen construction elements was obtained. The kind of applied mixture than substratum had influenced on the speed of sodding in bigger grade. Polish mixture with smaller share of perennial ryegrass (M3) characterised slower turfing what may get worse visual effect in first 6 weeks after seeding. In further period of vegetation all established turfs has presented very well.

Underground biomass amounted in general biomass in seeding year from 59% to 80% and in the following 85–92%. On substratum with highest share of sand smaller share of roots occurred. After applying mixtures with similar species composition but different varieties origin the significant differences in gratitude of biomes were stated. In foreign mixture in the first year of study both roots mass and above ground mass were significantly bigger than in second year of study. In different way reacted on kind of substratum, especially in second year of the study. The root mass has increased in Polish varieties and decreased in foreign ones with decreasing of sand share in substratum

Author's address:

Bogumiła Pawluśkiewicz
Warsaw Agricultural University
02-787 Warsaw
ul. Nowosynowska 166
Department of Environmental Improvement
Poland

Karol WOLSKI

Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni
Akademia Rolnicza we Wrocławiu
Department of Grassland and Landscape Planning
Agricultural University of Wrocław

Wpływ różnych sposobów renowacji na nawierzchnię trawiastą boisk piłkarskich po wieloletniej eksploatacji **Effect of different ways of renovation on grass football fields after long-term utilisation**

Wprowadzenie

Pozarolnicza rola traw polega przede wszystkim na zaspokajaniu potrzeb rekreacyjno-krajobrazowych człowieka oraz ochronie środowiska (Jankowski i in. 2001, Wolski i Peplowski 2001). Żywa zielona barwa, odpowiednia gładkość i jednolitość podnoszą walory estetyczne każdej nawierzchni trawiastej i wpływają na zdrowie oraz samopoczucie człowieka (Bartosiewicz 1986, Grabowski i in. 1999, Kostuch 1998).

Długoletnia eksploatacja trawia- stych nawierzchni sportowych, brak odpowiedniej pielęgnacji sprawiają, że wymagają one renowacji. Dobór metody renowacji zależy od stanu darni i podłoża, intensywności użytkowania oraz możliwości pielęgnacyjnych (Wol- ski 1997). Oprócz wymienionych wyżej czynników bardzo ważny jest odpo- wiedni dobór mieszanek oraz ich od- mian do renowacji sportowych na- wierzchni trawiastych (Domański 1997

Prończuk 1994, Rutkowska i Pawluś- kiewicz 1996).

Na podstawie doświadczeń przepro- wadzonych w latach 1996–2000 dokonano oceny dwóch metod zagospodarowa- nia wyeksploatowanych sportowych na- wierzchni trawiastych poprzez siew wgłębnny perforacyjny i szczelinowy.

Materiał i metoda

W badaniach przeprowadzonych w Kaliszu, Wrocławiu i Poznaniu porów- nano dwa rodzaje siewu bezpośrednie- go – perforacyjny i szczelinowy. Siew bezpośredni perforacyjny wykonano siewnikiem wyposażonym w wał perfo- racyjny wgłębnny na głębokość 1,5 cm, natomiast siew szczelinowy, wykorzy- stując siewnik o podwójnych krojach talerzowych, również na głębokość 1,5 cm. Po siewach bezpośrednich za- stosowano włókowanie siatką darniową oraz wałowanie. W obu metodach re-

nowacji porównywano także sposoby wysiewu nasion: pojedynczy – 5 g/m^2 , podwójny – $2 \times 5 \text{ g/m}^2$ oraz potrójny – $3 \times 5 \text{ g/m}^2$. W badaniach zastosowano mieszanke o składzie: *Lolium perenne* L. 50%, *Festuca rubra* L. 10% oraz *Poa pratensis* L. 40%.

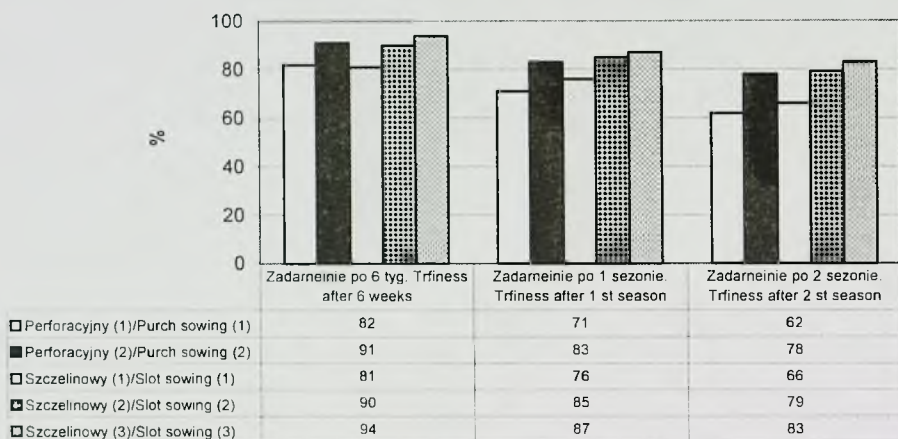
W roku zagospodarowania oraz w kolejnych latach eksploatacji nawierzchnię sportową nawadniano co 2–3 dni, stosując w zależności od potrzeb dawkę polewową $5\text{--}10 \text{ l/m}^2$. Przed renowacją, na podstawie analiz chemicznych gleby zastosowano nawożenie korygujące w ilości $200 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$. W kolejnych latach użytkowania stosowano nawozy wieloskładnikowe o przedłużonym działaniu ($500 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$). Pierwsze dwa koszenia wykonano przy wysokości traw 6 cm, następnie murawę koszone regularnie na wysokość 3,5 cm.

Obserwacje zmian pokrycia powierzchni prowadzono w latach 1996–2000 metodą Webera. W każdym roku wiosną – przed rozpoczęciem sezonu piłkarskiego, oraz jesienią – po jego zakończeniu, oceniano zadarnienie powierzchni w 4 powtórzeniach na każdym obiekcie. (Falkowski 1978). W pracy uzyskane wyniki scharakteryzowano ponadto według systemu oceny traw gazonowych IHiAR – Radzików (Prończuk 1993).

Wyniki

Najbardziej wyeksploatowaną nawierzchnię określono w Kaliszu, gdzie pokrycie powierzchni wiosną 1996 roku wynosiło 39%, nieco lepsze we Wrocławiu – 44% oraz Poznaniu – 47%. Według metody Prończuka, każdą z ocenianych nawierzchni trawiastych określono jako słabą.

Renowację boisk wykonano w pierwszej dekadzie kwietnia 1996 roku, natomiast pierwszy pomiar pokrycia powierzchni – 6 tygodni po siewie, przed rozpoczęciem eksploatacji. Rozcięcie, perforacja poziomu darniowego przy renowacji nawierzchni trawiastej ma istotny wpływ na wzrost i rozwój podsianych traw. W zależności od techniki zagospodarowania elementy działające na darń otwierały poziom darniowy przy siewie szczelinowym na powierzchni od 27 do 72%, natomiast przy perforacyjnym od 34 do 68%. Oceniając pokrycie powierzchni na wszystkich boiskach, stwierdzono bardzo dobre (8) zadarnienie nawierzchni trawiastych po każdej z zastosowanych metod renowacji (rys. 1). Po siewie szczelinowym potrójnym (15 g/m^2) pokrycie powierzchni było największe i wynosiło 94%, nieco mniejsze odnotowano po siewie perforacyjnym podwójnym (10 g/m^2) – 91%. Analizując pokrycie powierzchni po siewie szczelinowym i perforacyjnym (5 g/m^2), nie stwierdzono różnic w zadarnieniu – 81 i 82%.



RYSUNEK 1. Wpływ metody renowacji na zadarnienie boiska piłkarskiego wyeksploatowanego (Kalisz, Wrocław, Poznań – 1996/1998) NIR $\alpha=0,05 = 5$

FIGURE 1. Effect of renovation method on turfness of a run – down football field (Kalisz, Wrocław, Poznań – 1996/1998) LSD $\alpha=0,05 = 5$

W kolejnych sezonach ligowych intensywne użytkowanie darni spowodowało znaczny spadek pokrycia powierzchni. Po I sezonie ligowym wyższy spadek pokrycia powierzchni określono po siewach perforacyjnych – ok. 10%, w porównaniu do siewów szczelinowych – ok. 6%, natomiast po II sezonie ligowym spadek zadarnienia po obu siewach był zbliżony – ok. 7%. W ocenie nawierzchni trawiastych na podstawie średniego zadarnienia po 3 latach eksploatacji stwierdzono bardzo dobre pokrycie powierzchni po siewie szczelinowym potrójnym (15 g/m^2) – 88%. Nieco niższe, ale również bardzo dobre odnotowano po siewie podwójnym (10 g/m^2) szczelinowym i perforacyjnym – 85%, natomiast dobre zadarnienie po siewie pojedynczym (5 g/m^2) szczelinowym – 72% oraz perforacyjnym – 74%.

Podsumowanie i wnioski

Porównując dwa sposoby zagospodarowania, stwierdzono, że rodzaj siewu oraz ilość wysiewu nasion wpływały na zadarnienie trawnika sportowego w roku siewu oraz w kolejnych latach użytkowania. Oceniając poszczególne metody renowacji, można sformułować następujące wnioski:

1. W przeprowadzonych badaniach siew szczelinowy jako metoda renowacji był bardziej skutecznym sposobem renowacji, ponieważ bez względu na normę wysiewu zapewniał bardzo dobre pokrycie powierzchni (82%) w badanym wieloleciu, w porównaniu z siewem perforacyjnym, gdzie odnotowano dobre zadarnienie powierzchni (78%).

2. Porównując dwie techniki renowacji, stwierdzono dodatnie działanie cięcia darni na jej późniejszy rozwój w porównaniu z perforacją, gdzie następowało nie tylko znaczne zagęszczenie poziomu darniowego, ale również przy trzykrotnym siewie bardzo silne jego zgniecenie oraz zrywanie.
3. Analizując zróżnicowane normy wysiewu, stwierdzono, że bez względu na technikę siewu mają one większy wpływ na zadarnienie powierzchni w kolejnych latach użytkowania w porównaniu z rokiem zagospodarowania.

Literatura

- BARTOSIEWICZ A. 1986: Urządzanie terenów zieleni. Warszawa.
- DOMAŃSKI P. 1997: Poradnik dla użytkownika trawników. PP-W „Angraf”, Piła.
- FALKOWSKI M. 1978: Łąkarstwo i gospodarka łąkowa. PWRiL, Warszawa.
- GRABOWSKI K., GRZEGORCZYK S., KWIETNIEWSKI H. 1999: Przydatność gatunków i odmian traw gazonowych do obsiewu trawników rekreacyjnych. *Folia Universitatis Agriculture Stetinensis, Agricultura*.
- JANKOWSKI K., JODEŁKA J., CIEPIELA G., KOLCZAREK R. 2001: Odmiana botaniczna traw gazonowych. Pam. Pul. IUNG. Puławy.
- KOSTUCH R. 1998: Miasto-ogród, sto lat rozwoju idei. Ekologiczne znaczenie trawników osiedlowych oraz najnowsze tendencje do ich ukwiecania. Dolnośląskie Wydawnictwo Naukowe, Wrocław.
- PRONCZUK S. 1993: System oceny traw gazonowych. Biul. IHiAR.
- PRONCZUK S. 1994: Stan hodowli i nasienictwa traw gazonowych w Polsce. *Genetica Polonica* 35.
- RUTKOWSKA B., PAWLUŚKIEWICZ M. 1996: Trawniki. PWRiL, Warszawa.
- WOLSKI K. 1997: Możliwości poprawy składu botanicznego i plonowania runi łąkowej metodą siewu bezpośredniego w warunkach klimatyczno-glebowych Dolnego Śląska. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rol.* LXX: 316.
- WOLSKI K., PEPŁOWSKI W.J. 2001: Ogrody jesienią. Milenium budowlane. *Dolnośląski Magazyn Budowlany*.

Summary

Effect of different ways of renovation on grass football fields after long-term utilisation. The paper presents the results of comparing two different ways of renovating run-down swards. The study included depth seeding – punch and slot seeding. The seeds were sown in one, two and three dozes. The factor that decided the success of renovation was, in both cases, a proper opening and penetration of the sod level. Shallow slot seeding and good contact with soil had a positive effect on germination and emergence of grasses. Based on the results obtained it was concluded that in the renovation year and successive years of grass field utilisation the best coverage occurred after the triple slot sowing.

Author's address:

Karol Wolski
Agricultural University of Wrocław
Department of Grassland and Landscape Planning
50-375 Wrocław
ul. M. Skłodowskiej-Curie 42
Poland

Stosunki powietrzne w glebie pod trawnikami sportowymi **Air conditions in soil under grass on sport fields**

Wprowadzenie

Stosunki powietrzne w glebie zależą od bardzo wielu czynników. Jednym z nich jest temperatura gleby. Wraz ze wzrostem temperatury gleby rośnie krzywoliniowo intensywność oddychania korzeni, a w konsekwencji – intensywność wydzielania dwutlenku węgla (Gliński i in. 1983). Także procesy rozkładu materii organicznej pod wpływem drobnoustrojów przebiegają intensywniej w miarę wzrostu temperatury, ale do pewnych granic, po czym spadają. Należy zaznaczyć, że większość mikroorganizmów znajduje się w cienkiej, 10-centymetrowej warstwie powierzchniowej gleby. W miarę wzrostu głębokości maleje zawartość materii organicznej oraz zmniejsza się ilość drobnoustrojów z wyjątkiem gleb organicznych. Im intensywniej przebiega proces oddychania korzeni i rozkładu materii organicznej, tym więcej gromadzi się dwutlenku węgla w powietrzu glebowym. Również przyrost masy korzeni jest uzależniony od temperatury. Dla większości traw przyrost korzeni i części nadziemnych jest najlepszy, gdy temperatura gleby wynosi około

18°C (Falkowski i in. 1994). W glebie największe ilości dwutlenku węgla wydzielane są w procesie oddychania korzeni. Im bardziej rozwinięty jest system korzeniowy roślin i im intensywniej przebiega proces oddychania, tym więcej wydziela się dwutlenku węgla do powietrza glebowego. Dlatego pola pokryte roślinami odznaczają się z reguły większą intensywnością oddychania niż czarny ugor.

Wymiana między powietrzem glebowym a atmosferycznym zależy w dużym stopniu od porowatości gleby, tzn. od wolnych przestrzeni wypełnionych wodą lub powietrzem. Porowatość wzrasta w miarę wzrostu drobnych frakcji – w piasku wynosi około 40%, w lessie 50%, a w czarnoziemie 60%. Wraz ze wzrostem próchnicy w glebach rośnie ich porowatość. O wymianie między powietrzem glebowym a atmosferycznym decyduje ilość przestworów dużych (aeracyjnych). Piasek ma małą porowatość ogólną, ale ze względu na duże przestrzenie między ziarnami odznacza się dużą pojemnością powietrzną, natomiast małą pojemnością wodną. Proces wymiany pomiędzy powietrzem glebowym a atmosferycz-

nym zachodzi głównie na skutek dyfuzji gazów w przestworach aeracyjnych. Im większa jest różnica stężeń między tlenem a dwutlenkiem węgla w powietrzu glebowym i atmosferycznym, tym szybciej przebiega proces dyfuzji. Wymiana między powietrzem glebowym a atmosferycznym jest spowodowana również wahaniami temperatury (rozszerzanie się i kurczenie powietrza) oraz wypieraniem powietrza przez wody opadowe i następnie wciąganiem powietrza atmosferycznego do gleby na skutek parowania. W porównaniu z dyfuzją gazów procesy te w niewielkim tylko stopniu wpływają na wymianę gazową. Dyfuzję gazów wyraża się zwykle jako dyfuzję względną (D/D_0), czyli stosunek między dyfuzją gazów przez glebę (D) i przez powietrze (D_0). Dyfuzja względna gazów wzrasta w miarę wzrostu porowatości aeracyjnej, podobnie jak przepuszczalność gleb dla powietrza. Porowatość aeracyjna, szczególnie na glebach ciężkich, zależy od struktury gleby. Struktura gruzełkowata zapewnia dobre krążenie powietrza w dużych przestworach między gruzełkami, a w samych gruzełkach gromadzi się woda. Dyfuzja gazów w gruzełkach jest bardzo ograniczona i wewnątrz dużych gruzełków mogą wystąpić warunki beztlenowe.

W powietrzu glebowym oprócz oznaczeń zawartości tlenu, najczęściej oznacza się intensywność dyfuzji tlenu ODR (oxygen diffusion rate). Wraz ze wzrostem stężenia tlenu w powietrzu glebowym rośnie intensywność oddychania korzeni. Krytyczne stężenie tlenu COC (critical oxygen concentration), przy którym zaczyna obniżać się intensywność oddychania, rośnie w miarę wzrostu temperatury. Silny nie-

dobór tlenu powoduje zahamowanie wzrostu korzeni. Są one krótsze, grubsze, mniej rozgałęzione i mają większe komórki. Przy niedotlenieniu korzeni występuje chloroza, epinastia, więdnienie, obumieranie liści i osłabienie krzewienia roślin.

Reakcja różnych gatunków traw na stężenie tlenu i ODR w glebach

Niewiele jest prac dotyczących reakcji różnych gatunków traw na stężenie tlenu w powietrzu glebowym oraz na intensywność dyfuzji tlenu. Waddington i Backer (1965) przeprowadzili doświadczenia z trzema gatunkami traw: *Poa pratensis*, *Agrostis palustris* i *Eleusine indica*, przy ODR zróżnicowanym od 5×10^{-8} do $40 \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$. Wzrost korzeni *Poa pratensis* był silnie ograniczony lub całkowicie zahamowany w glebie z ODR mniejszym niż 5 do $9 \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$, natomiast *Agrostis palustris* i *Eleusine indica* rosły dobrze przy wszystkich badanych wartościach ODR.

Letey i in. (1964) podają, że do dobrego wzrostu korzeni *Poa pratensis* odmiany Newport ODR powinna wynosić $20 \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$. Wartość ODR $15 \text{ g} \cdot 10^{-8} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ należy uznać jako dolną granicę dla wzrostu korzeni *Cynodon dactylon* (Letey i in. 1966). Jak podaje van Wijk (1980) dla większości gatunków roślin uprawnych ODR $20 \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ jest wartością graniczną. Z powyżej przytoczonych danych wynika, że trawy należą do roślin o dużej tolerancji na małą zawartość tlenu w glebie.

Wpływ intensywności użytkowania trawników sportowych na stosunki powietrzne w glebie

Zagęszczenie gleby wpływa na wzrost korzeni zarówno przez zwiększenie oporu mechanicznego, jak i przez zmniejszenie dostępu tlenu do korzeni (Stępniewski i Gliński 1985).

Van Vijk i in. (1977) przeprowadzili kilkuletnie doświadczenia na czterech stadionach sportowych usytuowanych na różnych glebach, z których część była użytkowana intensywnie, a część ekstensywnie. Wykazali oni, że przebieg krzywych ODR w różnych sezonach wegetacyjnych był podobny na wszystkich badanych stadionach. Stwierdzili spadek wartości ODR na głębokościach od 1 do 15 cm na jesieni i silny wzrost na wiosnę, co można wytłumaczyć wzrostem wilgotności na jesieni i spadkiem na wiosnę. Generalnie można stwierdzić, że ODR maleje w miarę głębokości, co jest związane ze wzrostem wilgotności i gęstości objętościowej wraz z głębokością. Podobną tendencję stwierdzili na badanych stadionach, ale od głębokości 10 do 15 cm. Jednak wartości ODR na głębokości 1 cm i w mniejszym stopniu na głębokości 5 cm były mniejsze niż na większych głębokościach. Wskazuje to na większe opory dyfuzyjne w powierzchniowej warstwie gleby, które były spowodowane blokowaniem dużych przestrzeni aeracyjnych przez korzenie traw.

Należy zaznaczyć, że korzenie traw są rozmieszczone głównie w cienkiej, kilkucentymetrowej warstwie gleby. Van Vijk (1980) stwierdził, że na

trawnikach sportowych użytkowanych ekstensywnie ponad 99% masy korzeni znajdowało się na głębokości do 5 cm, a na użytkowanych intensywnie ponad 89% było rozmieszczonych w warstwie powierzchniowej.

Na stadionach intensywnie użytkowanych stwierdzono okresowy spadek wartości ODR na głębokości 1 i 5 cm w porównaniu z użytkowanymi ekstensywnie (Van Vijk i in. 1977). Zużycie tlenu (oddychanie korzeni i mikroorganizmów) na jesieni i na początku zimy mało, a nasilało się w miarę rozpoczęcia wzrostu na wiosnę. Jednak na wiosnę, na skutek zwiększonej intensywności użytkowania stadionów, wzrastało ubicie powierzchniowej warstwy gleby i wymiana gazowa była nawet gorsza niż na jesieni. Równoczesne duże pobieranie tlenu przez korzenie traw, których główna masa występuje w pięciocentymetrowej warstwie powierzchniowej, i ugniecenie (w wyniku intensywnego użytkowania) spowodowały spadek zawartości tlenu w tej warstwie. Fluktuacje w zawartości tlenu w glebie na wiosnę zależały od rodzaju gleby i przebiegu pogody.

Ostatnio dla stworzenia dobrych warunków przewietrzania, szczególnie na glebach cięższych, zdejmuje się warstwę powierzchniową i zastępuje 10–15-centymetrową warstwą piasku o odpowiedniej granulacji, warunkującą dobrą przepuszczalność dla wody i powietrza. Należy wówczas zapewnić odpowiednie pH (5,5 do 6,5) i zawartość substancji organicznej nie przekraczającą 4% wagowo, co reguluje norma DIN 18035 część 4 (van Skirde 1980).

Podsumowanie

Temperatura i wilgotność gleby są głównymi czynnikami wpływającymi na wydzielanie dwutlenku węgla w glebie. Od nich bowiem zależy oddychanie korzeni i rozkład materii organicznej w glebie. O wymianie gazów w powietrzu glebowym decyduje przede wszystkim szybkość dyfuzji, która jest uzależniona od wielkości przestworów aeracyjnych. Gleby o strukturze gruzłkowatej mają większą ilość przestworów aeracyjnych w porównaniu z glebami o strukturze rozdzielnopiętowej.

Przytoczone w referacie dane świadczą o dużej tolerancji traw na niskie stężenie tlenu w powietrzu glebowym. Stwierdzono jednak istotne różnice w reakcji poszczególnych gatunków traw na niskie stężenie tlenu. Na intensywnie użytkowanych trawnikach sportowych, w powierzchniowej warstwie gleby, wartości ODR były okresowo niższe w porównaniu z użytkowanymi ekstensywnie. W ostatnich latach, w celu poprawienia stosunków powietrznych, usuwa się kilkucentymetrową warstwę gleby i zastępuje warstwą piasku z dodatkiem nieznacznej ilości materii organicznej.

Literatura

- FALKOWSKI M., KUKULKA I., KOZŁOWSKI S. 1994: Właściwości biologiczne roślin łąkowych. Wybrane zagadnienia. Wydaw. Akad. Roln. Poznań.
- GLIŃSKI J., STĘPNIEWSKI J. 1983: Pobieranie tlenu i wydalenie dwutlenku węgla w środowisku glebowym. *Problemy Agrofizyki*. 39: 3–70.
- LETEY J.L.M., STOLZY R., LUNT O.R., YOUNGNER V.B. 1964: Growth and nutrient uptake of Newport bluegrass as affected by soil oxygen. *Plant and Soil*. 20: 143–148.
- LETEY J., MORGAN W.C., RICHARDS S.J., VALORAS N. 1966: Physical soil amend-

ments, soil compaction, irrigation, and wetting agents in turfgrass management. III. Effect on oxygen diffusion rate and root growth. *Agron. J.* 58: 531–535.

- STĘPNIEWSKI J., GLIŃSKI J. 1985: Reakcja roślin na stan aeracji gleby. *Problemy Agrofizyki*. 45: 5–76.
- Van SKIRDE W. 1980: Entwicklungstendenzen beim Bau von Rasensportflächen. *Neue Landschaft*. 25: 85–92.
- Van WIJK A.L.M. 1980: Playing conditions of grass sports fields. Doctoral thesis. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
- Van WIJK A.L.M., VERHAEGH W.B., BOUVIING J. 1977.: Grass sport fields: top layer compaction and soil aeration. *Rasen – Turf – Gazon*. 8: 47–52.
- WADDINGTON D.V., BAKER J.H. 1965: Influence of soil aeration on growth and chemical composition of three grass species. *Agron. J.* 57: 253–258.

Summary

Air conditions in soil under grass on sport fields. The paper presents data concerning factors affecting the air conditions in soils. Effect of temperature on respiration of roots and microorganisms are discussed. Grasses has a good tolerance for a low oxygen concentration as compared with other crops. Nevertheless there are differences among species of grasses as regards reaction on oxygen diffusion rate (ODR). Presented data show that the ODR at 1 cm and 5 cm depth were often considerably lower than those at greater depths. This points toward a higher diffusion resistance in the upper centimeters of the top layer, which must have been caused by compaction and blocking of the pores by roots of grasses.

Author's address:

Jan Roman Starck
Warsaw Agricultural University
Department of Pomology and Basic Natural Sciences in Horticulture
Faculty of Horticulture
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warsaw
Poland

Karol WOLSKI

Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni,
Akademia Rolnicza we Wrocławiu
Department of Grassland and Landscape Planning
Agricultural University of Wrocław

Analiza wybranych elementów gry w piłkę nożną na murawie przed renowacją i po renowacji

Analysis of selected elements of football played on sward before and after renovation

Wprowadzenie

Sportowe nawierzchnie trawiaste mające zapewnić grającym zawodnikom swobodę oraz bezpieczeństwo wykonywania wszelkich ruchów, muszą ponadto stworzyć optymalne warunki odbijania, toczenie oraz prowadzenia piłki (Rutkowska i Pawluśkiewicz 1996). Przy ich projektowaniu i budowie należy uwzględnić drenowanie, nawadnianie oraz odpowiednią konstrukcję warstwy nośnej (Bartosiewicz 1986, Wysocki 1994).

W piśmiennictwie krajowym brak jest danych na temat wpływu murawy na grę i ruch piłki na boisku. Niektórzy autorzy podają jedynie, że z dyscypliną sportu wiążą się różnorodne wymagania dotyczące jakości darni (Domański 1995, Prończuk 1998, Grabowski i in. 1999). Darni sportowa powinna być niska, zwarta i elastyczna, wytrzymała na udeptywanie oraz rozrywanie (Domański 1998; Grabowski i in. 2001 Jankowski i in. 2001).

W badaniach i obserwacjach wstępnych dokonano oceny wpływu rodzaju sportowej nawierzchni trawiastej na niektóre elementy gry w piłkę nożną.

Materiał i metoda

W latach 1996–1998 na trzech boiskach piłkarskich o murawie „twardej” i „miękkiej” przeanalizowano niektóre elementy gry w piłkę nożną. Za murawę twardą przyjęto nawierzchnię trawiastą o niewłaściwym składzie botanicznym runi, niedostatecznym zadarnieniu, twardym i nieprzepuszczalnym podłożu oraz z dużymi ubytkami darni na powierzchni boiska. Jako murawę miękką natomiast określono nawierzchnię trawiastą o właściwym składzie botanicznym runi, bardzo dobrym zadarnieniu, elastycznym i przepuszczalnym podłożu oraz bez ubytków darni na powierzchni boiska.

W badaniach uwzględniono następujące elementy gry: strzał w światło

bramki, rodzaj trafienia (gole po strzale dolnym i dolnym z kozłem – do 40 cm, półgórnym – do 160 cm, górnym – powyżej 160 cm), piłki przypadkowe oraz kontuzje wszystkich zawodników grających na danym boisku. Ankiety porównawcze prowadzono w 3 klubach I-ligowych, podczas 15 meczy rundy wiosennej (7) i jesiennej (8) na murawach przed odnawianiem – 1996/1997 i po renowacji – 1997/1998. Łącznie oceniono 90 spotkań ligowych.

Wyniki

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że najczęstszymi przyczynami degradacji sportowych nawierzchni trawiastych było: nieprawidłowe nawodnienie i odwodnienie terenu, niska zasobność substancji mineralnych w podłożu oraz zbyt intensywne użytkowanie. Każda nawierzchnia trawiasta przy renowacji wymagała indywidualnego podejścia. W każdym przypadku zastosowanie określonej metody zagospodarowania zależało od stanu i rodzaju nawierzchni trawiastej, podłoża oraz warunków wilgotnościowych.

Na widowiskowość i oglądalność zmagani sportowych wpływa przede wszystkim sztuka dryblingu i technika grających zawodników, jak również rodzaj nawierzchni trawiastej, na której

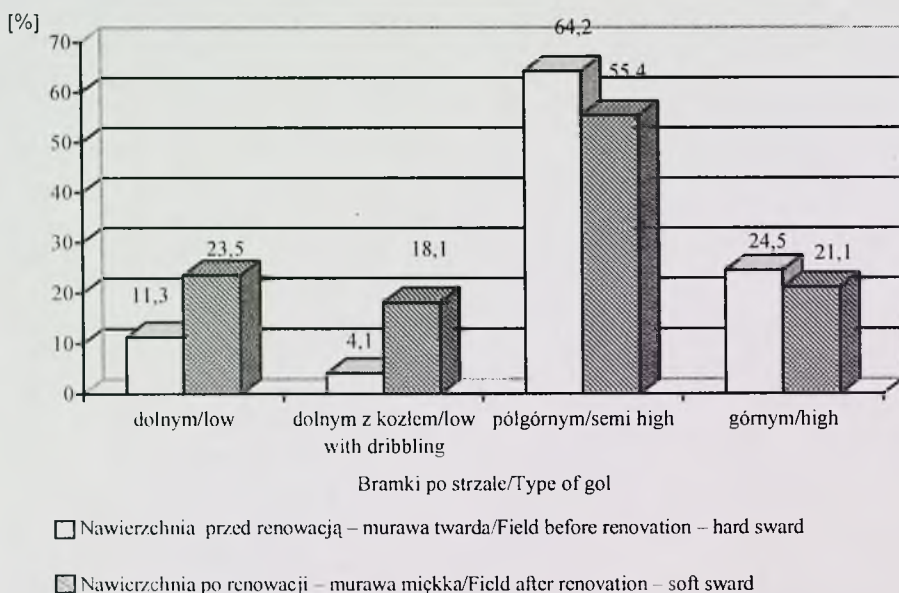
grają. W tabeli 1 przedstawiono średnie wartości liczbowe wybranych elementów gry w piłkę nożną z 3 boisk przed renowacją i po renowacji murawy.

Oceniając liczbę strzałów w światło bramki w całym sezonie piłkarskim, wartości na obu murawach były zbliżone i wynosiły średnio 457 uderzeń, natomiast różniły się znacznie skutecznością, ponieważ na murawie miękkiej odnotowano aż o 13 trafień więcej w porównaniu z golami strzelonymi na murawie twardej. Analizując zagrania przypadkowe, wynikające z niekontrolowanej rotacji piłki uzyskanej po nieprawidłowym odbiciu na murawie twardej odnotowano o 26% więcej takich zagrań w porównaniu z grą na murawie miękkiej. Rodzaj murawy miał również duży wpływ na bezpieczeństwo grających zawodników. Na murawie miękkiej odnotowano tylko 2 kontuzje, natomiast na twardej aż 7.

Rodzaj nawierzchni ma duży wpływ na ruch piłki na boisku i rozkład trafień (rys. 1). W badaniach stwierdzono, że na nawierzchni twardej odbicie piłki po kozłem, bez względu na rozmiar piłki i jej wagę, było zawsze wyższe i wolniejsze niż na nawierzchni miękkiej, gdzie było ono niższe i szybsze. Ponieważ strzały dolne są zawsze mało wi doczne dla bramkarza, wpływało to na skuteczność oraz wyniki meczu.

TABELA 1. Wpływ rodzaju murawy na niektóre elementy gry w piłkę nożną
TABLE 1. Effect of type sward on some elements of football

Wyszczególnienie Specification	Nawierzchnia przed renowacją – murawa twarda Field before renovation – hard sward	Nawierzchnia po renowacji – murawa miękka Field after renovation – soft sward
Strzały w światło bramki Good shots at the goal	448	465
Gole/Goals	34	47
Piłki przypadkowe Failed ball	24	19
Kontuzje/Contusions	7	2



RYSUNEK 1. Rozkład trafień na murawie miękkiej i twardej

FIGURE 1. Distribution of goals on soft and bard sward

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie badań wstępnych dotyczących wpływu rodzaju murawy na niektóre elementy gry w piłkę nożną można stwierdzić, że wpływa ona na jakość gry i osiągane rezultaty. Na podstawie obserwacji i uzyskanych wyni-

ków można sformułować następujące wnioski:

1. Rodzaj nawierzchni trawiastej miał duży wpływ na ruch piłki na boisku, ponieważ na murawie miękkiej stwierdzono więcej trafień i mniej piłek przypadkowych w porównaniu z wynikami gry na mura-

wie twardej, gdzie odnotowano mniejszą liczbę strzelonych bramek oraz większą liczbę odbić przypadkowych.

2. W grze na murawie miękkiej za-notowano mniejszą liczbę kontuzji w porównaniu z grą na nawierzchni twardej, zatem można stwierdzić, że jest ona bardziej bezpieczna dla zawodników.

Literatura

- BARTOSIEWCZ A. 1986: Urządzanie terenów zieleni. Warszawa.
- DOMAŃSKI P. 1995: Trawy darniowe: kostrzewa czerwona, kostrzewa owcza, mietlica pospolita, wiechlina łąkowa, życica trwała. Synteza wyników doświadczeń odmianowych. Seria 1991. COBORU, Słupia Wielka.
- DOMAŃSKI P. 1997: Poradnik dla użytkownika trawników. PP-W „Angraf”, Piła.
- GRABOWSKI K., GRZEGORCZYK S., KWIETNIEWSKI H. 1999: Przydatność gatunków i odmian traw gazonowych do obsiewu trawników rekreacyjnych. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Agricultura.*
- GRABOWSKI K., GRZEGORCZYK S., KWIETNIEWSKI H. 2001: Początkowy wzrost i rozwój wybranych gatunków i odmian traw gazonowych na trawnikach ozdobnych. Pam. Puł. IUNG, Puławy.
- JANKOWSKI K., JODEŁKA J., CIEPIELA G., KOLCZREK R. 2001: Ocena botaniczna traw gazonowych. Pam. Puł. IUNG, Puławy.

PRONCZUK S. 1998: Miasto-ogród sto lat rozwoju idei. Typy i rodzaje trawników – zakładanie i użytkowanie. Dolnośląskie Wyd. Nauk. Wrocław.

RUTKOWSKA B., PAWLUŚKIEWICZ M. 1996: Trawniki. PWRiL, Warszawa.

WYSOCKI C. 1994: Studia nad funkcjonowaniem trawników na obszarach zurbanizowanych. Wydaw. SGGW Warszawa.

Summary

Analysis of selected elements of football played on sward before and after renovation. The paper presents preliminary results of studies on the effect of sward type on some football elements. The investigations were performed on three football fields before renovation (hard sward) and on the same fields after renovation (soft sward). The following elements of the play were considered: good shots at the goals, outs and player contusions on a specific field.

The study revealed greater effectiveness of the game on soft swards, smaller number of filed kicks and contusions, which made the play more spectacular and increased the number of spectators at football matches.

Author's address

Karol Wojski
Agricultural University of Wrocław
Department of Grassland and Landscape Planning
ul. M. Skłodowskiej-Curie 42
50-375 Wrocław
Poland

Piotr URBAŃSKI

Katedra Terenów Zieleni
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu
Department of Landscape Architecture
Agriculture University A. Cieszkowski of Poznań

Ocena przydatności nowych herbicydów do zwalczania chwastów na trawnikach

Evaluation of the effectiveness of new herbicides for the control of weeds on lawns

Wprowadzenie

Chwastami są wszelkie niepożądane, ze względów estetycznych i funkcjonalnych, rośliny występujące wśród roślin uprawnych (Brzywczy-Kunińska i Wiwatowski 1996). Występowanie ich jest bardzo powszechne i wynika z ich zdolności przystosowawczej do zmieniających się warunków, dużej ilości zawiązywanych nasion i ogromnej żywotności (Domaradzki 1994). Usuwanie chwastów prowadzi się różnymi sposobami – mechanicznymi i chemicznymi, z różną skutecznością.

Walkę chemiczną zaczęto stosować w dążeniu do znalezienia skuteczniejszych, łatwiejszych i ekonomiczniejszych metod zwalczania chwastów (Adamczewski i Kawczyński 1980, 1988, Milaszewska i Paradowski, 1995). Popularne, lecz starsze herbicydy, np. Bofix 260 EC, Chwastox Extra czy Starane 250 EC, są nadal stosowane, aczkolwiek obserwuje się wzrastającą różnorodność tych preparatów.

W niniejszej pracy przebadano sześć herbicydów mających pełnić w terenach zieleni rolę środków poprawiających estetykę trawnika.

Materiał i metoda

Celem pracy była ocena skuteczności działania 6 herbicydów: Barox 460 SL, Bofix 260 EC, Buctril M 560 EC, Kompal 365 SE, Lancet 530 EW i Starane 250 EC, w zwalczaniu chwastów na trawnikach.

Miejszem badań była powierzchnia wieloletniego trawnika, płaska, na terenie placu Waryńskiego w Poznaniu. Wyznaczono dwa pola doświadczalne o wymiarach 9×21 m, podzielone na 21 jednakowych poletek. Doświadczenie prowadzono w układzie bloków losowanych kompletnych, zatem każdy herbicyd zastosowano na trzech losowo wybranych poletkach, przy czym w bloku dane poletko występowało jeden raz.

Zabieg opryskiwania wykonano dwukrotnie (23.05. i 8.07.1997 r.). Dawki i stężenia środków chemicznych obliczono i zastosowano ściśle według zaleceń producenta.

Obserwacje przed zabiegami i po zabiegach opryskiwania polegały na analizie gatunków i liczebności chwastów. Wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą programu Stat ($\alpha = 0,05$). Po przeprowadzeniu analizy wariancji określano współdziałanie czynników A i B (A – gatunek chwastu, B – zastosowany herbicyd) w celu określenia skuteczności działania badanych herbicydów dla zwalczania chwastów.

Analizy chwastów wykonano trzykrotnie:

- jeden dzień przed opryskiwaniem środkami chwastobójczymi,
- 43 dni po zastosowaniu preparatu,
- 41 dni po drugim zabiegu opryskiwania.

Poza analizą gatunków i liczebności chwastów przeprowadzano obserwacje zmian w wyglądzie roślin, zachodzących po zastosowaniu środków chwastobójczych (barwa, kształt i wielkość liści).

Wyniki

Najważniejszymi chwastami występującymi na poletkach doświadczalnych były: *Achillea millefolium* L., *Capsella bursa pastoris* L., *Plantago major* L., *Polygonum oviculare* L., *Taraxacum officinale* Weber i *Trifolium repens* L. Przed opryskiem herbicydami chwasty charakteryzowały się żywą i zieloną barwą. Pokrój ich był charakterystyczny dla danego gatunku, a oznak chorobowych nie zanotowano.

Ocena skuteczności badanych herbicydów w zwalczaniu poszczególnych gatunków chwastów przedstawia się następująco:

a) krwawnik pospolity (*Achillea millefolium* L.)

Liczba chwastów tego gatunku na poletkach doświadczalnych wynosiła średnio 19 sztuk. Chwasty te, potraktowane preparatem Buctril M 560 EC, już po pierwszym zabiegu opryskiwania zostały zniszczone w 100%. Dobłą skuteczność działania wykazywał także Starane 250 EC (tab. 1). W świetle obserwacji preparaty: Kompal 365 SE i Lancet 530 EW niszczyły chwasty tego gatunku dopiero po drugim zabiegu opryskiwania.

b) tasznik pospolity (*Capsella bursa pastoris* L.)

Średnia liczba chwastów tego gatunku na badanych poletkach wynosiła około 24 sztuk. Największą skutecznością działania wykazywały preparaty: Kompal 365 SE i Buctril M 560 EC. Nie powodowały one jednak niszczenia chwastów w pierwszym terminie zabiegu, lecz silnie ograniczały ich wzrost.

c) babka zwyczajna (*Plantago major* L.)

Babka zwyczajna występowała powszechnie na badanych obiektach – średnio po 30 sztuk. Odnotowano wysoką skuteczność działania herbicydów po pierwszym zabiegu opryskiwania, szczególnie w przypadku stosowania Buctril M 560 EC, Kompal 365 SE i Lancet 530 EW. Pierwsze objawy ginięcia chwastów obserwowano po około 48 godzinach od opryskiwania. Pozostałe preparaty wykazywały dobrą skuteczność niszczenia babki zwyczajnej dopiero po drugim zabiegu.

TABELA 1. Współdziałanie czynników A i B (A – gatunek chwastu, B – zastosowany herbicyd) dla określenia skuteczności działania badanych herbicydów w zwalczaniu chwastów

TABLE 1. The association of elements A and B (A – the weeds, B – the herbicide) to qualify efficiency of herbicides which was used to fight of the weeds

Gatunek chwastu Species of the weed	Herbicyd/Herbicide					
	BAROX 460 SL	BOFIX 260 EC	BUCTRIL M 560 EC	KOMPAL 365 SE	LANCET 530 EW	STARANE 250 EC
<i>Achillea millefolium</i> L.	1,67 ab	5,78 abc	1,22 a	18,00 cde	13,3 abcde	2,6 ab
<i>Capsella bursa-pastoris</i> L.	6,67 abc	8,00 abcd	2,67 ab	0,89 a	4,0 ab	13,6 abcde
<i>Plantago major</i> L.	19,67 de	8,56 abed	0,67 a	1,56 ab	2,0 ab	15,3 bcde
<i>Polygonum oviculare</i> L.	24,67 e	4,44 ab	0,67 a	15,33 bcde	12,2 abcd	1,2 a
<i>Taraxacum officinale</i> WEBER	2,00 ab	0,44 a	2,78 ab	2,00 ab	1,7 ab	3,9 ab
<i>Trifolium repens</i> L.	5,73 abc	3,78 ab	5,31 abc	4,33 ab	3,6 ab	3,6 ab

d) rdest ptasi (*Polygonum oviculare* L.)

W okresie obserwacji liczebność rdestu ptasiego wahała się od 27 do 31 sztuk na poletkach doświadczalnych. Spośród stosowanych preparatów jedynie Buctril M 560 EC niszczył chwasty tego gatunku w 100% już po pierwszym zabiegu opryskiwania (tab. 1). Preparatem silnie ograniczającym wzrost rdestu ptasiego, już po pierwszym zabiegu opryskiwania był Starane 250 EC. Pozostałe preparaty ograniczały rozwój chwastów, a z taką (100%) skutecznością działały dopiero po drugim zabiegu.

e) mniszek pospolity (*Taraxacum officinale* WEBER)

Mniszek pospolity był chwastem bardzo licznie występującym na obserwowanych powierzchniach. Liczba tych roślin przekraczała średnio 35 sztuk w przeliczeniu na jedno poletko. Pomimo tak licznego nagromadzenia

chwastów tego gatunku uzyskano dużą skuteczność działania herbicydów: Bofix 260 EC, Buctril M 560 EC i Lancet 530 EW (tab. 1), już po pierwszym ich stosowaniu. Pozostałe preparaty ograniczały jedynie populację mniszka pospolitego, aczkolwiek przy drugim opryskiwaniu skuteczność ich działania była większa

f) koniczyna biała (*Trifolium repens* L.)

Koniczyna biała zajmowała prawie 40% powierzchni badanych poletek doświadczalnych. Jako bardzo uciążliwy chwast w terenach zieleni wymagał szczególnej uwagi i zastosowania odpowiednich zabiegów chemicznych. Analiza statystyczna wykazała, że stosowanie porównywanych środków chemicznych ograniczało jedynie w stopniu średnim występowanie tego chwastu. Największą skutecznością wyróżniały się preparaty: Lancet 530

EW i Starane 250 EC. Najmniej przydatne okazały się: Barox 460 SL i Buctril M 560 EC.

Wnioski

1. Biorąc pod uwagę liczebność chwastów na trawnikach, najczęściej występowały: *Taraxacum officinale* Weber, *Trifolium repens* L., *Achillea millefolium* L., *Capsella bursa pastoris* L., *Plantago major* L. i *Polygonum aviculare* L.
2. Skuteczność działania środków chwastobójczych była ściśle zależna od gatunku i liczebności występowania chwastów.
3. W wyniku stosowania herbicydów trawniki nie uległy uszkodzeniu.
4. Biorąc pod uwagę średni procent zniszczonych chwastów (niezależnie od gatunku), stwierdzić można, że największą (powyżej 50%) skutecznością działania, już po pierwszym zabiegu opryskiwania, charakteryzowały się: Bofix 250 EC, Buctril M 560 EC, Lancet 530 EW i Starane 250 EC. Wszystkie poddane obserwacjom środki chemiczne zastosowane powtórnie niszczyły populacje chwastów w zakresie od 65 do 95%.

Literatura

- ADAMCZEWSKI K., KAWCZYŃSKI J. 1980: Herbicydy w uprawie zbóż i kukurydzy. Biul. Inf. Nr 5/164, ZPPGR w Poznaniu.
- ADAMCZEWSKI K., KAWCZYŃSKI J. 1988: Wpływ następczy herbicydów stosowanych w buraku cukrowym na zachwaszczenie i plon jęczmienia jarego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 331.
- BRZYWCZY-KUŃSKA Z., WIWATOWSKI L. 1996: Budowa i konserwacja terenów zieleni. PWSZ, Warszawa.

DOMARADZKI K. 1994: Mieszanki herbicydowe do zwalczania chwastów dwuliściennych w uprawie pszenicy ozimej i pszenżyta. *Ochrona Roślin* 5.

MILASZEWSKA K., PARADOWSKI A. 1995: Zwalczanie chwastów na terenach komunalnych. *Ochrona roślin* 8.

Summary

Evaluation of the effectiveness of new herbicides for the control of weeds on lawns. The objective of the work was the effectiveness of 6 herbicides: Barox 460 SL, Bofix 260 EC, Buctril M 560 EC, Kompal 365 SE, Lancet 530 EW and Starane 250 EC. The studies were carried out from May 1 to September 15, 1997, on the lawn in Waryńskiego Square, at Dąbrowskiego street in Poznań.

The studies indicate that none of the applied herbicides exerted any negative effect on the aesthetics of the treated lawn surface. There was no destruction of the lawn grass, and the decreased number of weeds improved the decorative values of the lawn. On the basis of statistical analysis of the results it was found that the investigated herbicides were effective already after the first treatment in case of such weeds as: *Achillea millefolium* L., *Polygonum aviculare* L. and *Taraxacum officinale* Weber. The number of weeds such as: *Capsella bursa pastoris* L. and *Trifolium repens* L. was limited after the second treatment, and in case of *Plantago major* L., the effects of the examined preparations (except for Barox 460 SL, Kompal 365 SE and Starane 250 EC) was a 100% one.

Author's address:

Piotr Urbański
Agriculture University A. Cieszkowski
of Poznań
Department of Landscape Architecture
60-594 Poznań
ul. Dąbrowskiego 159
Poland

Maria PROŃCZUK

Zakład Roślin Motylkowatych i Traw
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie
Legumes and Grasses Department
Plant Breeding and Acclimatization Institute in Radzików

Występowanie i szkodliwość chorób traw, a intensywność uprawy trawników

Occurrence and harmfulness of grass diseases and intensity of turf maintenance

Wprowadzenie

W ostatnich latach w Polsce obserwuje się rosnące zainteresowanie trawnikami, które zakładane są dla celów parkowych, rekreacyjnych lub sportowych. Wzrastają też wymagania co do ich jakości. Coraz większą uwagę przywiązuje się do ich zabarwienia, gładkości powierzchni, zwartości darni i innych cech wpływających na estetyczny wygląd trawnika. Utrzymanie trawnika o takich właściwościach, wbrew pozorom, nie jest łatwe. Poza nakładami związanymi z założeniem trawnika potrzebna jest wiedza o pielęgnacji oraz o czynnikach psujących jego wygląd. Jedną z przyczyn obniżających estetyczny aspekt trawnika są choroby powodowane przez grzyby. Choroby traw w uprawie trawnikowej zostały bardziej poznane i opisane w Ameryce Północnej i Anglii (Baldwin 1990, Smiley i in. 1992, Vargas 1994). W krajach tych najwcześniej zwrócono uwagę na walory estetyczne trawników.

Informacje z piśmiennictwa światowego nie zawsze jednak można przenieść do naszych warunków klimatycznych.

Poznanie chorób występujących na trawach gazonowych w Polsce, przy różnej intensywności uprawy trawników i różnym ich przeznaczeniu było celem badań podjętych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie.

Material i metoda

Badania prowadzono w latach 1990–2000. Dotyczyły one ważniejszych gatunków traw stosowanych na trawniki w Polsce, którymi są: *Lolium perenne* L., *Poa pratensis* L. i *Festuca rubra* L. Niektóre elementy badań przeprowadzano również na innych gatunkach, jak np. *Festuca arundinacea* Schreb. i *Deschampsia caespitosa* P.B. Materiałem do badań były odmiany i rody wysiane w doświadczeniach trawnikowych w Instytucie Hodowli

i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Obserwacje uzupełniające wykonywane były w Ogrodzie Botanicznym w Bydgoszczy, w Ośrodku Nawierzchni Trawnikowych „Juniprex” w Katowicach, w Stacjach Doświadczalnych Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych w Lisewie, Łopusznej i Pawłowicach. Lustrowano boiska sportowe w Warszawie oraz pola golfowe w Rajszewie koło Warszawy i Postołowie koło Gdańska. Doświadczenia trawnikowe prowadzone były według następujących typów intensywności użytkowania:

Eko – ekstensywny ($0 \text{ N kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, koszenie 2 razy w roku na wysokość 7 cm, bez podlewania),

Park – umiarkowanie ekstensywny ($60 \text{ N kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, 8–10 koszeń w roku na wysokość 5–7 cm, bez podlewania, stanowisko zacienione),

Relaks – umiarkowanie intensywny ($150\text{--}240 \text{ N kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, 20–25 koszeń w roku na wysokość 3–5 cm, podlewanie w okresach suszy),

Sport – intensywny ($250\text{--}400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, 35–55 koszeń w roku na wysokość 1,5–3 cm, regularne podlewanie).

Ocenę nasilenia chorób oraz wartość cech trawnikowych u odmian i rodów wykonywano według metodyki podanej przez Prończuk (1993, 2000). Wyniki w tabelach podano jako średnie dla gatunków traw.

Wyniki i dyskusja

Przeprowadzone badania wykazały, że na trawach w uprawie trawnikowej w Polsce występuje wiele chorób traw powodowanych przez grzyby (tab. 1).

Największe szkody na trawnikach powodowała pleśń śniegowa. Według dotychczasowej wiedzy, podawanej przez wielu autorów (Bojarczuk i Bojarczuk 1972, Furgał i in. 1974, Smiley i in. 1992, Vargas 1994), pleśń śniegowa rozwija się pod śniegiem lub na granicy topniejącego śniegu. Prezentowane badania wskazują, że *Microdochium nivale* – główny patogen pleśni śniegowej w Polsce, może uszkadzać trawniki również bez pokrywy śnieżnej, w czasie chłodnej i wilgotnej pogody jesienią i podczas łagodnej zimy.

Chłodna i wilgotna pogoda jesienią i wiosną sprzyjała również rozwojowi *Drechslera poae* – patogena, powodującego brunatną plamistość liści u wiechliny łąkowej. Przy ostrym przebiegu choroby grzyb uszkadzał nie tylko liście, ale również źdźbła i rozłogi traw, co było szczególnie groźne na trawnikach nisko koszonych i zacienionych.

Na trawnikach zlokalizowanych w cieniu, oprócz brunatnej plamistości, popularną chorobą był mączniak prawdziwy. Liście traw pokryte, gęsto skupieniami zarodników grzyba *Erysiphe graminis*, stawały się najpierw białe, potem żółte, a następnie zasychały, powodując przerzedzenie darni.

Nadmierna wilgotność trawnika i wysoka temperatura podczas nocy latem była przyczyną aktywności wielu grzybów, powodujących groźne choroby traw. Należały do nich: rizoktonioza, zgorzel fuzaryjna traw i zgorzel traw powodowana przez grzyby z rodzaju *Pythium*. Vargas (1994) podaje, że zgorzel traw (*Pythium*) występuje szczególnie na trawnikach podlewanych wodą pochodzącą ze zbiorników wodnych, np. ze stawów. W naszych

TABELA 1. Główne choroby traw stwierdzone w uprawie trawnikowej w latach 1990–2000 w Polsce
TABLE 1. Major diseases occurred on turfgrasses in 1990–2000 in Poland

Popularna nazwa Common name	Patogen Causal fungus
Pleśń śniegowa Snow mould	<i>Microdochium nivale</i> (Fr) Samuels & Hallett
Brunatna plamistość liści (helminthosporioza) Leaf spot, melting out	<i>Drechslera</i> spp., <i>Bipolaris</i> spp.
Mączniak prawdziwy Powdery mildew	<i>Erysiphe graminis</i> DC.
Rizoktonioza Brown patch	<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn, <i>Rhizoctonia zeae</i> Voorhees
Zgorzel fuzaryjna Fusarium blight	<i>Fusarium</i> spp.
Zgorzel siewek traw Pythium blight	<i>Pythium</i> spp.
Czerwona nitkowatość Red thread	<i>Laetisaria fuciformis</i> (McAlp.) Burdsall
Różowa plamistość trawników Pink patch	<i>Limonomyces roseipellis</i> Stalpers & Loerakker
Czarcie kręgi Fairy rings	<i>Basidiomycetes</i> spp.
Rdze Rusts	<i>Puccinia</i> spp.
Głownia plamista liści Blister smut	<i>Entyloma dactylidis</i> (Pass.) Ciff.

badaniach pojawianie się tej choroby stwierdzaliśmy na polu golfowym w Rajszewie, przy produkcji darni rolowanej oraz na trawnikach w warunkach zacienionych. Jedynie na polu golfowym korzystano z wody pochodzącej ze stawu. Choroby takie, jak czerwona nitkowatość i różowa plamistość trawników, objawiały się w postaci plam w darni o różowym lub czerwonym zabarwieniu. Patogeny tych chorób: *Laetisaria fuciformis* oraz *Limonomyces roseipellis* znane są z występowania razem, jako kompleks. Są jednak doniesienia o samodzielnym ich pojawianiu (O'Neill i Murray 1985). W Radzikowie częściej stwierdzano *Limonomyces*

roseipellis, natomiast w rejonie Bydgoszczy dominował *Laetisaria fuciformis*. Choroby te obserwowano na trawnikach w okresie przedłużającej się chłodnej i wilgotnej pogody, w środku lata (czerwiec–lipiec) oraz na jesieni (październik–listopad). Porażenie było silniejsze na trawach, z widocznym brakiem nawożenia azotowego.

Podczas lata na trawnikach często spotykano czarcie kręgi. Tak przyjęto nazywać chorobę powodowaną przez grzyby kapeluszowe, rozproszone po trawniku lub układające się w pierścienie, wstęgi lub pasma. Grzyby te, jeśli nie powodują zmian w wyglądzie darni, mogą być tolerowane. Czasami jednak

kręgi z ciemno- lub jasnozielonym obrzeżem psują estetykę trawnika, a zdarza się też, że trawy w kręgu zamierają. Według Baldwina (1990), czarcie kręgi może powodować około 60 gatunków grzybów z rodzaju *Basidiomycetes*. Najbardziej groźny wśród nich jest *Marasmius oreades*, który spotykany był na polach golfowych i stadionach.

Pod koniec lata na liściach traw można było dostrzec skupienia zarodników grzybów z rodzaju *Puccinia*. Porażenie często było małe i nie wpływało ujemnie na estetyczny wygląd trawników prawidłowo pielęgnowanych. Zdaniem wielu badaczy, grzyby te stanowią problem na trawnikach rzadko koszonych i nie nawożonych (Baldwin 1990; Smiley i in. 1992). Niektóre jednak gatunki grzybów rdzawnikowych, np. *Puccinia striiformis*, mogą porażać trawy również w użytkowaniu intensywnym, zwłaszcza w okresach, gdy wzrost traw jest wolny albo zatrzymany przez niską temperaturę. Rdza żółta, w ostatnich latach w Polsce, powodowała duże szkody na trawnikach obsianych wiechliną łąkową.

W czasie 10 lat badań spotykano również choroby o mniejszym znaczeniu. Do takich należy głównie plamista liści powodowana przez *Entyloma dactylidis*. Mniejsze znaczenie tej choroby wynika z okresu jej występowania. Charakterystyczne objawy porażenia liści obserwowano tylko w okresie jesieni, zimy i wiosny. Mühle i inni (1975) twierdzą, że w tym okresie choroba może być niezauważana. Nasze obserwacje wskazują, że choroba znacznie obniża efekt zimozieloności i estetyczny aspekt trawnika jesienią i wiosną. Głównia plamista może mieć szczególne znaczenie w użytkowaniu traw na cele sportowe, ponieważ eks-

ploatacja boisk rozpoczyna się wczesną wiosną i trwa do późnej jesieni.

Wieloletnie badania potwierdziły, że choroby traw w uprawie trawnikowej zdecydowanie psują takie cechy trawnika, jak: ogólny aspekt estetyczny, i wpływają negatywnie na zagęszczenie darni (zadarnienie). W hodowli odmian cechy te oceniane są kilka razy w roku (Prończuk 1993).

W tabeli 2 przedstawiono zależność cech trawnikowych od nasilenia pleśni śniegowej u życicy trwałej i kostrzewy czerwonej. Pleśń u tych gatunków wpływała negatywnie zarówno na ogólny estetyczny aspekt, jak i na zadarnienie trawnika. Wpływ ten szczególnie zaznaczał się w okresie wiosennym, jednak skutki choroby były widoczne jeszcze latem, a u kostrzewy czerwonej także na jesieni (nawrót choroby), na co wskazują ujemne współczynniki korelacji. Uszkodzenia spowodowane przez pleśń rzutowały na wskaźniki zbiorcze SROA i Q, określające ogólną wartość trawnikową gatunku czy pojedynczej odmiany. Podobne relacje stwierdzano także dla innych chorób w użytkowaniu trawnikowym, które przedstawiono we wcześniejszym, obszernym opracowaniu (Prończuk 2000). Fakty te wskazują, jak ważna jest odporność na choroby, zwłaszcza u odmian przeznaczonych na trawniki intensywnie użytkowane. Ten pogląd potwierdza wielu badaczy (Meyer 1982, Schumann i Wilkinson 1992, Vargas 1994, van Wijk 1997).

Występowanie chorób i ich szkodliwość zależała od intensywności uprawy, czyli typu użytkowania trawnika, oraz warunków środowiska, w których trawnik był zakładany, np. czy w miejscach nasłonecznionych, czy w cieniu (tab. 3).

TABELA 2. Współczynniki korelacji między cechami trawnikowymi *Lolium perenne* i *Festuca* spp. a nasileniem pleśni śniegowej (Radzików 1993–1998)

TABLE 2. Correlation coefficient between turf characters of *Lolium perenne* and *Festuca* spp. and snow mould disease prevalence (Radzików 1993–1998)

Cechy trawnikowe Turf characters	Pleśń śniegowa/Snow mould*	
	<i>Lolium perenne</i> (n = 360)	<i>Festuca</i> spp. (n = 480)
OA ¹⁾ wczesna wiosna/early spring	-0,835***	-0,675***
wiosna/spring	-0,515***	-0,507***
lato/summer	-0,077	0,061
jesień/autumn	0,121*	-0,213***
ZA ²⁾ wiosna/spring	-0,523***	-0,335***
lato/summer	-0,250***	-0,196***
jesień/autumn	0,046	-0,213***
SROA ³⁾	-0,263***	-0,394***
Q ⁴⁾	-0,388***	-0,453***

Objaśnienia/Explanation:

1) OA – ogólny estetyczny aspekt/general aesthetic aspect.

2) ZA – zadarnienie/compactness (density of turf).

3) SROA – średni ogólny aspekt wiosną, latem i jesienią/mean general aspect spring, summer, autumn.

4) Q – wskaźnik jakości według Prończuka i współautorów (1997)/quality index according to Prończuk et al. (1997).

• Istotne przy $\alpha = 0,05$,

• *** przy $\alpha = 0,001$ /significant at $\alpha = 0,05$, 0,001, respectively.

TABELA 3. Typy intensywności uprawy trawników a nasilenie chorób

TABLE 3. Types of intensity of turf maintenance and disease prevalence

Popularna nazwa choroby Common name of disease	Typy intensywności uprawy Types of maintenance intensity			
	Eko/Eco ekstensywny extensive	Park (cień) Park (shade) umiarkow- nie/ekstensywny modera- te/extensive	Relaks/Relax Umiarkowanie intensywny moderate intensive	Sport/Sport Intensywny Intensive
1	2	3	4	5
Pleśń śniegowa Snow mould	+	+	+++	+++
Brunatna plamistość liści Leaf spot, melting out	+	+++	++	+++
Mączniak prawdziwy Powdery mildew	–	+++	–	–
Rizoktonioza Brown patch	–	++	++	+++

cd. tabeli 3

1	2	3	4	5
Zgorzel fuzaryjna traw Fusarium blight	–	++	++	+++
Zgorzel siewek traw Pythium blight	–	–	+	+++
Czerwona nitkowatość Red thread	++	+	++	+
Różowa plamistość Pink patch	+++	+	++	+
Czarcie kręgi Fairy rings	+	+	++	++
Rdze Rusts	+++	–	+	–
Głownia plamista liści traw Blister smut	–	+	++	–

Objaśnienia/Explanation:

+ ++ Występowała z dużym nasileniem/occurred with high prevalence.

++ Występowała w średnim nasileniu/occurred with moderate prevalence.

+ Występowała w małym nasileniu/occurred with low prevalence.

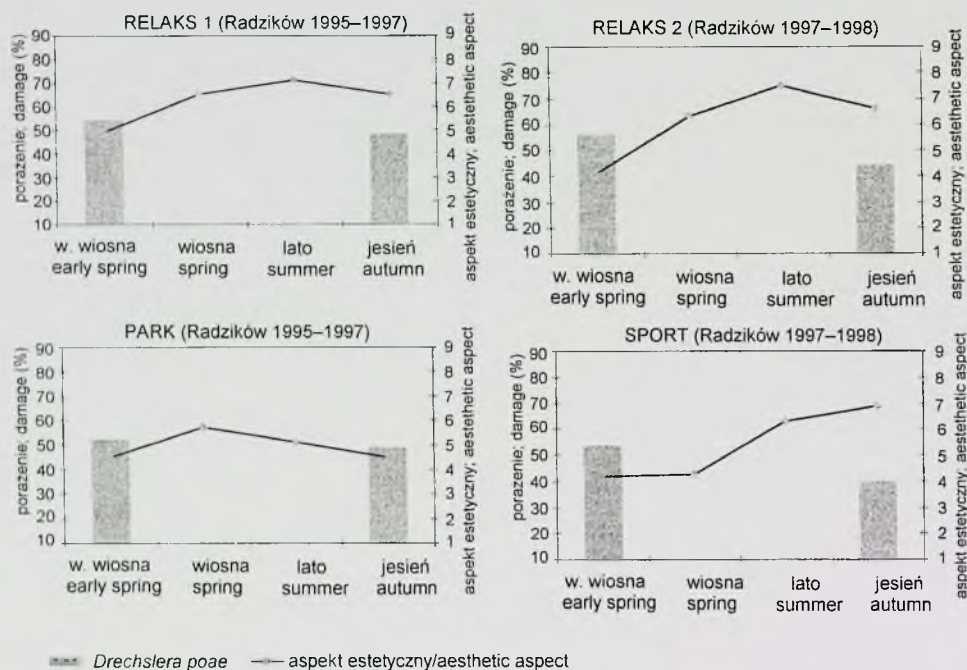
– Nie stwierdzono/not observed.

Pleśń śniegowa np. powodowała dużo większe szkody w uprawie intensywniej (Relaks i Sport) niż w uprawie ekstensywniej (Eko i Park). Brunatna plamistość liści, w warunkach zacienionych oraz w uprawie intensywniej, uszkadzała pochwy liściowe, węzły krzewienia oraz rozłogi, powodując często zamieranie roślin. W uprawie ekstensywniej natomiast, powodowała jedynie plamy na liściach nie mające dużego wpływu na wygląd trawników. Mączniak prawdziwy obserwowano na trawach jedynie w warunkach zacienionych, natomiast grzyby rdzawnikowe tylko w warunkach nasłonecznionych.

Stwierdzono, że intensywność uprawy trawnika (liczba koszeń, wysokość nawożenia) wpływała również na zdolność traw do regeneracji po ustąpieniu choroby. Na przykład, odmiany wiechli-

ny łąkowej szybciej regenerowały uszkodzenia, spowodowane porażeniem *Drechslera poae*, w uprawie umiarkowanej intensywniej – Relaks, niż w intensywniej typu Sport oraz umiarkowanie ekstensywniej typu Park w cieniu (rys. 1).

Szczególnie słabą regenerację, a nawet jej brak, obserwowano przy uprawie trawników w warunkach zacienionych (Park). Dosyć wolno następowało odtwarzanie uszkodzonej darni na trawniku intensywnie traktowanym – typu Sport. W tym użytkowaniu wygląd trawników poprawiał się dopiero latem, osiągając szczyt jesienią. Intensywnie rosnące trawy opierały się infekcji. Dopiero pod koniec października, gdy wzrost został zahamowany, stwierdzano nasilenie się porażenia u bardziej podatnych odmian.



RYSUNEK 1. Sezonowe zmiany estetycznego aspektu trawnika wiechliny łąkowej, na tle porażenia przez *Drechslera poae* w użytkowaniu Relaks, Park i Sport
 FIGURE 1. Seasonal changes of aesthetic aspect of *Poa pratensis* lawn in relation to occurrence of *Drechslera poae* under Relax, Park and Sport maintenance

TABELA 4. Główni gospodarze (trawy gazonowe) i ich choroby w Polsce
 TABLE 4. Principal host (turfgrass) and their diseases in Poland

Popularna nazwa choroby Common name of disease	Gatunki traw gazonowych/Species of turfgrasses				
	<i>Lolium perenne</i>	<i>Poa pratensis</i>	<i>Festuca rubra</i>	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Deschampsia caespitosa</i>
1	2	3	4	5	6
Pleśń śniegowa Snow mould	+++	+	+++	+++	+
Brunatna plamistość liści Leaf spot, melting out	+	+++	++	+	+
Mączniak prawdziwy Powdery mildew ¹⁾	+	+++	+	+	+
Rizoktonioza Brown patch	+	+	+	+	+++
Zgorzel fuzaryjna traw Fusarium blight	++	+	++	+	++

cd. tabeli 4

1	2	3	4	5	6
Zgorzel siewek traw Pythium blight	+	+	+	+	+
Czerwona nitkowatość Red thread	++	+	+++	+	+
Różowa plamistość trawników Pink patch	+++	+	++	+	+
Czarcie kręgi Fairy rings	+	+++	++	+	++
Rdze Rusts	+	+++	+	–	+++
Głównia plamista liści traw Blister smut	–	+	++ ²⁾	–	–

Objaśnienia/Explanation:

1) W warunkach zacienionych/under shade conditions.

2) Występowała tylko na *F. rubra* spp. *rubra*/on *F. rubra* spp. *rubra* occurred only.

+++ Występowała z dużym nasileniem/occured with high prevalence.

– Nie obserwowano/not observed.

Nasilenie porażenia i szkodliwość chorób zależała również od podatności gatunków traw użytych do siewu trawnika (tab. 4). Głównym gospodarzem, np. pleśni śniegowej były: *Lolium perenne*, *Festuca rubra* i *Festuca arundinacea*. Niewielkie uszkodzenia powodowała ta choroba na trawnikach obsianych *Poa pratensis* i *Deschampsia cespitosa*. *Poa pratensis* natomiast porażana była głównie przez *Drechslera poae* (brunatna plamistość liści) i rdzę żółtą. *Deschampsia cespitosa* zaś podatna była na rdzę żółtą i rizoktoniozę. Szkodliwość chorób zależała także od podatności odmian zastosowanych do mieszanki trawnikowej, o czym sygnalizowano w poprzednich pracach (Prończuk i Prończuk 1994, Prończuk 2000).

Przeprowadzone badania dotyczyły chorób występujących na pojedynczych gatunkach traw. Odpowiednio dobrane gatunki, a nawet odmiany traw, mogą

zapobiec wystąpieniu chorób na trawniku lub ograniczyć ich rozprzestrzenianie się.

Wnioski

1. Stwierdzono, że nasilenie chorób traw gazonowych w Polsce nie różni się wyraźnie od notowanego w innych krajach strefy klimatu umiarkowanego.
2. Potwierdzono, że choroby w uprawie trawnikowej wpływają negatywnie przede wszystkim na takie cechy, jak ogólny estetyczny aspekt i zadarnienie trawnika.
3. Występowanie chorób i ich szkodliwość wzrasta wraz z intensywnością uprawy trawnika (nawożeniem, koszeniem). Wpływ na rozwój chorób mogą mieć również warunki środowiska powodujące stresy (cień, nadmierna wilgotność)

oraz podatność gatunków i odmian traw użytych do siewu trawnika.

4. Groźnymi chorobami w uprawie trawnikowej w Polsce są:

- pleśń śniegowa (*Microdochium nivale*) u *Lolium perenne*, *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea* i *Festuca ovina*,
- brunatna plamistość liści (*Drechslera poae*) u *Poa pratensis*,
- mączniak prawdziwy (*Erysiphe graminis*) u *Poa pratensis*,
- różowa plamistość trawników (*Monomyces roseipellis*), czerwona nitkowatość (*Laetisaria fuciformis*) u *Lolium perenne* i *Festuca* spp.,
- rizoktonioza (*Rhizoctonia solani*) u wszystkich gatunków traw w pierwszym roku użytkowania trawnika, ale szczególnie u *Deschampsia caespitosa*,
- zgorzel fuzaryjna (*Fusarium* spp.) u wszystkich gatunków traw ale szczególnie u *Festuca rubra* i *Festuca ovina*,
- rdze traw: *Puccinia striiformis* u *Poa pratensis* i *Puccinia graminis* u *Deschampsia caespitosa*,
- czarcie kręgi (*Basidiomycetes* spp.) u wszystkich gatunków traw,
- głownia plamista (*Entyloma dactylidis*) u *Poa pratensis* i *Festuca rubra* ssp. *rubra*.

Literatura

- BALDWIN N.A. 1990: Turfgrass pest and diseases. The Sport Turf Research Institute, Bingley.
- BOJARCZUK M., BOJARCZUK J. 1972: Badania nad etiologią pleśni śniegowej oraz odpornością rodów, odmian i linii żyta, pszenicy ozimej na tę chorobę. *Hod. Rośl. Aklim. i Nas.* 16 (5): 413–427.
- FURGAŁ H., KOCZOWSKA I., TOMASZEWSKI Z. 1974: Zagadnienie pleśni śniegowej na życie. *Biul. IHAR* 1–2: 93–97.
- MEYER W.A. 1982: Breeding disease-resistant cool-season turfgrass cultivars in the United States. *Plant Dis.* 66: 341–344.
- MÜHLE E., FRAUENSTEIN K., SCHUMANN K., WETZEL T. 1975: Choroby i szkodniki traw pastwnych. PWRiL, Warszawa.
- O'NEILL N.R., MURRAY J.J. 1985: Etiology of red thread and pink path diseases in the United States. Proc. of 5 Inter. Turfgrass Res. Conf. Avignon, France.
- PROŃCZUK S. 1993: System oceny traw gazonowych. *Biul. IHAR* 186: 127–132.
- PROŃCZUK M. 2000: Choroby traw – występowanie i szkodliwość w uprawie na nasiona i użytkowaniu trawnikowym. *Monografie i rozprawy naukowe IHAR* 4: 1–183.
- PROŃCZUK M., PROŃCZUK S. 1994: Wstępna ocena odporności traw gazonowych na choroby w Polsce. *Gent. Pol.* 35A: 341–348.
- PROŃCZUK S., PROŃCZUK M., ŻYLKA D. 1997: Metody syntetycznej oceny wartości użytkowej traw gazonowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 451: 125–133.
- SCHUMANN G.L., WILKINSON H.T. 1992: Research methods and approaches to study of diseases in turfgrasses. In: Turfgrass. Waddington R.N. et al. (ed.). *Agronomy Monograph* 32: 653–688.
- SMILEY R.W., DERNOEDEN W.K., CLARKE B.B. 1992: Compendium of turfgrass diseases. The American Phytopath. Society, Minnesota.
- van WIJK A.J.P. 1997: Breeding amenity grass: achievements and future prospects. In: Ecological aspects of breeding fodder crops and amenity grasses. Staszewski Z. et al. (eds). IHAR, Radzików, Poland.
- VARGAS J.M. 1994: Management of turfgrass diseases. Lewis Publ. CPR Press, Inc.

Summary

Occurrence and harmfulness of grass diseases and intensity of turf maintenance. Disease, their causal agents and occurrence on turfgrasses were studied in 1990–2000. The influence of diseases on lawn characters in different systems of maintenance was evaluated. Studies concerned the most important species used for lawn in Poland, such as *Lolium perenne*, *Poa pratensis* and *Festuca rubra*. Some experiments were performed additionally on other species as *Festuca ovina*, *Festuca arundinacea* and *Deschampsia caespitosa*. The material for study were cultivars and stains in the trials conducted under different system of maintenance: extensive (Eco), moderate extensive (Park-shade), moderate intensive (Relax) and intensive (Sport). The investigations revealed that the occurrence of turfgrass diseases did not differ markedly from that noted in other countries of temperate climate. It was confirmed that diseases decidedly influenced the aesthetic value of the lawn. They limit the values of such characters as general performance, compactness and quality index. The occurrence of diseases and their harmfulness in a great extent depend on the intensity of maintenance (nutrition, cutting), environ-

ment conditions (shade, high moisture) and susceptibility of species and cultivars used to the mixture. The most harmful diseases were: snow mould (*Microdochium nivale*) in *Lolium perenne*, *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea* and *Festuca ovina*; leaf spot and melting out (*Drechslera poae*) in *Poa pratensis*; powdery mildew (*Erysiphe graminis*) in *Poa pratensis* under shadow environment; pink patch (*Limonomyces roseipellis*) and red thread (*Laetisaria fuciformis*) in *Lolium perenne* and *Festuca rubra*; brown patch (*Rhizoctonia solani*) in all grass species in the first year of maintenance; rust (*Puccinia striiformis*) in *Poa pratensis* and (*Puccinia graminis*) in *Deschampsia caespitosa*; blister smut (*Entyloma dactylidis*) in *Poa pratensis* and in *Festuca rubra* ssp. *rubra* and fairy rings (*Basidiomycets* spp.) in all tested grass species.

Author's address:

Maria Prończuk
Legumes and Grasses Department
Plant Breeding and Acclimatization Institute
in Radzików
05-870 Błonie
e-mail: m.pronczuk@ihar.edu.pl
Poland

Teoretyczne podstawy rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń pasywnych w korytach otwartych

Basic of theoreticals spread of passive pollutants in the open channels

Wprowadzenie*

Znajomość stopnia rozproszenia zanieczyszczeń pozwala oszacować ich wpływ na ekosystem płynących wód. Do prognozowania rozprzestrzeniania się i transportu zanieczyszczeń w rzekach stosowane są modele matematyczne. Modele te mogą stanowić zarówno pomoc w interpretacji wyników bezpośrednich pomiarów stężeń wykonywanych dla potrzeb oceny istniejącego stanu jakości wody, jak i służyć do prognozy transportu zanieczyszczeń.

W pracy ograniczono się do podstaw teoretycznych rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń pasywnych, czyli takich, które po wprowadzeniu do rzek nie wpływają na jej właściwości fizyczne, gdyż gęstość i lepkość tych zanieczyszczeń jest zbliżona do wody (Krukowski i Kurzawski 2001). Do tego rodzaju zanieczyszczeń należą chlorki, siarczany, rumowisko rzeczne, rozpuszczony tlen (Czermuszenko i Rowiński 1994), a także ścieki bytowo-gospodarcze, które stanowią największy udział w ściekach odprowadzanych do rzek. Stwierdzenie o pasywnym charakterze zanieczyszczeń ma istotne znaczenie dla modelowania. Pozwala ono na rozdzielanie modelowania dynamiki przepływu wody i dynamiki transportu masy zanieczyszczeń (Szymkiewicz 2000).

Opis rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń

Od momentu nagłego zrzutu zanieczyszczeń w rzekach, kanałach i zbiornikach generowane są procesy decydujące o ich rozprzestrzenianiu i transporcie. Wyróżnia się wśród nich adwekcję, dyfuzję, adsorpcję, desorpcję, osiadanie substancji zawieszonych, reakcje chemiczne czy też procesy biologiczne. Wiele zanieczysz-

* Z uwagi na rozbudowane wzory artykuł złożono jednolamowo.

Diagram illustrating the mass balance for a control volume in a 3D coordinate system (x, y, z). A rectangular control volume with dimensions Δx , Δy , and Δz is shown. Particles (spheres) are entering from the left face (x=0) and exiting from the right face (x= Δx). The inflow is labeled $u_x c + J_x$ and the outflow is labeled $u_x c + J_x + d(u_x + J_x)$. The mass of particles within the control volume is labeled "masa zanieczyszczeń zakumulowana w elemencie".

FIGURE 1. Flow of the passive pollutants through elementary particle of fluid in direct dx , dy , dz

$$\underbrace{[u_x C + J_x] dx dy dz}_{\text{odpływ masy}} + \underbrace{\frac{\partial C}{\partial t} dx dy dz}_{\text{akumulacja}} + \underbrace{[u_x C + J_x + d(u_x C + J_x)]}_{\text{odpływ masy}} = 0 \quad (1)$$

dt – czas bilansowania [s].

Podczas przepływu zanieczyszczeń przez wyodrębniony w obszarze przepływu wody prostopadłościan część zanieczyszczeń nie opuszcza prostopadłościanu w czasie dt i jest akumulowana, a część odpływa zgodnie z kierunkiem przepływu –osią x .

Zapisując podobne równania bilansu zanieczyszczeń dla danego elementarnego prostopadłościanu w kierunku osi y i z oraz sumując je, uzyskano:

$$\frac{\partial}{\partial x}(u_x C + J_x) dt dx dy dz + \frac{\partial}{\partial y}(u_y C + J_y) dt dx dy dz + \frac{\partial}{\partial z}(u_z C + J_z) dt dx dy dz + \frac{\partial C}{\partial t} dt dx dy dz = 0 \quad (2)$$

Dzieląc równanie (2) przez objętość prostopadłościanu $dx dy dz$ oraz przez dt , otrzymano:

$$\frac{\partial C}{\partial x} u_x + \frac{\partial C}{\partial y} u_y + \frac{\partial C}{\partial z} u_z + \frac{\partial J_x}{\partial x} + \frac{\partial J_y}{\partial y} + \frac{\partial J_z}{\partial z} + \frac{\partial C}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

Strumienie dyfuzyjne J_x , J_y , J_z można wyrazić przy użyciu zależności (4), podanej przez Ficka, która opisuje zmianę stężenia substancji dyfundującej w ośrodku izotropowym (Popławski 1976):

$$J_x = -D_x \frac{\partial C}{\partial x}, \quad J_y = -D_y \frac{\partial C}{\partial y}, \quad J_z = -D_z \frac{\partial C}{\partial z} \quad (4)$$

gdzie:

x, y, z – kierunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń,

u_x, u_y, u_z – składowe prędkości,

D_x, D_y, D_z – współczynniki dyfuzji w układzie kartezjańskim [m^2/s].

Wprowadzając zależności (4) do równania (3) otrzymano:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial C}{\partial x} u_x + \frac{\partial C}{\partial y} u_y + \frac{\partial C}{\partial z} u_z = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \quad (5)$$

Równanie (5) opisuje nieustaloną dyfuzję cząstek zanieczyszczeń z adwekcją zachodzącą w trzech kierunkach w ściślej cieczy. Równanie (5) w zapisie wektorowym podawane jest w postaci (Czernuszenko 2000):

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \text{div} \vec{v} = 0 \quad (6)$$

gdzie:

C – koncentracja zanieczyszczeń [kg/m^3],

j – gęstość strumienia masy zanieczyszczeń [$\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$],

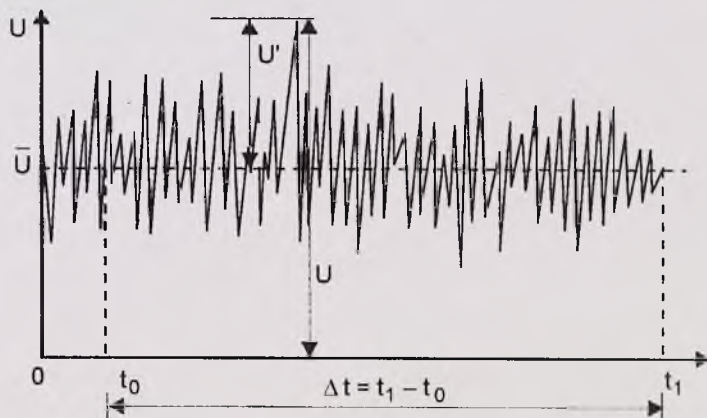
$$j = UC - D_M \text{grad} C \quad (7)$$

gdzie:

UC – adwekcyjny strumień zanieczyszczeń,

$D_M \text{grad} C$ – dyfuzyjny strumień zanieczyszczeń.

Przepływ wody w korytach otwartych charakteryzuje się zmianami prędkości w czasie i określany jest jako turbulentny (rys. 2).



RYSUNEK 2. Zmienność składowej prędkości U_i w kierunku przepływu
FIGURE 2. Variation of the velocities component U_i in direction of flow

W turbulentnym przepływie wody pulsacje prędkości powodują także zmiany w koncentracji zanieczyszczeń. W praktyce uzyskanie informacji o turbulentnym polu prędkości, fluktuacjach prędkości i koncentracji nie jest możliwe ze względu na ich losowy charakter. Dlatego określa się średnie wartości czasowe. Do równania (5) wprowadza się wartości prędkości i koncentracji jako sumę wartości uśrednionych w czasie i wartości fluktuacji:

$$\begin{aligned} U &= \bar{U} + U' \\ C &= \bar{C} + C' \end{aligned} \quad (8)$$

gdzie:

$\bar{U}$ – średnie prędkości,

U' – fluktuacja prędkości,

$\bar{C}$ – średnia koncentracja,

C' – fluktuacja koncentracji.

Składowe prędkości w stałym punkcie przepływu turbulentnego zmieniają się w bardzo krótkich odstępach czasu oraz oscylują wokół pewnej wartości średniej. Uśrednioną w czasie składową prędkości zapisuje się w postaci:

$$\bar{U} = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_0}^{t_1} U dt \quad (9)$$

Obliczona z tej zależności średnia składowa prędkości jest równoznaczna z wyznaczeniem średniej wartości składowej prędkości na podstawie zamiany pola zawartego między osią czasu a wykresem chwilowych wartości prędkości w przedziale $\Delta t = t_1 - t_0$ na prostokąt o podstawie Δt . Wartość średniej prędkości jest zależna od długości przedziału czasu uśredniania Δt . Dlatego też w praktyce rozpatruje się na tyle długie przedziały czasu, aby obliczone wartości średniej prędkości były równe, co pozwala stwierdzić, że przepływ turbulentny jest jednorodny (Elsner 1987).

Podobne założenie stosuje się przy obliczaniu średniej czasowej koncentracji, gdzie Δt jest okresem uśredniania:

$$\bar{C} = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_0}^{t_1} C dt \quad (10)$$

Wprowadzając wartości prędkości i koncentracji w danym punkcie przekroju według zależności (8) do wyjściowego równania (6) i stosując operację uśredniania w czasie (9), (10), otrzymuje się równanie transportu zanieczyszczeń, będące różniczkowym równaniem typu parabolicznego:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \text{div } \bar{j} = 0 \quad (11)$$

gdzie:

$$\bar{j} = \overline{UC} + \overline{U'C'} - D_M \text{grad} \bar{C}$$

gdzie:

$\bar{C}$ – średnia koncentracja,

$\bar{U}$ – średnia prędkość,

D_M – współczynnik dyfuzji molekularnej,

$\overline{U'C'}$ – turbulentny strumień masy zanieczyszczeń.

Turbulentny strumień masy wyznacza się na podstawie hipotezy, która pozwala uzależnić go od gradientu średniej koncentracji w postaci (Czernuszenko 2000):

$$\overline{U'C'} = -D_T \text{grad} \bar{C} \quad (12)$$

gdzie D_T – współczynnik dyfuzji turbulentnej.

Uśrednione w czasie równanie bilansu masy przyjmuje więc ostatecznie postać:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \text{div} (\bar{UC} - (D_T + D_M) \text{grad} \bar{C}) = 0 \quad (13)$$

Zastosowane operacje uśredniania w czasie (9), (10) spowodowały powstanie nowego składnika w równaniu transportu w postaci turbulentnego strumienia masy $D_T \text{grad} \bar{C}$. Zatem w przepływie burzliwym występują trzy strumienie masy zanieczyszczeń, tzn. adwekcyjny, turbulentny i molekularny:

$$\bar{j} = \bar{UC} + D_T \text{grad} \bar{C} + D_M \text{grad} \bar{C} \quad (14)$$

Równanie (14) stosowane jest do opisu rozprzestrzeniania zanieczyszczeń w szerokich korytach rzecznych wskutek adwekcji i dyfuzji w kierunku przepływu i poprzecznym do niego. Gdy można pominąć zmienność parametrów przepływu w pionie, równanie (14) można przekształcić w wyniku ponownego uśredniania wartości koncentracji i prędkości wzdłuż głębokości. Wyrażając zmienność wartości wzdłuż głębokości zależnościami:

$$\begin{aligned} \bar{U}(x, y, z) &= \bar{U}(x, z) + \bar{U}'(x, y, z) \\ \bar{C}(x, y, z) &= \bar{C}(x, z) + \bar{C}'(x, y, z) \end{aligned} \quad (15)$$

oraz wprowadzając zależność na średnią koncentrację i prędkość według zależności:

$$\begin{aligned} \bar{C} &= \frac{1}{h} \int_0^h \bar{C} dh \\ \bar{U} &= \frac{1}{h} \int_0^h \bar{U} dh \end{aligned} \quad (16)$$

i wprowadzając je do równania (13), otrzymano jego postać dwuwymiarową:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} h + \text{div} \left(\bar{U} \bar{C} h - \bar{U}' \bar{C}' h + (D_M + D_T) \text{grad} \bar{C} h \right) = 0 \quad (17)$$

gdzie:

$\bar{U}$, $\bar{C}(x, z)$ – średnie wartości prędkości i koncentracji na głębokości,

$\bar{C}'$, $\bar{U}'(x, y, z)$ – odchylenia od wartości średniej w pionie,

h – głębokość,

D_M – współczynnik dyfuzji molekularnej,

D_T – współczynnik dyfuzji turbulentnej.

W wyniku operacji uśredniania na głębokości powstał w równaniu (17) nowy składnik opisujący mechanizm transportu nazywany dyspersją $\overline{U'C'h}$. Strumień dyspersji jest trudny do oszacowania, dlatego też przyjmuje się, iż efekt uśredniania wzdłuż głębokości można opisać zależnością podawaną przez Ficka:

$$\overline{U'C'h} = D_D \text{grad} \overline{Ch} \quad (19)$$

Dyspersja wywoływana jest gradientem prędkości w strumieniu i stężenia zanieczyszczenia. Należy jednak zaznaczyć, że dyspersja nie jest zjawiskiem fizycznym jak adwekcja czy też dyfuzja. Dyspersja jest następstwem efektu uśredniania prędkości w przekroju strumienia i koncentracji wraz z ich fluktuacjami przy założeniu, że gęstość strumienia masy jest opisywana przez adwekcję i dyfuzję oraz nie występują dodatkowe źródła zanieczyszczeń.

Takie założenie pozwala przekształcić równanie (17) do postaci:

$$\frac{\partial \overline{C}}{\partial t} h + \text{div} \left(\overline{UCh} - (D_M + D_T + D_D) \text{grad} \overline{Ch} \right) = 0 \quad (20)$$

Z równania (20) wynika, iż w procesie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń biorą udział strumienie: adwekcyjny, dyfuzji molekularnej, dyfuzji turbulentnej i powstały strumień dyspersyjny. Współczynnik dyspersji D_D ma rząd wielkości 10^2 [m^2/s] i jest znacznie większy od współczynnika dyfuzji turbulentnej (10^{-3} [m^2/s]), nie wspominając już o współczynniku dyfuzji molekularnej (10^{-6} [m^2/s]). Dlatego też w praktyce pominięcie dwóch pierwszych składników w równaniu (20) można uznać za uzasadnione. Przyjmiemy wtedy ono postać:

$$\frac{\partial \overline{C}}{\partial t} h + \text{div} \left(\overline{UCh} - D_D \text{grad} \overline{Ch} \right) = 0 \quad (21)$$

Uzyskane dwuwymiarowe równanie „dyspersyjne” jest stosowane do opisu transportu zanieczyszczeń pasywnych, zwłaszcza dla rzek o nieregularnych przekrojach poprzecznych, w których poprzeczna składowa prędkości ma istotny wpływ na proces mieszania się zanieczyszczeń (Czernuszenko 1986).

W praktyce inżynierskiej wygodne jest wykorzystywanie równania (21) w formie powstałej po jego scałkowaniu na szerokości przekroju:

$$\frac{\partial \overline{C}}{\partial t} A + \text{div} \left(\overline{UCA} - D_D \text{grad} \overline{CA} \right) = 0 \quad (22)$$

gdzie A – pole przekroju poprzecznego rzeki.

Uproszczenie takie jest możliwe ze względu na fakt, że w większości rzek o zwartym przekroju poprzecznym rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń przebiega

w głównej mierze w kierunku podłużnym (przepływu). Rzeki nizinne charakteryzują się niewielką głębokością w stosunku do szerokości, co powoduje, że stężenia zanieczyszczeń w pionie rozprzestrzeniają się w czasie krótszym niż w kierunku poprzecznym. Jeżeli dodatkowo pominąć odległość od przekroju rzutu do pełnego wymieszania się (zwykle kilkaset metrów), to główny proces rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń zachodzi w kierunku podłużnym (dyspersja podłużna). Rozwiązanie równania jednowymiarowego (22) umożliwia określenie średniej koncentracji w przekroju poprzecznym rzeki, a także rozwiązaniu strumienia adwekcyjnego i turbulentnego masy.

W literaturze (Keefer i Jobson 1978) równanie jednowymiarowe częściej jest przedstawiane w formie wskaźnikowej ze względu na czytelniejszy zapis postaci:

$$\frac{\partial C}{\partial t} A + \frac{\partial C}{\partial x} UA = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{D_x} A \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad (23)$$

Występujące w równaniu (23) wartości są uśrednione w przekroju (opuszczono w zapisie podwójne kreski). Zastosowanie tego równania jest możliwe dopiero po określeniu niezbędnych do rozwiązania warunków początkowych i brzegowych oraz znajomości pozostałych parametrów równania. Dla przykładu, dla równania jednowymiarowego warunki te są najczęściej zadawane w postaci:

- warunek początkowy, tzn. dla $t = 0$ podawana jest wartość koncentracji w każdym przekroju $C(x, 0) = C_p(x)$ dla $0 \leq x \leq L$,
- lewy warunek brzegowy – zadawany jest hydrogram stężeń w początkowym przekroju $x = 0$; $C(0, t) = C_0(t)$ dla $t \geq 0$,
- prawy warunek brzegowy – zadawany jest hydrogram stężeń w przekroju $x = L$ lub $\frac{\partial C(L)}{\partial x} = 0$.

Równanie (23) jest określane często jako równanie dyspersji podłużnej lub też jako model Ficka (Rutheford 1994). Zakładając, że pole przekroju oraz współczynnik dyspersji są niezmiennie, otrzymuje się kolejne uproszczenie opisujące proces rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w wyniku adwekcji i dyfuzji w postaci:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} = D_{D_x} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (24)$$

Ta najprostsza postać opisująca transport zanieczyszczeń dla pewnych warunków ma rozwiązanie analityczne. Rozwiązanie równania (24) dla warunku początkowego określającego nagłe wprowadzenia zanieczyszczeń i zadawanego w postaci delty Diraca $\delta(x)$ i warunku brzegowego $C(+\infty, t) = 0$ dla $t \geq 0$ (Popławski 1976) uzyskuje postać:

$$C(x, t) = \frac{M}{A\sqrt{4\pi D_{D_x} t}} \exp\left[-\frac{(x-Ut)^2}{4D_{D_x} t}\right] \quad (25)$$

gdzie:

A – pole przekroju poprzecznego koryta rzeki,

M – całkowita masa znacznika,

t – czas,

U – uśredniona w przekroju prędkość.

Równanie (25) opisuje jednomodalny dwuwymiarowy $C(x, t)$ rozkład statystyczny. Zależność ta dla dostatecznie dużych wartości odległości od źródła i wartości czasowych przebiegu zmian koncentracji badanego zanieczyszczenia posiada własność (Sukhodolov i in. 1997):

$$\sigma_x^2 = u^2 \sigma_t^2 = 2D_{D_x} t \quad (26)$$

gdzie:

σ_x^2 – wariancja przestrzenna [m^2],

$\sigma_t^2 = m_2 - (m_1)^2$ – wariancja rozkładu $C(t)$ [s^2],

D_{D_x} – współczynnik dyspersji podłużnej

Z zależności (26) możliwe jest obliczenie współczynnika dyspersji, wykorzystując uzyskane w pomiarach rozkłady czasowe koncentracji znacznika imitującego zanieczyszczenie w określonym przekroju $C(t)$. Parametr ten charakteryzuje dynamikę rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń wzdłuż badanej rzeki i wyznaczaony jest z zależności:

$$D_{D_x} = \frac{\sigma_t^2 u^2}{2t} \quad (27)$$

Z praktycznego punktu widzenia znajomość współczynnika dyspersji podłużnej jest niezbędna dla rozwiązania równania (24). Najczęściej jego wartości można określić, opierając się na pomiarach terenowych. W badaniach tych wprowadzany jest w obszar strumienia wody wskaźnik imitujący zanieczyszczenia pasywne, co daje możliwość rejestracji zmian rozkładów stężenia tego wskaźnika (Krukowski i Kurzawski 2001). Dla pomierzonych rozkładów koncentracji przeprowadza się analizę statystyczną i wyznacza się podstawowe parametry rozkładów, określając w ten sposób dynamikę transportu dozowanej domieszki pasywnej w badaniach i obliczając współczynnik dyspersji (tab. 1).

TABELA 1. Parametry statystyczne stosowane do charakteryzowania rozkładów koncentracji zanieczyszczeń pasywnych

TABLET 1. Statistical parameters applied to characterizing distribution concentration of passive pollutants

Parametry rozkładu Parameters of distribution	Statystyka Statistics	Interpretacja fizyczna parametrów rozkładu Physical interpretation of distributions parameters
Wartość średnia (μ) Mean value	$m_1 E(X^1) = E(X)$ $m_1 = \frac{\sum_{i=1}^n t_i C_i}{\sum_{i=1}^n C_i}$	Średni czas przebywania zanieczyszczeń (wskaźnika) w przekroju dla stałego kroku czasowego ($\Delta t_i = t_i - t_{i-1} = \text{const}$). Jest estymatorem zgodnym, nieobciążonym asymptotycznie, charakteryzującym średnie położenie masy „chmury” zanieczyszczeń.
Wariancja (σ) Variance	$M_2 = E[(X - m_1)^2] = E(X^2) - 2m_1 E(X) + m_1^2 = m_2 - m_1^2$ gdzie m^2 jest estymowane zależnością: $m_2 = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^2 C_i}{\sum_{i=1}^n C_i}$	Wariancja obliczona dla krzywej koncentracji zanieczyszczeń w przekroju $C(t)$ przy $\Delta t_i = \text{const}$ jest miarą odchylenia wartości zmiennej losowej i charakteryzuje dyspersję cząstek względem ich średniego położenia. Określana jest także jako moment centralny rzędu drugiego.
Symetryczność rozkładu (S_k) Skewness	$S_k = \frac{M_3}{M_2^{3/2}}$ Za estymator trzeciego momentu przyjęto zależność: $M_3 = E[(X - m_1)^3] = E(X^3) - 3(X^2)m_1 + 3E(X)m_1^2 - m_1^3 = m_3 - 3m_2m_1 + 2m_1^3$ $m_4 = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^4 C_i}{\sum_{i=1}^n C_i}$	Symetryczność rozkładu koncentracji charakteryzuje współczynnik asymetrii koncentracji zanieczyszczeń $C(t)$ obliczany dla $\Delta t_i = \text{const}$. Współczynnik skośności określa asymetrię rozkładu i w przypadku rozkładów symetrycznych $S_k = 0$.

Eksces (K) Excess	$K = \frac{M_4}{M_2^2} - 3$ $M_4 = E[(X - m_1)^4] = E(X^4) - 4E(X^3)m_1 + 6E(X^2)m_1^2 - 4E(X)m_1^3 + m_1^4 = m_4 + 4m_3m_1 + 6m_2m_1^2 - 4m_1m_1^3 + m_1^4$ $m_3 = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^3 C_i}{\sum_{i=1}^n C_i}$	Spłaszczenie krzywej rozkładu koncentracji określa eksces. Jego wartość w przypadku rozkładu normalnego jest równa $K = 3$. Współczynnik ten jest stosowany jako miara zbliżenia badanego rozkładu do rozkładu normalnego.

Podsumowanie

Transport i rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń coraz częściej staje się główną problematyką inżynierów i specjalistów od ochrony środowiska. W przypadku chwilowego, jednorazowego zrzutu dużej ilości zanieczyszczeń szczególnego znaczenia nabiera w płaskim przepływie dyspersja podłużna. W pewnej odległości od miejsca zrzutu, po pełnym wymieszaniu zanieczyszczeń, dyspersję można traktować jako jednokierunkową. Wprowadzenie dyspersji wiąże się z koniecznością założenia umożliwiającego obliczanie strumienia dyspersji. Najczęściej w tym celu wykorzystuje się założenie Ficka, według którego gęstość strumienia dyspersji jest proporcjonalna do gradientu średniej koncentracji zanieczyszczeń. Niezbędna do obliczeń strumienia dyspersji jest znajomość współczynników dyspersji. Wiarygodne wartości tego współczynnika uzyskuje się z pomiarów rozkładów koncentracji w korycie.

Literatura

- CZERNUSZENKO W. 1986: Dyfuzja i dyspersja w korytach otwartych. *Archiwum Hydrotechniki*, XXXIII, 3: 229–233.
- CZERNUSZENKO W. 2000: Transport zanieczyszczeń w rzekach i kanałach. *Przegląd Geofizyczny*, 2: 139–147.
- CZERNUSZENKO W., ROWIŃSKI P. 1994: Współczesne modele matematyczne procesów transportu i mieszania zanieczyszczeń w rzekach. Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej Polskiej Akademii Nauk. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- ELSNER J.W. 1987: Turbulencja przepływów. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- KEEFER T.N., JOBSON H.E. 1978: River Transport Modeling for Unsteady Flows. *Journal of the Hydraulics Division*, HY 5: 635–647.
- KRUKOWSKI M., KURZAWSKI G. 2001: Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń pasywnych w rzece nizinnej. *Przegląd Naukowy Inżynierii i Kształtowania Środowiska* 23: 23–36.
- KUBRAK J. 1998: Hydraulika techniczna. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

- POPLAWSKI W. 1976: Wpływ procesu mieszania się wód podgrzanych na rozkłady temperatury w rzekach swobodnie płynących. *Prace Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej* 8: 115–116.
- RUTHEFORD J.C. 1994: River Mixing. Niwa Ecosystems National Institute of Water and Atmospheric Research Hamilton – New Zealand, John Wiley & Sons Ltd. Chichester.
- SUKHODOLOV A.N., NIKORA I.V., ROWIŃSKI P., CZERNUSZENKO W. 1997: A case study of longitudinal dispersion in small lowland rivers. *Water Environment Research* 69, 7: 1246–1253.
- SZYMKIEWICZ R. 2000: Modelowanie matematyczne przepływów w rzekach i kanałach. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

Summary

Basic of theoreticals spread of passive pollutants in the open channels. The article deals with the problem of the pollution mixing in rivers. Only pollutants which are hydrodynamically undistinguishable from a river water are taken into consideration. Is assumed, that the pollutants are passive, are defined as all kinds of chemical substances that mix readily with water but do not react with it. Pollutants discharged into the river are mixed with the water of river due to different mechanisms i.e. molecular diffusion, turbulent diffusion, advection and dispersion. These mechanisms are explained and described.

Authors' address:

Marcin Krukowski, Janusz Kubrak
Warsaw Agricultural University
Department of Hydraulic Engineering
and Environmental Recultivation
Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa
Poland

Janusz KUBRAK¹, Michał SZYDŁOWSKI²

¹Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW

Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU

²Katedra Hydrauliki i Hydrologii Politechniki Gdańskiej

Department of Hydraulics and Hydrology Technical University of Gdańsk

Zastosowanie modelu Singha i Quiroga do prognozowania hydrogramu wypływu wody przez prostokątną wyrwę w zaporze ziemnej

Singh and Quiroga model application for prediction of hydrograph for earth dam rectangular breach outflow

Wprowadzenie

Przelanie się wody nad koroną zapory ziemnej jest częstą przyczyną katastrof zapór. Dlatego też w prognozach awarii zapór ziemnych rozważa się skutki przejścia fali powodziowej w dolinie powstałej w następstwie wypływu wody przez wyrwę w zaporze. Przelewanie się wody nad koroną zapoczątkowuje proces tworzenia się wyrwy w zaporze, który trwa do momentu całkowitego opróżnienia zbiornika lub do chwili sztucznego lub samoczynnego powstrzymania rozmywania wyrwy. Proces tworzenia się wyrwy w zaporze jest bardzo złożony i do dziś nie doczekał się pełnego wyjaśnienia. Charakterystykę modeli tworzenia się wyrwy w zaporze ziemnej znaleźć można w pracach Singha i Scarlatosa (1988), Singha i Quirogi (1988). Cechą wspólną tych modeli jest opis przepływu w zbiorniku pełnymi równaniami hydrodynamicznymi (Lou 1981, Ponce

i Tsivoglou 1981) lub ich uproszczoną formą (Cristofano 1973, Fread 1977, Benoist 1983, Brown i Rogers 1981, 1984, Singh i Scarlatos 1988) i stosowanie warunku ruchu krytycznego lub równania przepływu przez przelew o szerokiej koronie jako prawego warunku brzegowego zadawanego w przekroju wyrwy. Początkowy kształt wyrwy przyjmowany był zwykle jako prostokątny, trójkątny, trapezowy (Cristofano 1973, Fread 1977, 1984, Singh i Scarlatos 1988) lub paraboliczny (Brown i Rogers 1977). Niektórzy autorzy w swoich modelach uwzględniali położenie wody dolnej (Fread 1977, Lou 1981, Ponce i Tsivoglou 1981, Singh i Scarlatos 1988) oraz stabilność ścian wyrwy w warunkach braku (Fread 1984, 1985) lub występowania wody w gruncie zapory (Singh i Scarlatos 1988). Zastosowanie większości modeli wymaga określenia wymiarów zbiornika i zapory, jak również fizycznych cech gruntu w korpusie zapory, np.

średniej średnicy ziaren gruntu, kąta tarcia wewnętrznego i kohezji. Jednym z najtrudniejszych zadań jest zdefiniowanie początkowej wielkości i kształtu wyrwy. Nie biorąc nawet pod uwagę stopnia uproszczenia modelu, istnieje znaczna rozbieżność uzyskiwanych z nich wyników wskutek szerokiej zmienności wartości wprowadzonych parametrów. Natężenie ruchu rumowiska w przekroju wyrwy w trakcie jej rozmywania oblicza się zarówno za pomocą empirycznych zależności (Cristofano 1973, Lou 1981), jak i ogólnie znanych wzorów na natężenie ruchu rumowiska, takich jak: Schoklitscha (Brown i Rogers 1977, 1981), Meyera Petera i Muellera (Fread 1984, Ponce i Tsivoglou 1981), Smarta (Fread 1985) lub Einsteina i Browna, Singh i Scarlatos 1988). Doświadczenia na modelach fizycznych z rozmywalną wyrwą w zaporze (Singh i Scarlatos 1985, Singh i Quiroga 1988) wykazały, że stosowanie formuł na intensywność ruchu rumowiska wleczonego, takich jak Browna, Einsteina i Bagnolda, jest rozszerzeniem ich ważności poza warunki przyjmowane przy ich wyprowadzeniu. Ekstrapolacja taka powinna być potwierdzona doświadczalnie, lecz z braku odpowiednich danych zwykle się jej nie przeprowadza, dlatego wiarygodność informacji uzyskiwana z wszystkich tak budowanych modeli budzi uzasadnione wątpliwości.

Celowe było zdefiniowanie prędkości rozmywania zapory w funkcji ogólnych parametrów (wysokości zapory, pojemności i głębokości zbiornika, charakterystyk materiału), co pozwoliłoby uprościć matematyczny opis procesu

rozmywania zapory i podać jego analityczne rozwiązania. Singh i Quiroga (1988) podali bezwymiarowe rozwiązanie do obliczania czasu tworzenia się wyrw prostokątnych i trójkątnych oraz wznoszącej się części hydrogramu wypływu przez wyrwę.

W artykule wprowadzono zależności do obliczania czasu rozmywania prostokątnej wyrwy w zaporze dla dwu różnych wartości parametru n , charakteryzującego szybkość tworzenia się wyrwy. Obliczony czas tworzenia się wyrwy i zmian jej krawędzi w czasie wykorzystano do przykładowych obliczeń hydrogramu wypływu przez wyrwę w zaporze.

Rozwiązanie Singha i Quiroga (1988)

Model rozmywania wyrwy w zaporze ziemnej oparto na założeniu, że wyrwa jest prostokątna i dopływ wody do zbiornika jest równy odpływowi z niego przez urządzenia upustowe (rys. 1). W obszarze zbiornika obowiązuje równanie ciągłości:

$$A_s \frac{dh}{dt} = -vA_w \quad (1)$$

gdzie:

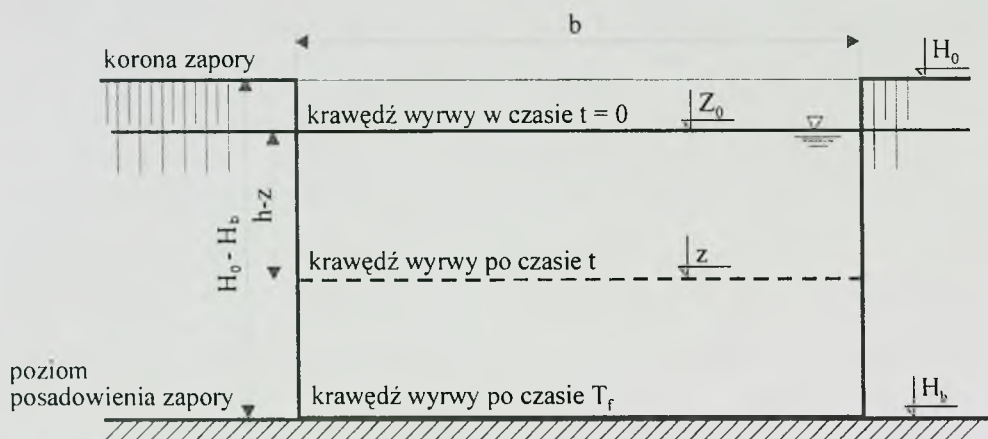
A_s – powierzchnia zbiornika [m^2],

h – rzędna zwierciadła wody w zbiorniku [m],

A_w – powierzchnia przekroju strumienia w wyrwie [m^2],

v – średnia prędkość przepływu wody w wyrwie [m/s],

t – czas [s].



RYSUNEK 1. Schemat do obliczania czasu tworzenia się prostokątnej wyrwy w zaprze ziemnej
FIGURE 1. Idealized breach section for calculation of breach formulation time of earth dam

Średnią prędkość przepływu wody w wyrwie wyrażono jako prędkość wypływu wody przez niezatopiony otwór:

$$v = C_v (h - z)^a \quad (2)$$

gdzie:

C_v – współczynnik prędkości zależny od kształtu wyrwy, którego wartość Singh i Quiroga przyjmują zmienną w granicach 1,2–1,7 [$m^{1/2} \cdot s$],

a – wykładnik równy 0,5,

z – rzędna krawędzi wyrwy [m].

Prędkość obniżania się krawędzi wyrwy w czasie zdefiniowano jako proporcjonalną do średniej prędkości wypływu wody z wyrwy w potęgze n oraz stałego dla danego gruntu współczynnika proporcjonalności E_f , nazwanego dalej współczynnikiem erozyjności i uzależnionego od parametrów gruntu, z którego zbudowana jest zapora:

$$\frac{dz}{dt} = -E_f v^n \quad (3)$$

gdzie:

E_f – współczynnik erozyjności,

n – bezwymiarowy wykładnik, od którego zależą jednostki E_f .

Założenie to jest stosunkowo proste, aczkolwiek poprawne, ponieważ erozja wyrwy jest zależna od naprężeń stycznych i w konsekwencji do średniej prędkości przepływu w wyrwie. Z wyprowadzonych w ten sposób zależności określić można położenie dolnej krawędzi wyrwy w trakcie opróżniania zbiornika i całkowity czas tworzenia się wyrwy.

W celu określenia jednoznacznego rozwiązania problemu określono warunki początkowe:

$$h(0) = H_0, z(0) = Z_0 \quad (4)$$

H_0 – rzędna zwierciadła wody w zbiorniku w chwili awarii [m],

Z_0 – początkowa rzędna spodu wyrwy [m].

Wprowadzono zależności normalizacyjne określone równaniami (5), (6), (7):

$$h' = \frac{h - H_b}{H_0 - H_b} \quad (5)$$

gdzie: h' – bezwymiarowa rzędna zwierciadła wody w zbiorniku, H_b – rzędna posadowienia zapory [m]; dla $h = H_0$, wartość bezwymiarowej rzędnej jest równa $h' = 1$, a dla $h = H_b$ jest odpowiednio równa $h' = 0$;

$$z' = \frac{z - H_b}{Z_0 - H_b} \quad (6)$$

gdzie: z' – bezwymiarowa rzędna spodu wyrwy; dla $z = Z_0$ ta bezwymiarowa rzędna przyjmuje wartość $z' = 1$, a dla $z = H_b$ wartość $z' = 0$;

$$t' = \frac{t}{T_f} \quad (7)$$

gdzie: t' – bezwymiarowa wielkość reprezentująca czas, T_f – całkowity czas tworzenia się wyrwy liczony od chwili zaistnienia wypływu przez wyrwę do osiągnięcia rzędnej podłoża zapory przez krawędź wyrwy [s]; dla $t = 0$, wartość $t' = 0$, a dla $t = T_f$, bezwymiarowa wartość $t' = 1$.

Wartości rzędnych H_0 , Z_0 i H_b stanowią znane dane wysokościowe zapory. Jak pokazano poniżej, możliwe jest wyprowadzenie zależności dla T_f na podstawie zdefiniowanych ilorazów bezwymiarowych. Najpierw podano ogólną metodę otrzymania bezwymiarowego analitycznego rozwiązania procesu erozji wyrwy w zaporze ziemnej. Następnie podano szczegółowe rozwiązanie. W czasie analiz przyjęto, że A_s w równaniu (1) pozostaje stałe i wykładnik $\alpha = 0,5$. Założenie to oznacza niezmiennosć pola przekroju zbiornika wraz z głębokością i obliczanie średniej

prędkości przepływu w wyrwie jak dla wypływu przez mały niezatopiony otwór.

Pole przekroju strumienia w prostokątnej wyrwie oblicza się z zależności:

$$A_w = b(h - z) \quad (8)$$

gdzie b – szerokość wyrwy [m].

Wprowadzając równania (8) i (2) do równania (1), otrzymano:

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{bC_v}{A_s}(h - z)^{1,5} \quad (9)$$

Podstawiając v z równania (2) do równania (3), otrzymano:

$$\frac{dz}{dt} = -E_f C_v^n (h - z)^{0,5n} \quad (10)$$

W celu uogólnienia rozwiązania wyprowadzono wyrażenie, które wiąże h z z , a następnie wyrażenie uzależniające h od z i t . Dzieląc równanie (9) przez (10), otrzymuje się:

$$\frac{dh}{dz} = \frac{-\frac{bC_v}{A_s}(h - z)^{1,5}}{-E_f C_v^n (h - z)^{0,5n}}$$

skąd

$$\frac{dh}{dz} = \frac{b}{A_s E_f C_v^{n-1}} (h - z)^{(3-n)/2} \quad (11)$$

Wyznaczając h z równania (5) oraz z z równania (6), otrzymano:

$$h = h' (H_0 - H_b) + H_b$$

$$z = z' (Z_0 - H_b) + H_b$$

i podstawiając obie zależności do równania (11), tzn.

$$dh = (H_0 - H_b) dh'$$

$$dz = (Z_0 - H_b) dz'$$

uzyskano:

$$\begin{aligned} \frac{dh}{dz} &= \frac{(H_0 - H_b) dh'}{(Z_0 - H_b) dz'} = \\ &= \frac{b}{A_s E_f C_v^{n-1}} (h - z)^{(3-n)/2} = \\ &= \frac{b}{A_s E_f C_v^{n-1}} [(H_0 - H_b) h' - (Z_0 - H_b) z']^{(3-n)/2} \end{aligned} \quad (12)$$

Podstawiając dalej:

$$H = \left(\frac{b}{A_s E_f C_v^{n-1}} \right)^{\frac{2}{3-n}} (H_0 - H_b) \quad (13)$$

$$Z = \left(\frac{b}{A_s E_f C_v^{n-1}} \right)^{\frac{2}{3-n}} (Z_0 - H_b) \quad (14)$$

równanie (12) przekształcono do postaci:

$$\frac{dh'}{dz'} = \frac{Z}{H} (Hh' - Zz')^{(3-n)/2} \quad (15)$$

Najpierw zróżniczkowano wyrażenie w nawiasie $(Hh' - Zz')$, tzn.:

$$\frac{d}{dz'} (Hh' - Zz') = H \frac{dh'}{dz'} - Z$$

i z wyrażenia tego wyznaczono $\frac{dh'}{dz'}$, tzn.:

$$\frac{dh'}{dz'} = \frac{1}{H} \left[\frac{d(Hh' - Zz')}{Z} \right] + Z \quad (16)$$

po czym porównano wyznaczoną w ten sposób wartość $\frac{dh'}{dz'}$ z wartością

wyznaczoną z poprzedniego równania, tzn.:

$$\frac{Z}{H} (Hh' - Zz')^{(3-n)/2} = \frac{1}{H} \left[\frac{d(Hh' - Zz')}{dz'} + Z \right]$$

Po przekształceniach otrzymano:

$$\int \frac{d(Hh' - Zz')}{(Hh' - Zz')^{(3-n)/2} - 1} = Z \int dz'$$

skąd po scałkowaniu uzyskano:

$$\int \frac{d(Hh' - Zz')}{(Hh' - Zz')^{(3-n)/2} - 1} = Zz' + K \quad (17)$$

Bezwymiarowe równanie (17) wiąże rzędną zwierciadła wody z rzędną krawędzi prostokątnej wyrwy. Równanie (17) jest zależne od dwóch parametrów H i Z . Oba parametry są bezwymiarowe i obliczane na podstawie znanych wielkości początkowych.

Podstawiając h wyznaczone z równania (5) oraz t wyznaczone z równania (7) do równania (9), otrzymano:

$$\frac{dh'}{dt'} = -\frac{T}{H} (Hh' - Zz')^{1.5} \quad (18)$$

gdzie:

$$T = \left(\frac{b}{A_s E_f C_v^{n-1}} \right)^{\frac{2-n}{3-n}} E_f C_v^n T_f \quad (19)$$

gdzie T jest bezwymiarowym parametrem. Dzieliąc równanie (18) przez (15), otrzymano:

$$\frac{dz'}{dt'} = -\frac{T}{Z} (Hh' - Zz')^{0.5n} \quad (20)$$

Odejmując równanie (20) od (18), otrzymano:

$$\int \frac{d(Hh' - Zz')}{(Hh' - Zz')^{1.5} - (Hh' - Zz')^{0.5n}} = -Tt' + K \quad (21)$$

Równanie (21) wiąże położenie zwierciadła wody w zbiorniku H z rzędną krawędzi prostokątnej wyrwy Z . Ponieważ wartość T , określana z równania (19), jest uzależniona od T_f , więc T , oblicza się z równania (21).

Badania własne

Wykorzystując ogólne zależności podane przez Singha i Quiroga (1988) wyprowadzono wzory do obliczania czasu tworzenia się wyrwy T_f dla dwu wartości wykładnika, tzn. $n = 2$ i $n = 4$ (tab. 1). Natężenie wypływu przez prostokątną, wyrwę oblicza się ze wzoru:

$$Q = bC_v [h'' (H_0 - H_b)]^{1.5} \quad (36)$$

Singh i Quiroga (1988) do obliczeń hydrogramu wypływu przez wyrwę w zaporze wykorzystali przykładowe dane dla zapory Teton w stanie Idaho (USA), która uległa katastrofie 5 czerwca 1976 roku. W obliczeniach przyjęto: $H_0 = 1615,96$ m, $Z_0 = 1614,96$ m, $H_b = 1538$ m, $A_s = 8\,029\,162$ m², $C_v = 1,5$ m^{0.5}/s, szerokość wyrwy $b = 65$ m.

Obliczenia wykonano dla wartości wykładnika $n = 2$, $E_f = 0,00045$ oraz $n = 4$ oraz $E_f = 0,000045$. Wartości parametru erozyjności E_f dobrano tak, aby uzyskać zgodność obliczonych maksymalnych natężeń wypływu przez wyrwę z obserwowanymi. Obliczone czasy rozmywania prostokątnej wyrwy i maksymalne natężenia przepływu były równe:

$n = 2$	$n = 4$
$T_f = 4766$ s	$T_f = 5081$ s
$Q = 59\,858$ m ³ /s	$Q = 65\,893$ m ³ /s

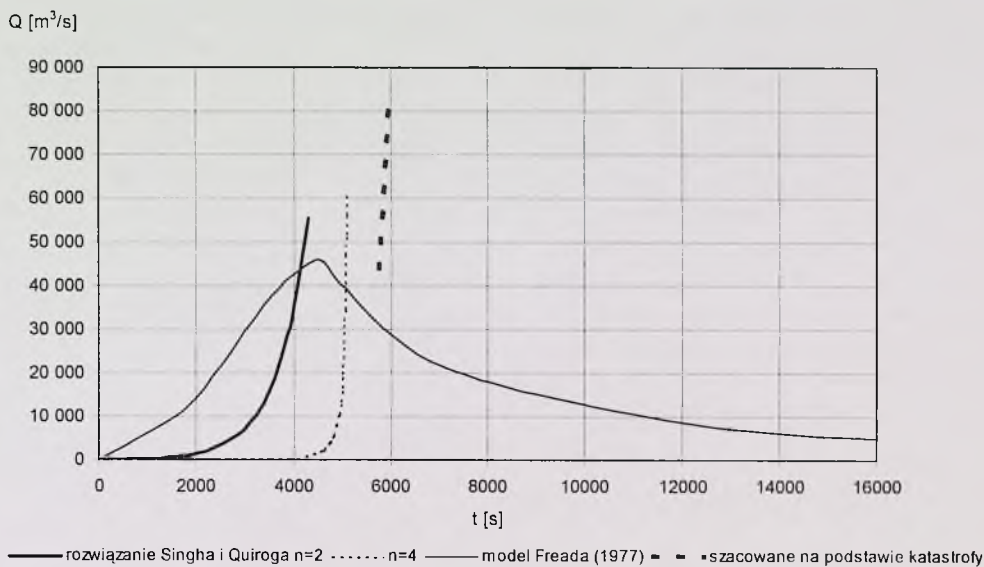
Na podstawie obserwacji katastrofy oszacowano maksymalne natężenie wypływu przez wyrwę, równe $Q = 65\,000$ m³/s (Fread 1985). Z porównania widać, że obliczone wartości maksymalnego natężenia wypływu przez wyrwę są bardzo zbliżone do oszacowanej na podstawie obserwacji.

Na rysunku 2 pokazano prognozowane części hydrogramu wypływu przez wyrwę w zaporze Teton obliczone podanymi w tabeli 1 wzorami oraz dodatkowo z modelu opracowanego przez Freada (1985). Jak widać, wartość wykładnika n w omówionym rozwiązaniu wpływa na przebieg zmian położenia spodu wyrwy w czasie (rys. 3). Rozwiązanie Singha i Quiroga pozwala wyznaczyć jedynie wznoszącą się gałąź hydrogramu podczas opróżniania zbiornika przez wyrwę w zaporze w założeniu stałości powierzchni zbiornika (A_s). Określenie całego hydrogramu wypływu przez wyrwę możliwe jest przy wykorzystaniu obliczonej zmienności rzędnej krawędzi wyrwy w czasie z zależności (24), (31) i rozwiązaniu równań nieustalonego przepływu w zbiorniku (rys. 3). Lewy warunek

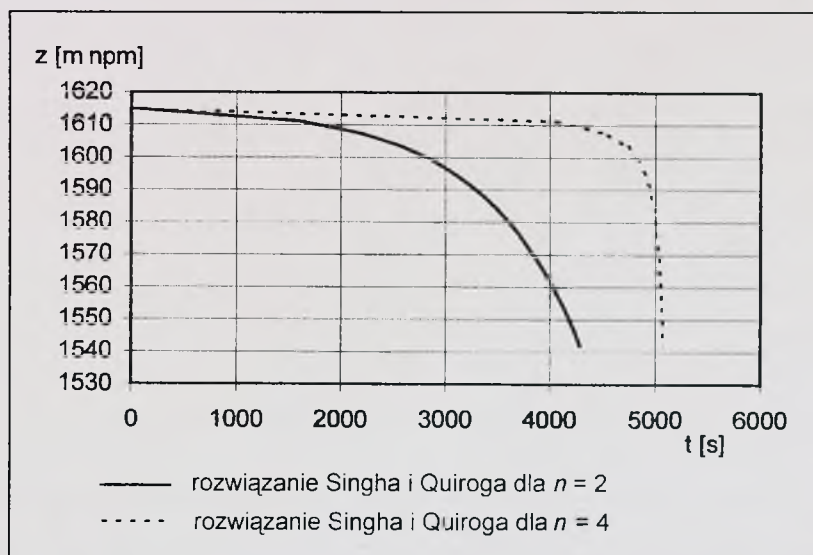
TABELA 1. Zestawienie równań do obliczania czasu tworzenia się wyrwy w zaporze ziemnej

TABLE 1. Equations for calculation of breach formulation time of the earth dam

Dla $n = 2$ równanie (17) ma postać: $\int \frac{d(Hh' - Zz')}{(Hh' - Zz')^{0.5} - 1} = Zz' + K \quad (22)$	Dla $n = 4$ równanie (17) ma postać: $\int \frac{d(Hh' - Zz')}{(Hh' - Zz')^{-0.5} - 1} = Zz' + K \quad (29)$
Skąd po scałkowaniu otrzymano: $2 \left[\sqrt{Hh' - Zz'} + \ln \left(\sqrt{Hh' - Zz'} - 1 \right) \right] = Zz' + K \quad (23)$	Skąd po scałkowaniu otrzymano: $- (Hh' - Zz') - 2\sqrt{Hh' - Zz'} - 2 \ln \left(1 - \sqrt{Hh' - Zz'} \right) = Zz' + K \quad (30)$
Z warunków początkowych dla $z' = 1, h' = 1$ wyznaczono stałą K: $2 \left[\sqrt{H - Z} + \ln \left(\sqrt{H - Z} - 1 \right) \right] - Z = K$	Z warunków początkowych dla $z' = 1, h' = 1$ wyznaczono stałą K: $K = -H + Z - 2\sqrt{H - Z} - 2 \ln \left(1 - \sqrt{H - Z} \right) - Z$
a następnie przekształcono równanie (22) do postaci: $z' = 1 + \frac{2}{Z} \left[\sqrt{Hh' - Zz'} - \sqrt{H - Z} + \ln \frac{\sqrt{Hh' - Zz'} - 1}{\sqrt{H - Z} - 1} \right] \quad (24)$	a następnie przekształcono równanie (29) do postaci: $H - Hh' + 2 \left(\sqrt{Hh' - z'} - \sqrt{Hh' - Zz'} \right) + 2 \ln \left(1 - \sqrt{H - Z} \right) - 2 \ln \left(1 - \sqrt{Hh' - Zz'} \right) = 0 \quad (31)$
Ponieważ h' jest zdefiniowane w funkcji z', więc należy uzależnić $h' - z'$ od t'. W tym celu korzysta się z równania (21): $\int \frac{d(Hh' - Zz')}{(Hh' - Zz')^{1.5} - (Hh' - Zz')} = -Tt' + K \quad (25)$	Ponieważ h' jest zdefiniowane w funkcji z', więc należy uzależnić $h' - z'$ od t'. W tym celu korzysta się z równania (21): $\int \frac{d(Hh' - Zz')}{(Hh' - Zz')^{1.5} - (Hh' - Zz')^2} = -Tt' + K \quad (32)$
Po obliczeniu całki otrzymano: $2 \ln \frac{\sqrt{Hh' - Zz'}}{\sqrt{Hh' - Zz'} - 1} = -Tt' + K \quad (26)$	Po obliczeniu całki otrzymano: $-\frac{2}{\sqrt{Hh' - Zz'}} - 2 \ln \left(\frac{1}{\sqrt{Hh' - Zz'}} - 1 \right) = -Tt' + K \quad (33)$
Czas T oblicza się z równania (26) przy $t' = 1$ i $z' = 0$ i przyjęciu $h' = h''$, gdzie h'' wyznacza się z równania (24): $T = 2 \ln \frac{1 - 1/\sqrt{H - Z}}{1 - 1/\sqrt{Hh''}} \quad (27)$	Czas T oblicza się z równania (33) przy $t' = 1$ i $z' = 0$ i przyjęciu $h' = h''$, gdzie h'' wyznacza się z równania (31): $T = \frac{2}{\sqrt{Hh''}} + 2 \ln \left(\frac{1}{\sqrt{Hh''}} - 1 \right) - \frac{2}{\sqrt{H - Z}} - 2 \ln \left(\frac{1}{\sqrt{H - Z}} - 1 \right) \quad (34)$
Czas powstawania wyrwy oblicza się z równania (19) przy $n = 2$: $T_f = \frac{T}{E_f C_v^2} \quad (28)$	Czas powstawania wyrwy oblicza się z równania (19) przy $n = 4$: $T_f = \frac{TA_s^2 E_f C_v^2}{b^2} \quad (35)$



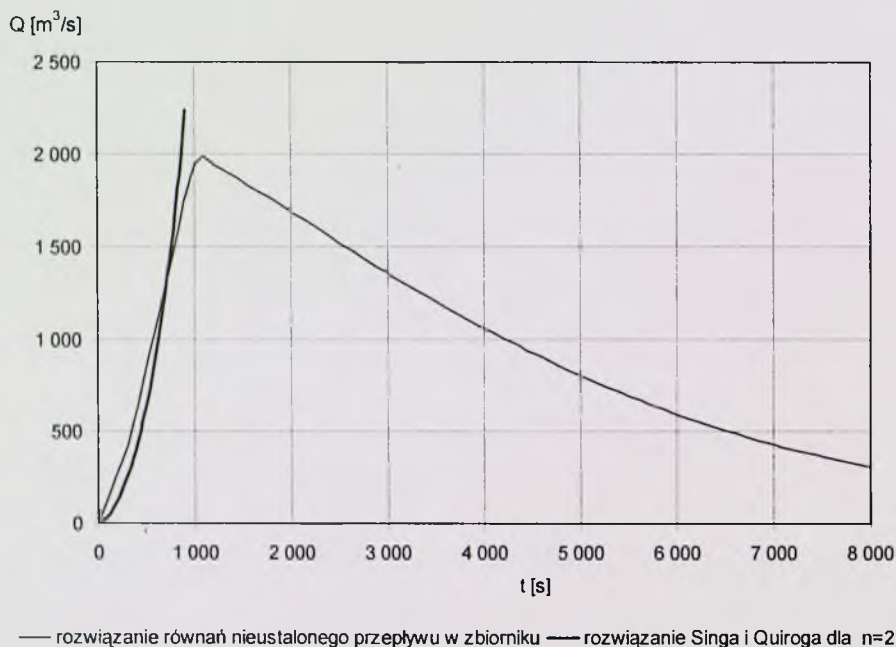
RYSUNEK 2. Prognozowany i oszacowany hydrogram wypływu przez wyrwę w zaporze Teton
 FIGURE 2. Predicted and observed breach outflow hydrographs for the Teton Dam



RYSUNEK 3. Zmiany rzędnej wyrwy w czasie w zaporze Teton obliczone dla różnych wartości n
 FIGURE 3. Relation between breach bottom elevation and time for the Teton Dam, for different values of n

brzegowy rozwiązania równań ruchu stanowi hydrogram dopływu do zbiornika, zaś prawy warunek – równanie przepływu przez przelew o szerokiej koronie. Nie wykonano takich obliczeń dla zapory Teton, gdyż nie dysponowano przekrojami poprzecznymi tego zbiornika. W związku z tym wykonano je dla zbiornika, dla którego posiadano niezbędne dane. Zbiornik opisano 8 przekrojami poprzecznymi. W obszarze

zbiornika rozwiązywano jednowymiarowe równania nieustalonego przepływu. Otrzymany hydrogram wypływu ze zbiornika dla wyrwy o szerokości $b = 75,5$ m pokazano na rysunku 4. W obliczeniach przyjęto: $H_0 = 160,5$ m, $Z_0 = 158,5$ m, $H_b = 152,5$ m, $A_s = 5\,000\,000$ m², $C_v = 1,5$ m^{0.5}/s. Obliczenia wykonano dla wartości wykładnika $n = 2$ i $E_f = 0,00045$.



RYSUNEK 4. Hydrogram wypływu przez wyrwę w zaprze obliczony na podstawie rozwiązania nieustalonego przepływu w zbiorniku oraz obniżania się krawędzi wyrwy z rozwiązania Singha i Quiroga

FIGURE 4. The predicted hydrograph for dam breach outflow obtained from the unsteady flow solution in reservoir and breach bottom elevation calculated after Singh and Quiroga method

Podsumowanie

Stosunkowo proste rozwiązanie procesu rozmywania wyrwy w zaporze ziemnej powstałej wskutek przelania się wody nad koroną podane przez Singha i Quiroga pozwala obliczać czas rozmywania prostokątnej wyrwy, zmianę położenia krawędzi wyrwy w czasie i natężenie wypływu przez wyrwę. Porównanie wyników obliczeń natężenia wypływu z wartościami szacowanymi na podstawie obserwacji i uzyskanymi ze złożonego modelu zbudowanego przez Freada (1985) potwierdza wysoką zbieżność obliczanych wartości. Wykorzystano uzyskane z obliczeń wyprowadzonymi wzorami informacje o zmienności położenia wyrwy w czasie do obliczania wypływu przez wyrwę w założeniu nieustalonego przepływu wody w zbiorniku. Uzyskany z obliczeń hydrogram opróżniania zbiornika wskutek powstania wyrwy może być z powodzeniem stosowany do analiz hydraulicznych warunków przejścia fali powodziowej w dolinie poniżej zapory.

Literatura

- BENOIST G. 1983: Calcul de l'érosion d'une digue par surverse. Département laboratoire national d'hydraulique, Chatou.
- BROWN R.J., ROGERS D.C. 1977: A simulation of the hydraulics events during and following the Teton Dam failure. Proc. Dam-Break Flood Routing Model Workshop, Md.
- BROWN R.J., ROGERS D.C. 1981: User manual for program Brdam. Engineering and Research Center, Bureau of Reclamation, Denver.
- CRISTOFANO E.A. 1973: Method of computing erosion rate for failure of dams. Unpublished preliminary report to United

States Bureau of Reclamation, Denver, Colorado.

- FREAD D.L. 1977: The development and testing of a dam-break flood forecasting model. Proc. of Dam-Break Flood Routing Model Workshop, US Department of Commerce, National Technical Information Service.
- FRAED D.L. 1984: DAMBRK, The NWS dam-break flood forecasting model. National Weather Service, Maryland.
- FREAD D.L. 1985: BREACH, An erosion model for earthen dam failures. NWS Report, Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring.
- KUBRAK J. 1989: Modele numeryczne rozprzestrzeniania się fali wypływającej przez wyrwę w zaporze. *Rozprawy Naukowe i Monografie SGGW* 95: 152.
- LOU W.C. 1981: Mathematical modeling of earth dam breaches. Thesis presented to Colorado State Univ., at Fort Collins, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
- PONCE V.M., TSIVOGLOU A.J. 1981: Modeling gradual dam breaches. *J. Hydraulic Division* 107: 7.
- SINGH V.P., QUIROGA A.C. 1988: Dimensional analytical solutions for dam-break erosion. *J. Hydraulic Research* 2.
- SINGH V.P., SCARLATOS P.D. 1988: Analysis of gradual earth-dam failure. *J. Hydraulic Engineering* 114, 1.

Summary

Singh and Quiroga model application for prediction of hydrograph for earth dam rectangular breach outflow. The earth dams breach erosion is analyzed using dimensionless analytical solutions for rectangular breach given by Singh and Quiroga (1988). Data for the historical failure of Teton Dam are used to test these solutions. The calculated changes of breach bottom elevation with time are used for prediction breach outflow hydrograph. The one-dimensional unsteady flow model in reservoir was applied for prediction breach outflow hydrograph.

Authors' addresses:

Janusz Kubrak
Warsaw Agricultural University
Department of Hydraulic Engineering
And Environmental Recultivation
Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa
Poland

Michał Szydlowski
Technical University of Gdańsk
Department of Hydraulics Hydrology
ul. Narutowicza 11/12
80-950 Gdańsk
Poland

Helena KAZIEKO

Lucyna KAZIEKO

Katedra Zastosowań Matematyki SGGW

Department of Applied Mathematics WAU

Analityczny model dopływu wód podziemnych do szczeliny pionowego drenażu

Analitical model of groundwater discharge of vertical drain

Wprowadzenie*

W niniejszej pracy rozpatruje się model nieustalonego dopływu wód podziemnych do szczeliny pionowego drenażu umieszczonej w dwuwarstwowej warstwie gruntu (warstwy o różnych właściwościach filtracyjnych) przy stałym podtrzymywaniu poziomu wody.

Rozwiązanie tego zagadnienia można uogólnić na każdą skończoną liczbę szczelin, przy czym każda kolejna szczelina powoduje obniżenie poziomu wody w pozostałych.

Niniejszy problem można zastosować w zagadnieniu odwodnienia terenów zalanych, mających mało przepuszczalną powierzchniową warstwę profilu glebowego.

Wraz z upływem czasu wydatek Q we wszystkich punktach warstwy, z wyjątkiem samej szczeliny, zmniejsza się. Oznacza to, że poziom wód podziemnych obniża się.

Sformułowanie zagadnienia

Rozpatrzmy przypływ wód podziemnych do pojedynczej szczeliny. Przyjmujemy, że górna powierzchniowa warstwa gruntu ma stosunkowo małą przepuszczalność. Odprowadzanie wody odbywa się z podstawowego wodonośnego poziomu.

* Z uwagi na rozbudowane wzory artykuł złożono jednołamowo.

Przepływ wód podziemnych do szczeliny można opisać następującym układem równań różniczkowych:

$$\begin{aligned} \varepsilon - \mu \frac{\partial h}{\partial t} &= \frac{k_0}{h_{sr}} (h - u) \\ a \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} \right) - \frac{k_0}{\mu_1 h_{sr}} (u - h) &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie:

h – głębokość wody od powierzchni swobodnej do powierzchni dolnego poziomu,

h_{sr} – średnia głębokość,

μ – współczynnik charakteryzujący ubytek wody z dolnego poziomu,

k_0 – średni współczynnik filtracji,

ε – infiltracja opadów atmosferycznych (zasilanie wodonośnego poziomu),

u – ciśnienie dolnego poziomu,

$a = \frac{km}{\mu_1}$ – współczynnik piezoprzewodności dolnej warstwy,

m – grubość dolnej warstwy,

k – współczynnik filtracji warstwy dolnej,

μ_1 – współczynnik charakteryzujący ubytek wody w warstwie ciśnieniowej, określony w zależności od sprężystych właściwości wody i wodonośnej warstwy,

$\mu_1 = \mu_{spr} = \gamma m \beta_1$ (β_1 – współczynnik charakteryzujący sprężystość warstwy).

Pierwsze równanie w układzie (1) charakteryzuje ruch wody w górnym poziomie. Opisuje zależność między prędkością filtracji i rzeczywistą prędkością pionowego przemieszczania się powierzchni swobodnej.

Drugie równanie opisuje bilans wody w dolnym poziomie.

Sformułujemy warunki początkowe i brzegowe. Przyjmujemy, że w początkowym momencie czasu $t = 0$:

$$h(r, 0) = u(r, 0) = u_r \quad (2)$$

gdzie u_r – rzeczywisty poziom wód gruntowych (wody gruntowe w położeniu statycznym).

Ponadto przyjmuje się, że przy wejściu do szczeliny (gdy $r = r_0$) utrzymuje się stały poziom wody:

$$u(r_0, t) = u_0 = \text{const.} \quad (3)$$

W znacznej odległości od szczeliny (gdy $r \rightarrow \infty$) utrzymuje się rzeczywisty poziom wód gruntowych:

$$h(\infty, t) = u(\infty, t) = u_r \quad (4)$$

Ponieważ filtrację opadów atmosferycznych ε uwzględniają warunki początkowe u_r , w pierwszym równaniu przyjmujemy $\varepsilon = 0$.

Rozwiązanie zagadnienia

Sformułowane zagadnienie rozwiążemy za pomocą przekształcenia Laplace'a (Kazieko i Kazieko 2001). Niech

$$\begin{aligned}\bar{u} &= \int_0^{\infty} u e^{-pt} dt \\ \bar{h} &= \int_0^{\infty} h e^{-pt} dt\end{aligned}\quad (5)$$

Pierwsze równanie układu (1) przyjmuje postać:

$$\bar{h} = \frac{u_r + \beta \bar{u}}{p + \beta}; \quad \beta = \frac{k_0}{\mu h_{sr}} \quad (6)$$

Drugie równanie układu (1) po uwzględnieniu (6) przyjmuje postać:

$$\frac{d^2 \bar{u}}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\bar{u}}{dr} - \frac{d^2 p}{p + \beta} \bar{u} = -\frac{\alpha^2 u_r}{p + \beta} \quad (7)$$

gdzie:

$$\alpha^2 = \frac{k_0}{a\mu_i h_{sr}} = \frac{k_0}{mh_{sr} k}$$

Równanie (7) jest równaniem różniczkowym zwyczajnym rzędu drugiego niejednorodnym. Ogólne rozwiązanie tego równania można zapisać w postaci:

$$\bar{u} = \frac{u_r}{p} - CK_0(rq); \quad q = \sqrt{\frac{\alpha^2 p}{p + \beta}} \quad (8)$$

gdzie:

$K_0(x)$ – funkcja Bessela zmiennej zespolonej,

$C = \text{const.}$

Stałą C , występującą w równaniu (8), wyznaczamy z warunku:

$$\bar{u}(r_0, p) = \frac{u_0}{p} \quad (9)$$

i otrzymujemy:

$$C = \frac{1}{K_0(rq)} \left(\frac{u_r - u_0}{p} + \frac{K_0(rq)}{K_0(r_0q)} \right)$$

Wówczas rozwiązanie równania (8) można zapisać w postaci:

$$\bar{u} = \frac{u_r}{p} - \frac{u_r - u_0}{p} - \frac{K_0(rq)}{K_0(r_0q)} \quad (10)$$

Stosując transformatę odwrotną Laplace'a, otrzymujemy

$$u = u_r - \frac{u_r - u_0}{2\pi i} \int_{\sigma - i\infty}^{\sigma + i\infty} \frac{K_0(rq)}{K_0(r_0q)} \frac{e^{pt}}{p} dp \quad (11)$$

Funkcja $\frac{K_0(rq)}{K_0(r_0q)}$ jest holomorphyzna w płaszczyźnie z rozcięciem wzdłuż osi ujemnej i nie ma pierwiastków w prawej części półpłaszczyzny. Pierwiastki funkcji $K_0(r_0q)$ są zespolone. Można je przedstawić w postaci:

$$q^2 = \frac{\alpha^2 p}{p + \beta} = -\gamma \quad (12)$$

gdzie γ – pierwiastki równania $K_0(r_0q) = 0$. Zatem:

$$p = -\frac{\beta\gamma^2}{\alpha^2 + \gamma^2} \quad (13)$$

Ponadto zauważmy, że funkcja podcałkowa we wzorze (11) ma biegun w punkcie $p = 0$.

W celu obliczenia całki we wzorze (11) wykorzystamy wyniki otrzymane w pracy Klute (1973).

Otrzymujemy:

$$u = u_r - (u_r - u_0) \left[\frac{K_0(rq)}{K_0(r_0q)} - \frac{2}{\pi} \int_0^\infty V_0(r\gamma) e^{-\frac{\beta\gamma^2}{\alpha^2 + \gamma^2} t} \frac{d\gamma}{\alpha^2 + \gamma^2} \right] \quad (14)$$

gdzie:

$$V_0(r\gamma) = \frac{J_0(r\gamma)Y_0(r_0\gamma) - Y_0(r\gamma)J_0(r_0\gamma)}{J_0^2(r_0\gamma) + Y_0^2(r_0\gamma)} \quad (15)$$

J_0, Y_0 – funkcje odpowiednio Bessela i Neumana zerowego stopnia.

Rozwiązanie równania (14) spełnia warunki początkowe i brzegowe.

Przyjmując $t = 0$, otrzymujemy:

$$\int_0^\infty V_0(r\gamma) \frac{d\gamma}{\alpha^2 + \gamma^2} = \frac{\pi K_0(r\alpha)}{2 K_0(r_0\alpha)} \quad (16)$$

gdzie $K_0(r\alpha)$ – funkcja Bessela zmiennej zespolonej.

Gdy $t = 0$, to

$$u = u_r,$$

gdys $r = r_0$, to

$$V_0(r_0\gamma) = 0 \quad \text{ i } \quad u = u_0$$

Jeżeli we wzorze (14) przejdziemy do granicy przy $t \rightarrow \infty$, otrzymamy wynik znany w filtracji ustalonej.

Aby obliczyć $\bar{h}$, podstawiamy równania (10) do (8). Wówczas:

$$\bar{h} = \frac{u_r}{p} - \frac{(u_r - u_0)\beta}{p(p + \beta)} \frac{K_0(rq)}{K_0(r_0q)} \quad (17)$$

Stosując odwrotną transformatę Laplace'a otrzymujemy

$$\bar{h} = u_r - (u_r - u_0) \frac{\beta}{2\pi i} \int_{\sigma - j\infty}^{\sigma + j\infty} \frac{K_0(rq)}{K_0(r_0q)} \frac{e^{pt}}{p(p + \beta)} dp \quad (18)$$

Wykonując analogicznie jak we wzorze (11) przekształcenia, otrzymujemy:

$$h = u_r - (u_r - u_0) \left[1 + \frac{2}{\pi} \int_0^\infty V_0(r\gamma) e^{-\frac{\gamma^2}{\alpha^2 + \gamma^2} t} \frac{d\gamma}{\gamma} \right] \quad (19)$$

Korzystając z tablic Grodsteina i Rizika (1962) oraz przyjmując $t = 0$, mamy:

$$\int_0^{\alpha} V_0(r\gamma) \frac{d\gamma}{\gamma} = -\frac{\pi}{2} \quad (20)$$

Dla $t = 0$, mamy $h = u_r$, dla $r = r_0$, mamy $V_0(r_0\gamma) = 0$, $h = u_r$.

Otrzymane rozwiązania określone wzorami (14) i (19) pozwalają określić głębokość potoku filtracyjnego w warstwach dolnej i górnej dla dowolnego punktu r i dowolnego momentu czasu t . Ilość cieczy przepływającej w jednostce czasu przez powierzchnię cylindra o promieniu $r = r_0$ wynosi:

$$Q = -2\pi k m \left. \frac{\partial u}{\partial r} \right|_{r=r_0} \quad (21)$$

Uwzględniając, że:

$$J_0'(x)Y_0(x) - Y_0'(x)J_0(x) = -\frac{2}{\pi x}$$

$$K_0'(x) = K_1(x)$$

i wykorzystując następujące przybliżone równości:

$$K_1(x) \approx \frac{1}{x}; \quad K_0(x) \approx \ln \frac{1,123}{x}$$

dla małych wartości x mamy:

$$Q = 2\pi k m (u_r - u_0) \left[\frac{1}{\ln \frac{R}{r_0}} - \frac{4}{\pi^2} \int_0^{\infty} \frac{e^{-\frac{\beta \gamma^2}{\alpha^2 + \gamma^2} t}}{J_0^2(r_0\gamma) + Y_0^2(r_0\gamma) \gamma^2} d\gamma \right] \quad (22)$$

Stąd przy $t \rightarrow \infty$ otrzymujemy wzór określający wydajność szczeliny w filtracji ustalonej:

$$Q = \frac{2\pi k m (u_r - u_0)}{\ln \frac{R}{r_0}} \quad (23)$$

gdzie

$$R = \frac{2 \cdot 1,123}{\alpha} = 4,24 \sqrt{\frac{k m h_{sr}}{k_0}}$$

R jest promieniem wpływającym na wydajność.

Na podstawie powyższych obliczeń otrzymujemy wzór, na podstawie którego można obliczyć poziom wody w dowolnym punkcie r i dowolnym momencie czasu t :

$$S = h - u = (u_r - u_0) \left[1 - \frac{K_0(r\alpha)}{K_0(r_0\alpha)} - \frac{2}{\pi} \int_0^\infty V_0(r\gamma) \frac{e^{-\frac{\beta\gamma^2}{\alpha^2 + \gamma^2}} \alpha^2}{\gamma(\alpha^2 + \gamma^2)} d\gamma \right] \quad (25)$$

Wprowadzimy teraz wielkości bezwymiarowe

$$\frac{u - u_r}{u_0 - u_r} = \bar{u}, \quad \frac{h - u_r}{u_0 - u_r} = \bar{h}, \quad \frac{h - u}{u_r - u_0} = \bar{s}$$

$$\frac{r_0}{r} = \rho, \quad r\alpha = \lambda, \quad r_0\alpha = \rho\lambda, \quad r\gamma = \mu$$

$$r_0\gamma = \rho\mu, \quad \beta t = \tau, \quad \frac{R}{r} = \bar{R}, \quad \frac{R}{r_0} = \bar{R}_0$$

$$\frac{Q}{2\pi km(u_r - u_0)} = \bar{Q}_0, \quad \bar{Q}_0 \ln \bar{R}_0 = \bar{Q}$$

Wówczas otrzymamy:

$$\bar{u} = \frac{K_0(\lambda)}{K_0(\rho\lambda)} - \frac{2}{\pi} \int_0^\infty V_0(\lambda\mu) e^{-\frac{\mu^2\tau}{\lambda^2 + \mu^2}} \frac{d\mu}{\lambda^2 + \mu^2} \quad (26)$$

$$\bar{h} = 1 - \frac{2}{\pi} \int_0^\infty V_0(\lambda\mu) e^{-\frac{\mu^2\tau}{\lambda^2 + \mu^2}} \frac{d\mu}{\mu} \quad (27)$$

$$Q = 1 - \frac{4}{\pi^2} \ln R_0 \int_0^\infty \frac{e^{-\frac{\mu^2\tau}{\lambda^2 + \mu^2}}}{J_0^2(\mu\rho) + Y_0^2(\mu\rho)} \frac{d\mu}{\mu^2} \quad (28)$$

$$\bar{s} = 1 - \frac{K_0(\lambda)}{K_0(\rho\lambda)} - \frac{2}{\pi} \int_0^\infty V_0(\lambda\mu) \frac{e^{-\frac{\mu^2\tau}{\lambda^2 + \mu^2}}}{\mu(\lambda^2 + \mu^2)} \lambda^2 d\mu \quad (29)$$

Podsumowanie

Otrzymane wzory (26)–(28) pozwalają obliczyć ważne w rozważanym zagadnieniu wielkości takie, jak: ciśnienie dolnego poziomu, głębokość wody od powierzchni swobodnej do powierzchni dolnego poziomu, wydajność szczeliny pełniącej rolę pionowego drenażu.

Burzliwy rozwój metod informatycznych powoduje, że rezultaty aplikatywne rozważań teoretycznych w zakresie przystosowania do konkretnych zagadnień praktyki inżynierskiej nie stanowią wielkiego problemu. Należy jednak zwrócić uwagę na to, że większość nauk przyrodniczo-technicznych wymaga znacznego pogłębienia podstaw teoretycznych. Temu celowi służy przedstawiona praca.

Literatura

- GERINGER J. 1975: Etude d' influence des parametres hydrauliques du carral sur la propagation des ondes de gravitations. *Arch. Hydrot.* 3.
- GRODSTEIN I.S., RYŻIK J.M. 1962: Tablicy integralow, summ, riadow i proizwedenija. Fizmatgiz, Moskwa.
- KAZIEKO H., KAZIEKO I. 2001: Matematyka – działy wybrane. Cz. 1. Wydaw. SGGW. Warszawa.
- KLUTE A. 1973: Some theoretical aspects of the flow of water in unsaturated soil. *Soil Sci Soc. Am. Proc.* 16.
- SPIRLEIN J.N. 1993: Tablicy specjalnych funkcji. Cz. 1. Gostechteoretizdat, M-L.

Summary

Analitical model of groundwater discharge of vertical drain. Analitical model of groundwater discharge in two layer medium has been considered. Formulas for drain discharge, pressure in the two layers and lowering of groundwater level have been found.

Author's address:

Helena Kazieko, Lucyna Kazieko
Warsaw Agricultural University
Department of Applied Mathematics
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa
Poland

Helena KAZIEKO

Lucyna KAZIEKO

Katedra Zastosowań Matematyki SGGW
Department of Applied Mathematics WAU

Określenie optymalnych warunków nawodnienia stokowego **Evaluation of optimal conditions for border irrigation system**

Wprowadzenie*

Podstawowe zadanie, które występuje podczas nawadniania stokowego, sprowadza się do określenia optymalnych warunków, dla których nawodnienie to jest najbardziej efektywne. Warunki, które przy tym powinny być spełnione, są znane, lecz brakuje w literaturze ściślejszych analitycznych przedstawień tego zagadnienia.

Przyczyn tego stanu rzeczy może być wiele. Do nich można zaliczyć brak bardziej lub mniej udanych teoretycznych rozwiązań z hydrauliki związanych z takim nawodnieniem, trudności związane z matematycznym sformułowaniem zagadnienia itd. W pracach poświęconych temu zagadnieniu przedstawione są różne drogi przybliżonego spełnienia warunków optymalnych (Połubarinowa-Koczma i in. 1969, Chubłarian 1981).

Nawadnianie można przyjąć za optymalne, jeśli przy zadanych warunkach terenowych i glebowych osiąga się maksymalnie jego efektywność (E) określoną następująco

$$E = \frac{m_0}{m} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie:

m_0 – niezbędna dawka nawadniania w czasie τ_0 ,

$$m = \frac{V}{l},$$

V – zużyta ilość wody na jednostkę szerokości pasma,

l – długość pasma.

* Z uwagi na rozbudowane wzory artykuł złożono jednołamowo.

Przy optymalizacji takiego nawadniania decydujące znaczenie ma czas występowania wody (τ) wzdłuż długości nawadnianego pasa. Czas ten określa się następująco:

$$\tau = t_0 - t_n(x) + t_3(x) \quad (2)$$

gdzie:

$t_0 = t_l + \Delta t$ – czas występowania wody w wyjściowej części,

t_l – czas dopływu wody,

Δt – czas liczony od momentu przzerwania dopływu wody do momentu odsłonięcia dna w wyjściowej części i początku ruchu tylnego frontu,

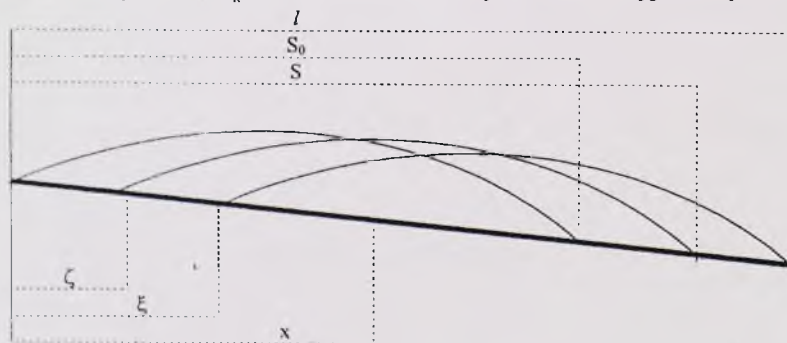
$t_n(x)$ – czas ruchu przedniego frontu,

$t_3(x)$ – czas ruchu tylnego frontu.

Sformułowanie zagadnienia

Zakładamy, że na końcu nawadnianej strefy znajduje się zapora zatrzymująca wodę. Rozpatrzmy przypadek, w którym występują trzy etapy ruchu nawadnianej strugi.

Pierwszy etap – ruch czołowego frontu wody do chwili t_0 odbywa się na odcinku długości S_0 ; drugi etap – jednoczesny ruch czołowego i tylnego frontu odpowiednio na odcinkach długości $l - S_0$ i ξ od momentu t_0 do momentu t_l ; trzeci etap – ruch końcowego frontu na odcinku o długości $l - \xi$ – od momentu t_l do momentu t_k . Symbole t_l , t_k oznaczają momenty dojścia do zapory odpowiednio czołowego i tylnego frontu (rys. 1). Momenty czasu t_0 , t_k i t_n liczone są od momentu wydatku, t_k – od momentu odkrycia dna w wyjściowym skrzydle.



RYSUNEK 1.
FIGURE 1.

Analiza efektywności nawodnienia

W dalszym ciągu przyjmujemy następujące oznaczenia:

W_1, W_2, W_3 – objętość wody, która wsiąka do gleby w odpowiednich etapach

q_1, q_2, q_3 – infiltracyjne wydatki nawadnianego potoku w kolejnych etapach nawadniania.

Wówczas

$$W_1 = \int_0^{t_0} q_1 dt, \quad W_2 = \int_{t_0}^{t_1} q_2 dt, \quad W_3 = \int_{t_1}^{t_k} q_3 dt \quad (3)$$

Zjawisko wsiąkania wody do gleby przedstawia nieustalony ruch wody w nienasyconym ośrodku porowatym.

Zastosowanie odpowiednich równań różniczkowych w celu otrzymania pożytecznych i prostych w praktyce rozwiązań nie jest celowe, gdyż równania takie zawierają w charakterze parametrów porowatość gruntu, która w warunkach rzeczywistych niejednoznacznie określa jego przepuszczalność. W przypadkach takich lepiej wykorzystać wzory otrzymane drogą eksperymentalną. Przykładem takiego wzoru jest następująca formuła określająca szybkość wsiąkania:

$$V = V_0 e^{-\alpha t} \quad (4)$$

gdzie:

V_0 – początkowa prędkość infiltracji,

α – parametr charakteryzujący glebę,

τ – określa wzór (2).

Zależność (4) jest szczególnym przypadkiem znanej formuły, w której można nie uwzględniać infiltracji. Istotnie, w czasie nawadniania prędkość filtracji można zaniedbać.

Jednym z ważnych warunków przy nawadnianiu jest niedopuszczenie do „przewilgotnienia” gleby i strat wody na infiltrację.

Aby określić V , wykorzystując zależność (2), nieodzowne jest określenie zależności funkcyjnych $t_n(x)$ i $t_3(x)$ wzdłuż ruchu czołowego i tylnego frontu; są to wielkości szukane. Problem ten stanowi podstawową trudność przy rozwiązaniu równań bilansu. W celu pokonania tych trudności zastosujemy metodę kolejnych przybliżeń. Charakterystyczne dla tej metody jest to, że im bliższe jest pierwsze zadane przybliżenie do szukanego rozwiązania, tym szybciej zbiega proces kolejnych przybliżeń. Biorąc to pod uwagę, przyjmujemy jako pierwsze przybliżenie dla $t_n(x)$ i $t_3(x)$ następujące zależności:

$$X_n = L(1 - e^{-\lambda t}) \quad (5)$$

$$X_3 = L(1 - e^{-\beta t}) \quad (6)$$

gdzie: λ, β, L – parametry.

Rozwiązując równania (5) i (6) względem t i podstawiając otrzymane rozwiązania zamiast $t_n(x)$ i $t_3(x)$ do równania (2), otrzymujemy:

$$\tau = t_0 + \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 - \frac{x}{L} \right) - \frac{1}{\beta} \ln \left(1 - \frac{x}{L} \right) \quad (7)$$

Zgodnie z równaniem (4) mamy:

$$q_2 = v_0 \int_{\xi}^x e^{-\alpha \tau} dx, \quad q_3 = v_0 \int_{\xi}^l e^{-\alpha \tau} dx \quad (8)$$

Zauważmy, że we wzorze dla q_2 mamy $\zeta \leq \xi$, a we wzorze dla q_2 mamy $\zeta > \xi$ (rys. 1). Całkując (8) z uwzględnieniem (7), otrzymujemy:

$$q_2 = \frac{v_0 e^{-T_0} L}{n-1} (Z_S^{1-n} - Z_{\xi}^{1-n}), \quad q_3 = \frac{v_0 e^{-T_0} L}{n-1} (Z_L^{1-n} - Z_{\xi}^{1-n}) \quad (9)$$

$$T_0 = \alpha t_0, \quad n = \frac{\alpha}{\lambda} - \frac{\alpha}{\beta}, \quad Z_S = 1 - \frac{S}{L}$$

Zmienne S i L w równaniu (9) wyrażamy jako funkcje t , uwzględniając zależności (5) i (6), przyjmujemy $X_n = S, X_3 = \xi$.

$$Z_S^{1-n} = \exp \lambda(n-1)t, \quad Z_{\xi}^{1-n} = \exp \beta(n-1)(t - t_0) \quad (10)$$

gdzie t – czas liczony od momentu doprowadzenia wody.

Z równań (9) i (10) otrzymujemy:

$$W_2 = \int_{t_0}^{t_l} q_2 dt = \frac{v_0 e^{-T_0} L}{n-1} \left(\frac{\exp \lambda(n-1)t_l - \exp(n-1)t_0}{\lambda(n-1)} - \frac{\exp \beta(n-1)(t_l - t_0) - 1}{\beta(n-1)} \right) \quad (11)$$

$$W_3 = \int_{t_l}^{t_k} q_3 dt = \frac{v_0 e^{-T_0} L}{n-1} \left[Z_L^{1-n}(t_k - t_l) - \frac{\exp \beta(n-1)(t_k - t_0) - \exp \beta(n-1)(t - t_0)}{\beta(n-1)} \right] \quad (12)$$

Przyjmujemy w równaniach (5) i (6):

$$X_n = X_3 = \xi$$

wówczas w równaniu (5):

$$t = t_n(\xi)$$

a w równaniu (6):

$$t = t_3(\xi)$$

Rozwiązując równania (5) i (6) względem λ i β , otrzymujemy dla równania (11):

$$n = \frac{\Delta T(\xi)}{\ln \frac{L}{L-\xi}}, \quad \lambda(n-1) = \frac{\Delta T(\xi) - \ln \frac{L}{L-\xi}}{t_n(\xi)}, \quad \beta(n-1) = \frac{\Delta T(\xi) - \ln \frac{L}{L-\xi}}{t_3(\xi)} \quad (13)$$

gdzie:

$$\Delta T(\xi) = \alpha \Delta t(\xi), \quad \Delta t(\xi) = t_n(\xi) - t_3(\xi)$$

Analogicznie, przyjmując $X_n = X_3 = 1$, otrzymujemy dla równania (12)

$$n = \frac{\Delta T(L)}{\ln \frac{L}{L-1}}, \quad \beta(n-1) = \frac{\Delta T(L) - \ln \frac{L}{L-1}}{t_3(L)} \quad (14)$$

Przyjmując w równaniu (6) $x=1$ i podstawiając wartość 1 w myśl równania (6) do wzoru na Z_1 oraz uwzględniając równanie (14), otrzymujemy:

$$Z_1^{1-n} = \exp \beta(n-1) t_3(L) = \frac{L-1}{L} \exp \Delta T(L) \quad (15)$$

Ten sam wynik można otrzymać, jeśli zamiast równań (6) i (14) wykorzystać równania (5) i (13). Wyznaczając λ , β , n z równań (11) i (12) z wykorzystaniem (13), (14) i (15) i zanedbując wielkości ξ i 1 w stosunku do L , można pokazać, że:

$$L \ln \frac{L}{L-\xi} = \xi$$

Ostatecznie otrzymujemy:

$$W_2 = \frac{v_0 \xi T_n(\xi) - e^{T_0}}{\alpha \Delta T^2(\xi)} \left[\exp \frac{t_l}{t_n(\xi)} \Delta T(\xi) - \exp \frac{t_0}{t_n(\xi)} \Delta T(\xi) - (e^{\Delta T(\xi)} - 1) \frac{t_3(\xi)}{t_n(\xi)} \right] \quad (16)$$

$$W_3 = \frac{v_0 l \tau_l - e^{-T_0}}{\alpha \Delta t(l)} \left[e^{\Delta T(l)} - \left(e^{\Delta T(l)} - \exp \frac{t_l - t_0}{t_3(l)} \Delta T(l) \right) \cdot \frac{t_3(l)}{\Delta T(l) \tau_l} \right] \quad (17)$$

gdzie τ_l – czas występowania wody w końcowym skrzydle.

Zależności (16) i (17) wyrażają objętości wody wsiąkanej odpowiednio w drugim i trzecim etapie.

Objętość wody wsiąkanej w pierwszym etapie można przedstawić wzorem (Połubarinowa-Koczma i in. 1969):

$$W_1 = \frac{v_0}{\alpha} S_0 \chi(T_0) \quad (18)$$

gdzie:

$$\chi_0(T_0) = 1 - \frac{1 - e^{-T_0}}{T_0}, \quad T_0 = \alpha t_0$$

Korzystając z zależności (16), (17), (18), należy wziąć pod uwagę równość:

$$t_0 + t_3(l) = t_l + \tau_l \quad (19)$$

Sprawdzimy prawdziwość równań (16) i (17). Przy $\xi = 0$, $t_0 = t_l$ (rys. 1) drugi etap ruchu powinien nie występować. Rzeczywiście, podstawiając $\xi = 0$, $t_0 = t_l$ do równania (16) otrzymujemy $W_2 = 0$. W_3 określa objętość wody wsiąkanej przy ruchu tylnego frontu po osiągnięciu zapory przez pierwszy front.

Gdy nie ma zapory i ruch strumienia wody jest nieograniczony występuje tylko drugi etap ruchu. Trzeci etap ruchu nie występuje. Rzeczywiście, gdy woda całkowicie wsiąknie w ostatnim skrzydle, odpowiadającym maksymalnej długości rozprzestrzeniania się pierwszego frontu, $\tau_l = 0$ i zgodnie ze wzorem (19): $t_0 + t_3(l) = t_l$. Podstawiając do wzoru (17), mamy $W_3 = 0$.

W szczególnym przypadku: $\xi = 0$, $W_2 = 0$, $S = 1$, $t_0 = t_l$, $t_l(l) = \tau$ (rys. 1). Uwzględniając zależności (17) i (18), otrzymujemy następujące równanie bilansu

$$\int_0^{\tau_0} Q_0 dt = W_1 + W_3 = \frac{v_0}{\alpha} l \left[\chi(T_l) + \frac{\tau_l}{\Delta t(l)} e^{-\alpha \tau_l} \cdot \chi(\Delta T_l) \right] \quad (20)$$

gdzie Q_0 – wydatek.

Zgodnie ze wzorem (19):

$$\Delta T(l) = t_0 - \tau_l$$

Zauważmy, że przy $\tau_1 > t_0$, $\Delta t(l) < 0$, $\chi < 0$; przy tym wraz ze wzrostem τ_1 ostatni składnik we wzorze (20) też rośnie.

Optymalną długość l_{0n} można określić następująco. Przyjmując długość strumienia nawadnianego równą l w momencie t_0 , tzn. $l = l(t_0)$, ze wzoru (20) obliczamy τ_1 .

Jeśli $\tau_1 < \tau_0$, to $l_{0n} < l(t_0)$ i odwrotnie, jeśli $\tau_1 > \tau_0$, to $l_{0n} > l(t_0)$.

W praktyce spotyka się ostatni przypadek, gdy wydatek ogranicza się do przebiegu przedniego frontu przez całą długość strefy. Ponieważ w tym przypadku $W_2 \neq 0$, więc można wykorzystać wzór (16). Z analizy tej wynika, że objętość wsiąkanej wody w pierwszym i drugim etapie może być określona przez wzór (18). W przypadku tym mamy:

$$\int_0^{\tau_0} Q_0 dt = W_1 + W_3 \quad (21)$$

gdzie W_1 i W_3 określone są odpowiednio przez wzory (18) i (17), biorąc pod uwagę, że we wzorze (18) $S_0 = l$, $T_0 = T_l$.

Przy tym w celu określenia $t_3(l)$ można wykorzystać zależność (19).

Warunek optymalny dla równania (21) występuje wtedy, gdy $t_0 = \tau_l = \tau_0$, $\Delta T(l) = 0$. Podstawienie tego warunku do równania (17) prowadzi do nieoznaczoności $\frac{0}{0}$. Stosując dwukrotnie regułę de l'Hospitala, w celu określenia l_{0n} ze wzoru (21) otrzymujemy:

$$\int_0^{t_1} Q_0 dt = \frac{v_0}{\alpha} l \left[\lambda(T_l) + \frac{T_0^2}{2T_l \exp T_0} \right] \quad (22)$$

Stąd można znaleźć l_{0n} , jeśli powstałe wielkości są znane. Wyjątek stanowi T_1 , które można określić dla danego l . W celu określenia T_1 dla danego l stosuje się różne formuły (Scheideger 1960, Połubarinowa-Koczma i in. 1969).

Podsumowanie

Matematyczne modelowanie nawodnienia stokowego jest ciekawym zagadnieniem matematycznym ze względu na możliwość sprawdzenia otrzymanych rozwiązań teoretycznych na modelu laboratoryjnym. Sądzymy, że otrzymane w tej pracy

wyniki mogą być inspiracją do przeprowadzenia stosownych pomiarów laboratoryjnych.

Literatura

- BRAESTER C., DAGAN G. 1971: Development of methods, tools and solutions for unsaturated flow with application to watershed hydrology and other fields. Dep. of Civ. Eng. Techn., Haifa.
- CHUBŁARIAN M.G. 1981: Gidromechanika i melioracija. Moskwa.
- POLUBARINOWA-KOCZMA P.J., PRAŽINSKA V.G., EMICH V.N. 1969: Matematičeskije metody v voprosach oroszenija. Nauka, Moskwa.
- SCHEIDEGGER A.E. 1960: On the stability of displacement fronts in porous media. *Canad. J. Phys.* 38.

Summary

Evaluation of optimal conditions for border irrigation system. Infiltration process is usually described using unsteady model of water flow in unsaturated porous media. The paper presents mathematical analysis of infiltration process during irrigation of surface soils. The analysis allow to estimate the optimal condition for border irrigation system.

Authors' address:

H. Kazicko, L. Kazicko
Warsaw Agricultural University
Department of Applied Mathematics
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa
Poland

Waldemar MIODUSZEWSKI

Zakład Zasobów Wodnych IMUZ, Falenty

Department of Water Resources

Institute for Land Reclamation and Grassland Farming

Mała retencja i jej wpływ na stan środowiska naturalnego i zasobów wodnych

Small retention and its influence on the state of environment and water resources

Wprowadzenie

Działalność gospodarcza człowieka, w tym działalność rolnicza i związane z nią systemy melioracyjne, według wielu autorów, spowodowały przyspieszenie obiegu wody i materii w zlewniach rzecznych, przyczyniając się do zwiększenia częstotliwości występowania susz i powodzi (Wilgat 1984, Przemiany... 1993, Okruszko 1997). Wychodząc z powyższego można postawić tezę, że na skutek różnych działań uległa zmniejszeniu naturalna zdolność retencyjna zlewni, a wody opadowe i pozimowe odprowadzane są szybko do rzeki. (Byczkowski 1996, Byczkowski i Kubrak 1996, Okruszko 1997).

Z tak postawionej tezy musi wynikać idea konieczności (celowości) zwiększenia (odtworzenia) zdolności retencyjnej zlewni. Zakłada się więc, że wody opadowe i roztopowe będą zatrzymywane na terenie zlewni (w miejscu ich powstawania), a następnie w okresach posusznych (bezopadowych) będą zasilaly cieki.

Działania w zakresie poprawy bilansu wodnego w małych zlewniach przyjęto nazywać „małą retencją”. Dużą akcją w zakresie propagowania małej retencji, ale rozumianej głównie jako budowa małych zbiorników wodnych, prowadził w początkach lat 70. prof. Dziewoński (1973). W 1978 roku podjęta została Uchwała Rządu PRL zalecająca budowę małych zbiorników. Natomiast w 1995 roku podpisane zostało porozumienie między ministrem rolnictwa a ministrem środowiska w sprawie programu rozwoju małej retencji. Akcja rozpoczęta w 1995 roku jest więc co najmniej trzecim podejściem zmierzającym do poprawy bilansu wodnego małych zlewni rzecznych z wykorzystaniem metod rozwoju małej retencji. Warto tu również wspomnieć, że w 1985 roku prezydent Stanów Zjednoczonych zainicjował program rozwoju małej retencji po hasłem „stop dla zmniejszania obszarów mokradłowych” (no net loss of wetlands). W ramach tego programu wybudowano m.in. kilka tysięcy małych zbiorników o łącznej powierzchni ponad 4 mln hektarów (Mioduszeowski 1993).

Charakterystyka pojęcia „mała retencja”

„Mała retencja” rozumiana jest w różny sposób – od dość wąskiego zakresu obejmującego jedynie budowę małych zbiorników wodnych (Dziwoński 1973, Radczuk i in. 1997) do kompleksowych, przestrzennych działań technicznych i nietechnicznych, w wyniku których następuje zwiększenie zdolności zatrzymywania wody na powierzchni terenu (retencja siedliskowa), w glebie, w warstwach wodonośnych oraz w ciekach i zbiornikach wodnych (Mioduszeński 1999a, Kowalczak i in. 1997). Mała retencja jest zaliczana do tzw. retencji niesterowalnej, nie dającej możliwości bieżącej eksploatacji zasobami wodnymi, jak to ma miejsce np. w przypadku dużych zbiorów wodnych.

Rolę i znaczenie małej retencji można rozpatrywać w dwóch aspektach:

- poprawy stanu środowiska przyrodniczego, w tym jakości wody,
- poprawy bilansu wodnego w zlewni rzecznej.

Takie działania z zakresu małej retencji, jak: zalesienia (Ciepielowski i Dąbkowski 1995), hamowanie odpływu wody z siedlisk hydrogenicznych (Okruszko 1997), prace przeciwerozryjne, odtworzenie oczek wodnych, budowa małych zbiorników (Radczuk i in. 1997) z urozmaiconym dnem i skarpani (Mioduszeński 1999a), powodują poprawę stanu środowiska przyrodniczego, ograniczają mineralizację materii organicznej, zwiększają biologiczną różnorodność krajobrazu rolniczego, tworzą warunki do powstawania cen-

nych ekotonów, jakie występują na styku łądu z wodą. Większość działań małej retencji wywiera również pozytywny wpływ na jakość wód. Wydaje się, że w wielu przypadkach o celowości podejmowania niektórych działań małej retencji mogą decydować wymagania wynikające z odtwarzania lub ochrony cennych walorów przyrodniczych obszarów mokradłowych. Tym niemniej, bardzo rzadko, ale może wystąpić negatywne oddziaływanie małej retencji na stan środowiska przyrodniczego. Dotyczy to szczególnie budowy zbiorników, gdy np. nieprawidłowo wybrano lokalizację zbiornika, powodując tym samym zalanie (zniszczenie) cennych gatunków fauny i flory lub ograniczenia w wędrówce ryb. Niebezpieczeństw tych można uniknąć przez wybór odpowiedniej lokalizacji zbiornika i tam, gdzie to jest niezbędne, przez budowę przepławek dla ryb.

Poprawa bilansu wodnego zlewni rzecznej w wyniku realizacji prac z zakresu małej retencji obejmuje trzy oddzielne zagadnienia:

- wpływ małej retencji na zaspokojenie potrzeb wodnych roślin uprawnych i środowiska przyrodniczego w bezpośrednim otoczeniu podejmowanych działań,
- wpływ małej retencji na zasilanie geologicznych warstw wodonośnych,
- wpływ małej retencji na reżim przepływu w rzece, a w szczególności oddziaływanie na wielkie wody wezbraniowe (ochrona przed powodzią) oraz wody niżówkowe (ochrona przed suszą).

Praktycznie wszystkie działania z zakresu małej retencji wywierają

pozytywne oddziaływanie w zakresie zaspokajania gospodarczych potrzeb wodnych. Mogą wystąpić jedynie nieznaczne, łatwe do uniknięcia przypadki ewentualnego nadmiernego uwilgotnienia gleb z punktu widzenia potrzeb rolnictwa. Zwiększenie retencji glebowej, podwyższenie poziomu wód gruntowych przez regulowanie odpływu z systemów melioracyjnych lub budowę zbiorników wodnych itp. powoduje wzrost zasobów wodnych dostępnych zarówno dla roślin uprawnych, jak i naturalnych fitocenoz. W wyniku tych działań następuje zazwyczaj zwiększenie wielkości ewapotranspiracji, która stanowi odzwierciedlenie wzrostu plonów (produkcji masy organicznej). Obserwacje wykazują, że większość inwestycji małej retencji spełnia oczekiwania gospodarcze, ekonomiczne lub estetyczne, które były celem podejmowanych prac.

Oddziaływanie małej retencji na zasilanie warstw wodonośnych jest bardziej złożonym problemem. Takie działania, jak: budowa zbiorników wodnych (za wyjątkiem kopanych) oraz piętrzeń na ciekach, regulowanie odpływu z sieci melioracyjnej, powodują podwyższenie poziomu wód gruntowych, a tym samym zwiększenie zasobów wód podziemnych. Zmniejszenie dopływu wód do warstw wodonośnych może natomiast mieć miejsce w przypadku wzrostu pojemności retencyjnej gleb piaszczystych na skutek zatrzymywania wód opadowych w glebie. Zaleszania obszarów infiltracyjnych powodujące zwiększenie ewapotranspiracji, również może spowodować ograniczenie zasilania zbiorników wód podziemnych. Biorąc powyższe pod uwagę,

wydaje się oczywiste, że obszary, na których następuje zasilanie zbiorników wód podziemnych, powinny podlegać szczególnej ochronie. Zarówno użytkowanie rolnicze, jak i zagospodarowanie leśne nie powinny obniżać objętości infiltrującej wody.

Oddzielnego omówienia wymagają stawy kopane. Większość z nich nie powoduje żadnych zmian (lub bardzo małe) w dynamice wód gruntowych. W przypadku napełniania stawu wodami z rzeki może wystąpić podwyższenie poziomu wód gruntowych w jego bezpośrednim otoczeniu. Natomiast w przypadku poboru wody ze stawu kopanego zasilanego jedynie wodami podziemnymi może następować obniżenie poziomów wód gruntowych. Niekorzystny wpływ na wody podziemne wywierają stawy kopane powstające na obrzeżach dolin rzecznych, które przecinają warstwę słaboprzepuszczalną, pod którą znajdują się wody naporowe. Taki staw działa wówczas jak drenaż i powoduje obniżenie poziomu wód gruntowych na wysoczyźnie przyległej do doliny.

Wpływ rolnictwa na reżim hydrologiczny rzek

Brak jest dostatecznych dowodów do oceny liczbowej, na ile dotychczasowa działalność gospodarcza człowieka, a szczególnie rolnictwa, przyczyniła się do zmian reżimu przepływu w ciekach. Biorąc pod uwagę jedynie okres powojenny (lata 1945–2000), można przyjąć, że systemy melioracyjne (głównie odwadniające) wybudowano na powierzchni prawie 6 mln ha użytków

rolnych. W tym też czasie uległo likwidacji prawie 8000 piętrzeń młyńskich, co przyczyniło się m.in. do erozji dennej rzek i obniżenia poziomu wód powierzchniowych i gruntowych. Nastąpił zwiększony pobór wód gruntowych na skutek rozbudowy wodociągów w miastach i osiedlach wiejskich. Uległy również co najmniej dwukrotnemu zwiększeniu plony upraw rolnych, powodując zwiększenie ewapotranspiracji.

Analiza wpływu rolnictwa na przepływy w rzekach przedstawiona została przez Gutry-Korycką i Ciepeliowskiego (Przemiany... 1993). Wykazano tam, że wpływ ten może być znaczny, lecz brak jest jednak danych liczbowych. Szczególnie interesująca byłaby analiza wpływu, wzrostu plonów na obszarach

nienawadnianych na reżim przepływu w ciekach. Podjęto próbę oceny takiego wpływu, zakładając, że istnieje zależność liniowa między wielkością plonów a ewapotranspiracją. Przyjmując takie założenie, wykonano obliczenia wielkości ewapotranspiracji z gruntów rolnych na obszarze zlewni górnej Narwi (powyżej Suraza). Wielkość plonów przyjęto z roczników statystycznych, a jednostkowe zużycie wody dla poszczególnych roślin oszacowano na podstawie literatury i dane z badań ewapotranspiracji prowadzonych w IMUZ (Łabędzki 1997). Obliczoną wielkość ewapotranspiracji upraw rolnych w przeliczeniu na warstwę wody na powierzchnię całej zlewni przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1. Zużycie wody w zlewni górnej Narwi w przeliczeniu na całkowitą powierzchnię zlewni [mm]

TABLE 1. Water consumption in the catchment of upper Narew river, as an average on the total catchment [mm]

Rok Year	Zużycie wody na ewapotranspirację Water consumption for evapotranspiration		Zużycie wody na potrzeby gospodarcze Water consumption for domestic and industrial use	
	całość total	w tym użytki rolne including agricultural land	całość total	w tym ludność including people
1949	198,7	41,4	0,37	0,21
1955	210,5	65,7	0,67	0,34
1960	225,4	79,1	0,83	0,40
1965	250,5	90,8	0,99	0,50
1970	281,2	100,8	1,16	0,59
1975	302,6	119,0	1,66	0,99
1980	296,0	108,9	1,98	1,21
1985	318,4	127,3	2,02	1,36
1990	330,5	137,0	2,24	1,57
1995	319,1	118,6	2,32	1,70
1999	321,5	119,6	2,57	1,83

Podano również wyniki szacunkowych obliczeń zużycia wody na potrzeby komunalne. Wzrost zużycia wody wynika tu ze wzrostu liczby ludności i zwierząt oraz postępu w budowie wodociągów i systemów kanalizacyjnych. Trudno ocenić jest dokładność przeprowadzonych obliczeń. Tym niemniej wyraźnie widać, że rolnictwo nienawadniane jest głównym konsumentem wody w zlewni oraz że musiał nastąpić duży wzrost zużycia wody przez rośliny uprawne, wynikający ze wzrostu plonów. W zlewni górnej Narwi pobór wód do nawodnień jest bardzo mały w stosunku do zużycia wody na ewapotranspirację roślin nienawadnianych

i nie przekracza 5–6 mm wody rocznie, w przeliczeniu na powierzchnię całej rozpatrywanej zlewni. Również niewielkie jest zużycie wody na potrzeby komunalne i gospodarcze (brak przemysłu i większych miast w tym rejonie). Należy również zwrócić uwagę, że wody pobierane na cele komunalne są po ich zużyciu w dużym stopniu (ponad 90%) odprowadzane w postaci mniej lub bardziej oczyszczonych ścieków do wód gruntowych lub do rzek, w odróżnieniu od wód pobieranych przez rośliny, które są odprowadzane do atmosfery w postaci pary wodnej.

Przedstawione wyżej zjawiska musiały w jakimś stopniu wpłynąć na reżim hydrologiczny rzek. Lambor (Przemiany... 1993) uważa, że rolnictwo (dane do 1956 roku) na obszarze Wielkopolski spowodowało zmniejszenie przepływu w rzekach średnio o 8 mm. Na duży wpływ rolnictwa na zmniejszenie zasobów wód powierzchniowych wskazuje również Gutry-Korycka

(Przemiany... 1993). W wielu jednak rzekach Polski obserwacje wodowskazowe wykazują wzrost przepływów niskich i średnich, przy praktycznie nie zmieniających się opadach atmosferycznych. Takie zjawisko występuje wyraźnie w kilku przekrojach wodowskazowych na Narwi i Biebrzy. Byczkowski (1996) tłumaczy to wpływem prac melioracyjnych, które wykonane zostały na przełomie lat 1960/1970 na dużych obszarach w zlewniach tych rzek.

Wiele nakładających się czynników oraz duża naturalna zmienność przepływu utrudnia udokumentowanie rachunkiem statystycznym wpływu działalności człowieka na reżim hydrologiczny rzek (Kowalczak i in. 1997, Byczkowski 1996). Należy również zwrócić uwagę, że długoletnie obserwacje hydrologiczne prowadzone są głównie na większych rzekach, gdzie przepływ jest sumą dopływów wody z dużej liczby małych, różnorodnych zlewni. Wpływ działalności człowieka łatwiej jest zaobserwować na małych zlewniach, brak tu jednak długoletnich pomiarów. Natomiast w literaturze geograficznej (Przemiany... 1993) znaleźć można wiele przykładów zaniku źródeł i wysychanie małych cieków, co w dużym stopniu powodowane jest m.in. działalnością rolnictwa.

Wpływ małej retencji na reżim hydrologiczny rzek

Jeśli przyjmie się założenie, że działalność człowieka spowodowała zmiany reżimu hydrologicznego rzek, a dotyczy to głównie niewielkich zlewni,

to podstawowym zadaniem małej retencji jest odtworzenie quasi-naturalnego przepływu. Co prawda w większości przypadków nie wiemy, co to jest przepływ naturalny oraz nie znamy wartości tego docelowego (właściwego) przepływu, jednak fakt konieczności spowolnienia obiegu wody w zlewni oraz przynajmniej częściowego zniwelowania skutków dotychczasowej działalności człowieka nie budzi wątpliwości (Wodno-bilansowe kryteria... 1998). Natomiast otwartą sprawą pozostaje liczbowa ocena wpływu prac z zakresu małej retencji na reżim hydrologiczny rzek (Byczkowski 1996). W wielu przypadkach wpływ ten jest bardzo trudny, a niekiedy niemożliwy do udowodnienia, szczególnie na podstawie badań terenowych. Przeprowadzona szacunkowa analiza możliwości retencionowania wody w zlewni górnej Narwi wykazuje, że mogą to być duże objętości wody (Kowalewski 1998) i wynikają z niewielkiego wzrostu, np. potencjalnych możliwości retencionowania niedużej warstwy wody, lecz wzrost ten występuje na dużych powierzchniach, obejmujących znaczną część zlewni.

Badania na podstawie numerycznych modeli symulacyjnych (Mioduszeński i in. 1996) wykazują, że w wielu przypadkach realizacja programu małej retencji powoduje zmniejszenie średnich przepływów w rzece. Również często ulegają obniżeniu przepływy niskie. Ma to miejsce, gdy następuje podwyższenie poziomu wód gruntowych w strefie dostępnej dla roślin. W tym przypadku działania polegające na spowalnianiu odpływu wody ze zlewni rzecznej powodują zwiększenie zasobów wodnych

dostępnych dla roślin, a tym samym wzrost ewapotranspiracji. Ewentualnego zmniejszenia odpływu ze zlewni nie można jednak traktować jako bezużytecznych strat wody, ze względu na fakt, że woda ta jest niezbędna dla zapewnienia wysokiej produkcji rolniczej oraz (lub) zachowania cennych walorów przyrodniczych obszarów mokradłowych. Należy również podkreślić, że działania w zakresie małej retencji powodują odtworzenie warunków hydrologicznych, jakie w zlewni dominowały, np. przed wykonaniem prac melioracyjnych w dolinach rzeki. Przeprowadzone analizy wykazują, że do zwiększenia przepływów w ciekach mogą przyczynić się wszelkie prace powodujące wzrost objętości wód infiltrujących i zasilających warstwy wodonośne, a szczególnie gdy to ma miejsce na obszarach pozadolinowych. Podwyższony poziom wód gruntowych jest nadal na tyle głęboko poniżej powierzchni terenu, że niemożliwy jest pobór wód przez rośliny ze strefy saturacji.

Mała retencja jest tzw. retencją niesterowalną, a więc nie jest możliwe bieżące regulowanie pojemnością powodziową zlewni. Poprzez rozwój małej retencji zwiększa się jedynie potencjalną możliwość zatrzymywania wody w gruncie, glebie, ciekach i na powierzchni terenu. Można więc jedynie mówić, jak to wcześniej wspomniano, o zwiększeniu naturalnej retencji zlewni rzecznych. Nie może więc ona być traktowana jako skuteczna metoda dla szybkiej realizacji ochrony przeciwpowodziowej obszarów zagospodarowanych w dolinach większych rzek, w tym miast i osiedli. Wynika to m.in. z faktu, że działania w zakresie małej retencji

są działaniami szerokoprzestrzennymi, a ich realizacja jest długotrwała. Nie ulega natomiast wątpliwości dodatni wpływ małej retencji na ograniczenie wielkości wezbrań. Badania symulacyjne wykazują, że zwiększenie retencji o kilka, kilkanaście milimetrów w skali zlewni redukuje maksymalny przepływ fali powodziowej nawet o 50%. Z tym że przy dużych opadach, gdy zostanie całkowicie wypełniona pojemność retencyjna, następuje szybki odpływ wody bez względu na wielkość potencjalnej pojemności.

Szczególne miejsce wśród działań i obiektów małej retencji mają małe zbiorniki zaporowe i podpiętrzone jeziora. Jak już wcześniej wspomniano, proponuje się do małej retencji zaliczać zbiorniki o pojemności mniejszej niż 1 mln m³. Ich urządzenia upustowe powinny być tak dobrane, aby samoczynnie (automatycznie) przechwytywać w zbiorniku część fali wezbraniowej, a po przekroczeniu określonej rzędnej mógł nastąpić swobodny odpływ całości wód powodziowych, podobnie jak to ma miejsce w tzw. zbiornikach suchych. Wykonane dla wybranej zlewni o powierzchni 150 km² obliczenia symulacyjne wykazały, że system 16. zbiorników zaporowych o łącznej całkowitej pojemności 5 mln m³ pozwala na zmniejszenie maksymalnego przepływu wezbrania o 65–95% (Szymczak i Kowalewski 1999, Kowalewski i Ślesicka 2001). Następuje również wyraźne zwiększenie przepływów niżówkowych. Badania (Szymczak i Kowalewski 1999) wykazały, że oddziaływanie zbiorników na reżim hydrologiczny rzeki zależy nie tylko od ich pojemności i wielkości fali powo-

dziowej, ale również od doboru charakterystyk hydraulicznych przelewu oraz sekwencji występowania wezbrań. Chodzi o to, że jeśli kolejne wezbranie następuje w momencie, gdy zbiornik jest pełen (woda z poprzedniego wezbrania nie zdążyła jeszcze odpłynąć), to wówczas jego wpływ na falę powodziową jest znikomy. Zbiorniki są najbardziej skuteczne tam, gdzie występują duże przepływy, ale o krótkim czasie trwania. Są to więc zbiorniki położone w obszarach wyżynnych, zlewniach zbudowanych z gruntów słaboprzepuszczalnych. Do tej grupy zaliczyć również można zbiorniki na wylotach sieci kanalizacji deszczowej i budowane na kierunkach spływu wód burzowych z uszczelnionych placów i ulic, jak również na odpływach z obiektów drenarskich.

Podsumowanie

Mała retencja powinna być traktowana jako długotrwałe, szeroko-przestrzenne i kompleksowe działanie zmierzające do odtworzenia (zwiększenia) naturalnych zdolności retencyjnych małych zlewni rzecznych. Celowość realizacji programów małej retencji wynika nie tylko z potrzeby korekty struktury bilansu wodnego, ale również, a w wielu przypadkach przede wszystkim, z potrzeb ochrony walorów przyrodniczych krajobrazu rolniczego. Mała retencja w wielu przypadkach jest również elementem ochrony jakości wód powierzchniowych i podziemnych.

Działania z zakresu małej retencji zwiększają możliwości zaspokojenia potrzeb wodnych roślin uprawnych

oraz siedlisk hydrogenicznych, a tym samym są ważnym elementem ograniczającym występowanie susz. Mogą natomiast być przyczyną zmniejszenia wielkości odpływu ze zlewni, w tym również w okresach niżówkowych. Natomiast zwiększenie zdolności infiltracyjnych na obszarach zasilania wód podziemnych powoduje wzrost zasobów wodnych, w tym może przyczynić się do podwyższenia przepływów niżówkowych w rzekach.

Zwiększenie zdolności retencyjnej zlewni skutkuje zmniejszeniem wielkości i częstotliwości występowania wzbrań powodziowych. Dotyczy to jednak głównie małych rzek i mała retencja nie może stanowić podstawowej metody ochrony przeciwpowodziowej większych dolin rzecznych. Jest natomiast, a szczególnie dotyczy to małych zbiorników wodnych, cennym elementem wspomagającym ochronę przeciwpowodziową.

Należy zaznaczyć, że ocena liczbowa wpływu małej retencji na bilans wodny, w tym na wielkość przepływów w rzece i zasoby wód podziemnych, jest bardzo trudna. Ocena taka możliwa jest do wykonania głównie na podstawie numerycznych modeli symulacyjnych. Brak jest natomiast dowodów z obserwacji terenowych, głównie ze względu na fakt, że bardzo rzadko prowadzone są długotrwałe obserwacje wodowskazowe na małych ciekach.

Wiele problemów wymaga szczegółowych studiów i badań. Do najważniejszych zaliczyć można ocenę wpływu intensyfikacji rolnictwa na stan zasobów wód podziemnych i powierzchniowych. Dotyczy to szczególnie oceny wpływu wzrostu plonów,

wynikających z wdrażania efektywniejszych metod agrotechnicznych, oraz wprowadzania bardziej plennych odmian, na poziom wód gruntowych i przepływy w cieku. Oddzielnym problemem jest ocena wpływu systemów melioracyjnych (odwadniających i nawadniających) na bilans wodny zlewni. Nie do końca jest również wyjaśniona sprawa wpływu likwidacji pięter młyńskich na reżim hydrologiczny rzek oraz procesy erozyjne koryt rzecznych. Wyjaśnienie tego zagadnienia pomogłoby w planowaniu odbudowy zniszczonych pięter i budowy nowych.

Pilnym zadaniem do rozwiązania jest ocena wpływu zalesień na zasoby wód powierzchniowych i podziemnych. Jeśli zalesienia gruntów słabo przepuszczalnych i terenów o dużych spadkach nie budzą wątpliwości, to istnieją uzasadnione obawy, że zalesienie piaszczystych gruntów może przyczynić się do zmniejszenia zasilania zbiorników wód podziemnych.

Literatura

- BYCZKOWSKI A. 1996: Hydrologia. Wydaw. SGGW, Warszawa.
- BYCZKOWSKI A., KUBRAK J. 1996: Zasoby wód powierzchniowych i ich zmienność czasowo-przestrzenna w Basenie Środkowym Biebrzy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 432.
- BYCZKOWSKI A., MANDES B. 1996: Badanie zmienności chronologicznych ciągów średnich i minimalnych przepływów rzek w północno-wschodniej Polsce. *Wiad. IMiGW* 1.
- CIEPIEŁOWSKI A., DĄBKOWSKI L. 1995: Problemy małej retencji w lasach. *Sylvan.* 11.
- DZIEWOŃSKI Z. 1973: Rolnicze zbiorniki retencyjne. PWN, Warszawa.
- KOWALCZAK P., FARAT R., KĘPIŃSKA-KASPRZAK M., KUŹNICKA M., MARGER P. 1997: Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji. Materiały Badawcze. IMiGW, Warszawa.

- KOWALEWSKI Z. 1998: Możliwości zwiększenia zasobów wodnych w województwie łomżyńskim. Konferencja Naukowa „Przyrodnicze i techniczne problemy gospodarowania wodą”. SGGW, Warszawa.
- KOWALEWSKI Z., ŚLESICKA A. 2001: Wpływ małych zbiorników wodnych na kształtowanie się przepływów w zlewni rzecznej. W: Dynamika obiegu wody w zlewniach rzecznych (red.) J. Jaworski, J. Szkutnicki. IMiGW, Warszawa.
- ŁĄBĘDZKI L. 1997: Potrzeby nawadniania użytków zielonych – uwarunkowania przyrodnicze i prognozowanie. Rozprawy habilitacyjne. IMUZ, Falenty.
- Metodyka zagospodarowania zasobów wodnych w małych zlewniach rzecznych. 1995. (red.) A. Ciepeliowski. Wydaw. SGGW, Warszawa.
- MIODUSZEWSKI W. 1993: Ochrona zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym w Stanach Zjednoczonych. Biuletyn Informacyjny – *Melioracje Rolne* 1/2.
- MIODUSZEWSKI W. 1997a: Formy małej retencji i warunki jej realizacji. *Informacje Naukowe i Techniczne* 1.
- MIODUSZEWSKI W. 1997b: Mała retencja i polityka melioracyjna. W: Użytkowanie a ochrona zasobów wód powierzchniowych w Polsce. *Zeszyty Naukowe* 17.
- MIODUSZEWSKI W. 1999a: Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym. IMUZ, Falenty.
- MIODUSZEWSKI W. 1999b: Reconstruction of retention capacity of small river basins as a protection measure against floods and droughts. *Int. Agrophysics*, 12.
- MIODUSZEWSKI W., KOWALEWSKI Z., ŚLESICKA A. 1996: Wpływ eksploatacji dolinowego systemu melioracyjnego na zasoby wodne w zlewniach małych rzek. *Zeszyty Naukowe AR Wrocław* 289.
- Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych, 1993: (red.) I. Dynowska UJ, Kraków.
- OKRUSZKO H. 1997: A woda plynie do morza. *Nauka i Przyszłość* 9.
- RADCZUK L., SZCZEGELNIAK C., OLEARCZYK D. 1997: Propozycja jednolitego schematu inwentaryzacji małej retencji. *Gospodarka Wodna* 3.
- SZYMCHAK T., KOWALEWSKI Z. 1999: An impact of small water reservoirs on reduction of storm flow hydrographs and increase of a base flow. Konferencja „A new approaches in irrigation, drainage and flood control management”. Bratislava.
- WILGAT T. 1984: Ochrona zasobów wodnych Polski. PAN, Warszawa.
- Wodno-bilansowe kryteria kształtowania siedlisk w krajobrazie rolniczym 1998, (red.) C. Somorowski. Wydaw. SGGW, Warszawa.

Summary

Small retention and its influence on the state of environment and water resources. Poland have poor water resources. What is more, they are unevenly distributed in space and time. Human activity has made water balance even worse in many cases and increase in the frequency of extreme phenomena such as floods and draughts.

One of the methods to improve water balance is development of the so called small retention consists mainly in the increase of the potential retention abilities of small basins. The studies and approximate calculations carried out show that treatment consisting in the increase of swampy areas, number of water pools and small water reservoirs, damming up of eroded rivers and canals, improvement of the soil structure, inhibition of outflows from melioration systems etc. can significantly increase water supply both for the natural environment and for the economic and communal needs.

Increased ability to hold water in the river basin by the methods of small retention is considered to be one of the indispensable conditions to secure balanced development. It refers specifically to agriculture and water management especially in the melioration objects connected with it.

Author's address:

Waldemar Mioduszeowski
Departament of Water Resources
Institute for Land Reclamation and Grassland Farming Falenty
05-090 Raszyn
Poland

Metoda inwentaryzacji i waloryzacji przyrodniczo-krajobrazowej małych zbiorników wodnych w opracowaniach ekofizjograficznych

The method of ecological and landscape inventory-making and evaluation of small water ponds for ecophysiological studies

Wprowadzenie

Nowa ustawa Prawo ochrony środowiska (DzU z 2001 r. nr 62, poz. 627) wprowadziła do procedury planowania przestrzennego wymóg wykonywania opracowań ekofizjograficznych. Opracowanie to powinno poprzedzać prace planistyczne, podejmowane zgodnie z Ustawą o zagospodarowaniu przestrzennym (DzU z 1994 r. nr 89, poz. 415). Stanowi więc podstawę rozwiązań przestrzennych, zawartych w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gmin oraz miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. Opracowanie ekofizjograficzne stanie się też cennym narzędziem sporządzania prognoz oddziaływania na środowisko do projektów miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego oraz prognoz do projektów innych dokumentów planistycznych.

Szczegółowy zakres tematyki opracowania ekofizjograficznego powinien być dostosowany do celu i przedmiotu sporządzanego dokumentu planistycznego oraz specyfiki środowiska analizowanego obszaru. Do podstawowych etapów pracy należy:

- rozpoznanie i charakterystyka stanu i funkcjonowania środowiska,
- diagnoza stanu i funkcjonowania środowiska,
- wstępna prognoza zmian zachodzących w środowisku,
- określenie przyrodniczych predyspozycji do kształtowania struktury funkcjonalno-przestrzennej,
- ocena przydatności środowiska,
- określenie uwarunkowań ekofizjograficznych.

Ogólnie, jak dotąd, sformułowana metodyka wykonywania opracowań ekofizjograficznych oraz niewielka praktyka w jej stosowaniu, dają szerokie pole badań w celu adaptacji istniejących i poszukiwania nowych metod

inwentaryzacji i waloryzacji środowiska przyrodniczego.

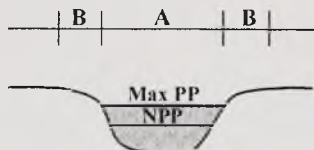
Jednym z ważniejszych zagadnień podejmowanych w opracowaniach ekofizjograficznych powinny być istniejące zasoby wód powierzchniowych, w tym różnej wielkości zbiorniki wodne. U źródeł niedostatecznej ich ochrony leży słabe rozpoznanie liczby zbiorników, położenia, stanu przyrodniczego i technicznego, powiązań z terenami otaczającymi i rodzaju negatywnych oddziaływań.

W artykule przedstawiono autorską, wielokryteriową metodę inwentaryzacji i waloryzacji przyrodniczo-krajobrazowej małych zbiorników wodnych (oczek wodnych). Weryfikację metody przeprowadzono na podstawie obiektów położonych w zlewni rzeki górnej Raszynki.

Metoda inwentaryzacji i waloryzacji oczek wodnych

Metoda inwentaryzacji i waloryzacji przyrodniczo-krajobrazowej oczek wodnych składa się z kilku etapów:

1. Wyróżnienie w terenie dwóch stref ekomorfologicznych zbiornika (rys. 1.)



RYSUNEK 1. Podział zbiornika na strefy ekomorfologiczne: A – strefa czaszy w obrębie maksymalnego poziomu piętrzenia, B – strefa przybrzeżna, obejmująca pas terenu pełniący funkcję ekotonu

FIGURE 1. Division of a pond into ecomorphologic zones: A – pond bowl zone within maximum water level, B – near shore zone that acts as an ecotone

2. Inwentaryzacja i waloryzacja wyróżnionych stref ekomorfologicznych analizowanego zbiornika w terenie za pomocą listy identyfikacyjnej przedstawionej w tabeli 1:

- wybór właściwych kryteriów cząstkowych stanu środowiska strefy czaszy i strefy przybrzeżnej w obrębie kryteriów głównych (a, b, c, ...); zaznaczenie ich wybranym symbolem (X); w obrębie kryteriów g, h, i, j, l należy wykonać odpowiednie pomiary parametrów zbiornika,
- odczytanie z tabeli ich walorów przyrodniczo-krajobrazowych w skali pięciopunktowej (a_i): 5 – bardzo wysoka, 4 – wysoka, 3 – średnia, 2 – niska, 1 – bardzo niska,
- obliczenie punktowej oceny walorów przyrodniczo-krajobrazowej zbiornika według formuły $V = \sum v_i a_i$ wyrażającej sumy iloczynów wartości punktowej poszczególnych kryteriów głównych (a_i) i przypisanych im wag (v_i) w układzie systemu przyrodniczego,

3. Odczytanie kategorii walorów przyrodniczo-krajobrazowych zbiornika według następującej skali punktowej:

V	– bardzo wysokie	VC (4,21–5,00 pkt.),
IV	– wysokie	VC (3,41–4,20 pkt.),
III	– średnie	VC (2,61–3,40 pkt.),
II	– niskie	VC (1,81–2,60 pkt.),
I	– bardzo niskie	VC (1,00–1,80 pkt.).

4. Analiza porównawcza wyników oceny walorów przyrodniczo-krajobrazowych zbiorników oraz określenie wymaganych kierunków

TABELA 1. Lista identyfikacyjna głównych i częściowych kryteriów inwentaryzacji i waloryzacji przyrodniczo-krajobrazowej małych zbiorników
 TABLE 1. Checklist of general and side criteria of ecological and landscape inventory-making and evaluation for small water ponds

Kryteria główne General criteria	Wagi kryteriów głównych*) (v_i) Importance weightings for general criteria	Kryteria częściowe/Side criteria				
		Ocena kryteriów częściowych w skali pięciopunktowej (a_i) Evaluation of side criteria using five-point scale				
		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
a. Położenie w strukturze przestrzennej krajobrazu	0,04	śródpolne	śródląkowe	w zadrzewieniach śródpolnych lub łąkowych	w zadrzewieniach parków lub terenów zabudowanych	śródleśne
b. Geneza powstania	0,01	wyrobiskowe (po żwirze, piasku, glinie, torfie) lub kopane	zagłębienia zastoisłkowe (w dolinie i na wysoczyźnie) – płytkie o niewykształconej czaszy dennej	zagłębienia (w dolinie i na wysoczyźnie) – głębsze o wykształconej czaszy dennej	zagłębienia wytopiskowe (glacigeniczne) do 1,5 m	zagłębienia wytopiskowe >1,5m
c. Typy zasilania w wodę	0,02	zalewowe (wylewy wezbraniowe rzek)	źródłowe, bez rowu odpływowego i odpływowego	dopływowe, zasilanie głównie spływem powierzchniowym, mające rów dopływowy, bez odpływu	źródłowo-odpływowe, stanowiące początek rowu odpływowego, bez rowu dopływowego	przepływowe, mające dopływ i odpływ
d. Utrzymywanie się lustra wody – wysychanie	0,05	okresowe wysychanie całej powierzchni lustra wody	okresowe wysychanie do 2/3 powierzchni lustra wody	okresowe wysychanie do 1/3 powierzchni lustra wody	okresowe obniżenie lustra wody poniżej NPP	stałe utrzymanie lustra wody na NPP
e. Kształt linii brzegowej	0,01	kwadrat, prostokąt lub wielobok regularny		owalny, nieregularny		wydłużony, nieregularny

f. Nachylenie skarp	0,01	bardzo duże na całej długości linii brzegowej (ponad 1:1)	bardzo duże (ponad 1:1), odcinkami duże (1:1) i średnie (1:1,5)	średnie, odcinkami duże i bardzo duże	małe (1:2), odcinkami średnie, duże i bardzo duże	bardzo małe (mniejsze niż 1:2,5), odcinkami małe, średnie, duże i bardzo duże
g. Głębokość napelnienia przy NPP	0,05	< 0,50 m	0,50 – 1,00 m	1,00 – 1,50 m	1,50 – 2,00 m	>2,00 m
h. Powierzchnia lustra wody przy NPP	0,03	< 200 m ²	200–1000 m ²	1000–2500 m ²	2500–5000 m ²	>5000 m ²
i. Pojemność przy NPP	0,02	< 100 m ³	100–1000 m ³	1000–3750 m ³	3750–10 000 m ³	>10 000 m ³
j. Retencja użyteczna $R_u = \frac{V_{\max} - V_{NPP}}{V_{\max}}$	0,02	< 100 m ³	100–1000 m ³	1000–3750 m ³	3750–10 000 m ³	>10 000 m ³
k. Zapach wody	0,03	silnie gnilny, często specyficzny	gnilny	słabo gnilny	ziemisty	brak lub słabo ziemisty
l. Przezroczystość wód, określona krążkiem Secchiego	0,03	bardzo mała (widoczność < 0,5 m)	mała (widoczność 0,5 – 1,0 m)	średnia (widoczność 1,0 – 1,5 m)	duża (widoczność 1,5 – 2,0 m)	bardzo duża (widoczność > 2,0 m)
l. Umocnienia biologiczne i techniczne brzegów (skarp)	0,05	w strefie podwodnej – umocnienia betonowo-żurawie; w strefie nadwodnej – roślinnością trawiastą lub ruderalną	w strefie podwodnej – płotkiem faszynowym, płatami roślinnością szuwarowo-trawiastej; w strefie nadwodnej – roślinnością trawiastą	w strefie podwodnej – roślinnością szuwarową; w strefie nadwodnej – roślinnością trawiasto-szuwarową	w strefie podwodnej – roślinnością szuwarową; w strefie nadwodnej – trawiasta, płatowo-turzycowa i krzewiasta, pojedynczo drzewiasta	w strefie podwodnej i nadwodnej – umocnienia roślinnością drzewiastą i krzewiastą oraz szuwarowo-trawiastą w układzie mozaikowym
m. Roślinność naczyniowa w strefie lustra wody	0,03	brak	roślinność wodna	roślinność wodno-szuwarowa w układzie przenikającym się na powierzchni >50%	roślinność wodno-szuwarowa w układzie przenikającym się lub mozaikowym na powierzchni 20–50%	roślinność wodno-szuwarowa w klasycznym układzie strefowym na powierzchni < 20%

cd. tabeli 1

1	2	3	4	5	6	7
n. Fauna zbiornika i strefy przybrzeżnej	0,08	ptaki – nieliczne, rzadko zalatujące; płazy – skrajnie nieliczne; ryby - brak lub pojedyncze osobniki	ptaki – nieliczne, głównie zalatujące; płazy – pojedyncze osobniki; ryby – skrajnie formy głodowe; głównie karasia	ptaki (szuwarowe i brodzące) – średnio liczne i średnio zróżnicowane taksonomicznie; płazy (głównie w okresie godowym) – nieliczne; ryby – dominacja karasia i bardzo nieliczni przedstawiciele innych gatunków	ptaki (brodzące, szuwarowe, wodne), płazy, ryby, fauna stosunkowo liczna i zróżnicowana taksonomicznie	fauna jak poprzednio – zazwyczaj liczna i zróżnicowana taksonomicznie
o. Szerokość strefy przybrzeżnej	0,04	< 2 m	2 – 5 m	5 – 20 m	20 – 50 m	>50 m
p. Przekształcenie powierzchni terenu strefy przybrzeżnej	0,02	uformowane nasypy, infrastruktura komunikacyjna i inna...		znaczące – deniwelacja powierzchni (urobek z prac konserwacyjnych, erozja wodna...)		nie występuje – powierzchnia terenu zbliżona do natury
r. Roślinność w strefie przybrzeżnej	0,04	brak (pow. utwardzona)	ruderalna lub segetalnych)	łąkowa	łąkowo- zaroślowa	leśna lub zaroślowa
s. Drzewa i krzewy w strefie obrzeży w % obwodu	0,04	brak	< 5 %	5 – 25 %	25 – 50 %	> 50 %

t. Powiązanie zbiornika z lokalnymi korytarzami ekologicznymi	0,04	brak		ograniczone		pełne
u. Dostępność do wody i strefy przybrzeżnej	0,05	brak		ograniczona		pełna
w. Funkcje zbiornika i strefy przybrzeżnej	0,04	środowiskotwórcza		środowiskotwórcza, krajobrazowa, gospodarcza		środowiskotwórcza, krajobrazowo-kulturowa, rekreacyjna, gospodarcza
x. Stan przyrodniczo-techniczny zbiornika	0,05	bardzo niekorzystny	niekorzystny	średnio korzystny	korzystny	bardzo korzystny
y. Atrakcyjność wizualna układu przyrodniczego zbiornika **	0,20	bardzo mała	mała	przeciętna	duża	bardzo duża

Formuła obliczeń: $V = \sum v_i a_i$; V – wynik waloryzacji zbiornika, v_i – waga i -tego elementu kryterium głównego oceny walorów środowiska, a_i – ocena cząstkowa walorów i -tego elementu kryterium głównego środowiska; wynik obliczeń $V = \dots$

* $\sum v_i = 1$,

** Atrakcyjność wizualna – harmonia widoku, urozmaicenie, kompozycja, unikalność.

Visual attractiveness – harmony of a view, variety, composition, uniqueness.

5. działań ochronnych w dalszych opracowaniach planistycznych.

W powyższej ocenie zbiorników wykorzystano założenia metody indeksowej, określonej również jako listy indeksacyjne (kontrolne), ważone i skalowane, powszechnie stosowanej przy wykonywaniu ocen oddziaływania na środowisko przedsięwzięć (Center 1996).

Inwentaryzacja i waloryzacja przyrodniczo-krajobrazowa zbiorników wodnych w zlewni rzeki górnej Raszynki w opracowaniu ekofizjograficznym

Obszarem doświadczalnym dla weryfikacji i zastosowania proponowanej autorskiej metody inwentaryzacji i waloryzacji przyrodniczo-krajobrazowej małych zbiorników wodnych była zlewnia rzeki Raszynki powyżej przekroju rzeki w km 10 +300, o powierzchni 12,6 km² (rys. 2). Została ona w 2001 roku objęta opracowaniem ekofizjograficznym w zakresie uwarunkowań wodnych (Pawłat-Zawrzykraj 2001).

Rzeka Raszynka jest prawobrzeżnym dopływem Utraty. Reprezentuje ona typowe małe rzeki Niżu Polskiego. Analizowany górny jej odcinek położony jest w granicach powiatów piaseczyńskiego i pruszkowskiego, wchodzących w skład województwa mazowieckiego.

W fizyczno-geograficznej regionalizacji Polski zlewnia Raszynki usytuowana jest w mezoregionie Równiny Warszawskiej, w makroregionie Wzniesień Południowomazowieckich (Kon-dracki 1968). Jej krajobraz w klasyfika-

cji strukturalno-funkcjonalnej jest typu wiejskiego. Sieć hydrograficzną analizowanej zlewni tworzy rzeka, jej dopływy oraz naturalne i sztuczne małe zbiorniki wodne (rys. 2).

Listę identyfikacyjną głównych i częściowych kryteriów inwentaryzacji i waloryzacji przyrodniczo-krajobrazowej małych zbiorników wodnych dla potrzeb opracowania ekofizjograficznego weryfikowano w zlewni Raszynki w maju, lipcu i październiku 2001 roku na 50 zbiornikach o bardzo dużym zróżnicowaniu ekomorfologicznym. Jej metodologii postawiono następujące podstawowe wymogi: prostota w zrozumieniu i łatwość w zastosowaniu przez wykonawców dysponujących ograniczonym budżetem oraz terminami czasowymi, konkretność i wszechstronność w identyfikowaniu i waloryzacji środowiska w ujęciu strukturalnym i funkcjonalnym oraz wielokierunkowa przydatność w podejmowaniu decyzji planistycznych i w przewidywaniu ich oddziaływań na środowisko. Zastosowane w liście identyfikacyjnej wagi dla kryteriów głównych umożliwiają ocenę ich znaczenia w układzie lokalnym i fizjograficznym zlewni. Wagi względne kryteriów określono techniką grupy ekspertów (Center 1996).

Wyniki inwentaryzacji i waloryzacji przyrodniczo-krajobrazowej zbiorników wodnych w zlewni rzeki górnej Raszynki, zestawione w tabelach 2 i 3, potwierdzają przydatność metody dla potrzeb opracowania ekofizjograficznego. Lista identyfikacyjna dostarcza informacji o 24 właściwościach stanu



RYSUNEK 2. Mapa sytuacyjna zbiorników wodnych w zlewni rzeki Raszyńki powyżej przekroju rzeki w km 10 +300: - - - - - granica zlewni, ■ - lokalizacja zbiornika, 11 - numer inwentaryzacyjny zbiornika

FIGURE 2. Location of water ponds in upper Raszyńska river catchment above a cross-section at km 10 +300: - - - - - boundary of the catchment area, ■ - pond location, 11 - inventory-making number of a pond

środowiska każdego zbiornika oraz waloryzuje je w skali pięciopunktowej. Ich synteza zbiorcza, uwzględniająca znaczenie w środowisku, pozwala odczytać kategorię walorów przyrodniczo-krajobrazowych zbiornika.

Małe zbiorniki wodne zwane oczkami wodnymi spełniają w zlewni rzeki górnej Raszynki głównie funkcje środowiskotwórczą i krajobrazową, w mniejszym stopniu funkcje gospodarczą i rekreacyjną. W bilansie wodnym zlewni najważniejsza jest ich zdolność magazynowania i przetrzymywania wód powierzchniowych i gruntowych. Stwarzają one rezerwy wody na okresy suszy, wzbogacają zasoby wód podziemnych, zmniejszają odpływ biogenów do rzeki i stany wody w okresach dużych przepływów, poprawiają wilgotność powietrza.

W strukturze przestrzennej zlewni zidentyfikowano 50 zbiorników wodnych, w tym wśród gruntów ornych występuje 12 zbiorników, wśród łąk – 22 i wśród terenów zabudowanych – 16. Większość z nich (60%) powstała w wyrobiskach piasku i torfu lub była kopana. Prawie wszystkie zbiorniki są łatwo dostępne, mimo że stanowią własność prywatną. Kilka z nich jest zlokalizowana w ogrodzonych posesjach i pełni rolę ogrodowych stawów i oczek wodnych. Ze względu na swe dolinne położenie, przeważająca liczba zbiorników jest powiązana z lokalnymi strukturami przyrodniczymi, których głównym elementem wiążącym jest rzeka Raszynka.

W 41 zbiornikach stale utrzymuje się lustro wody, w pozostałych wysycha całkowicie. Świadczy to o trwałym podziemnym ich zasilaniu. Przeważają

zbiorniki płytkie o głębokości do 1,0 m i o małej powierzchni lustra wody – do 1000 m². Łączna powierzchnia lustra wody 50 zbiorników wynosi 4,94 ha, a ich pojemność retencyjna przy NPP (V_{NPP}) – 52 670 m³. Retencja użyteczna ($V_{max} - V_{NPPT}$) została oceniona na 26 650 m³. Tworzona jest ona ze spływów powierzchniowych pochodzących z roztopów wiosennych i dużych opadów atmosferycznych. Wody zbiorników wykazują wysoki poziom trofii.

Roślinność wodna występuje w nielicznych zbiornikach. Zbiorowiska roślin szuwarowych spotyka się w większości zbiorników – w 18 występują w klasycznym układzie strefowym na powierzchni mniejszej niż 20%, 13 zbiorników nie ma żadnych zadrzewień w strefie przybrzeżnej, w 7 zaś zadrzewienia otaczają ponad 25% obwodu. Awifauna zbiorników jest nieliczna, głównie zalatująca, a ichtiofauna bogatsza jest tylko w zbiornikach zarybionych. Atrakcyjność wizualna układu przyrodniczego zbiorników jest także zróżnicowana – 56% wysoka i bardzo wysoka, 20% – średnia, 24% – niska i bardzo niska.

Według kryteriów ekofizjograficznych, 12 zbiorników charakteryzuje się wysokimi walorami przyrodniczo-krajobrazowymi, 21 zbiorników – walorami przeciętnymi, 14 – niskimi, a 3 – bardzo niskimi (tab. 2). Stan przyrodniczo-techniczny 15 zbiorników jest niekorzystny i bardzo niekorzystny (tab. 3). Wśród najniżej ocenionych pod tym względem zbiorników przeważają te, które powstały w ostatnich kilku latach, głównie w celach gospodarczych (hodowla ryb). Wymagają one intensywnych zabiegów rewaloryzacyjnych.

TABELA 2. Zestawienie zbiorcze wyników oceny indeksowej walorów przyrodniczo-krajobrazowych zbiorników wodnych w zlewni rzeki górnej Raszynki – stan w październiku 2001 roku

TABLE 2. Index assessment tabulation of ecological and landscape values of the water ponds in the Raszynka river catchment – October 2001

Kategoria walorów przyrodniczo-krajobrazowych zbiornika Categories of ecological and landscape values of a pond	Numer zbiornika (liczba punktów) Number of a pond (scores)
V – bardzo wysoka (very high) (4,21–5,00 pkt.)	–
IV – wysoka (high) (3,41–4,20 pkt.)	5 (3,73); 8 (3,43); 13 (3,81); 16 (3,56); 19 (4,14); 26 (3,54); 40 (3,42); 41 (3,45); 45 (3,63); 48 (3,57); 49 (3,93); 50 (3,6)
III – średnia (average) (2,61–3,40 pkt.)	1 (2,96); 2 (3,26); 6 (2,84); 7 (3,28); 10 (3,26); 11 (2,99); 12 (3,31); 20 (2,83); 23 (3,2); 24 (3,37); 25 (3,28); 27 (3,31); 28 (3,12); 29 (2,93); 32 (2,79); 33 (2,97); 34 (2,84); 37 (3,18); 42 (3,17); 46 (3,05); 47 (2,94)
II – niska (low) (1,81–2,60 pkt.)	9 (1,89); 14 (2,03); 15 (1,85); 17 (2,59); 18 (2,49); 21 (2,04); 22 (1,84); 30 (2,43); 31 (2,16); 35 (1,89); 36 (1,89); 38 (2,6); 43 (2,21); 44 (2,33)
I – bardzo niska (very low) (1,00–1,80 pkt.)	3 (1,69); 4 (1,5); 39 (1,55)
Wartości charakterystyczne Typical values	$V_{\max} = 4,14$ pkt.; $V_{\min} = 1,50$ pkt.; $V_{sr} = 2,87$ pkt

TABELA 3. Zestawienie zbiorcze wybranych charakterystyk stanu i walorów środowiska zbiorników – stan w październiku 2001 roku

TABLE 3. Selected characteristics of the state and values of the ponds environment – October 2001

Charakterystyka zbiornika Characteristics of a pond	Klasy zbiorników Pond classes	Liczba zbiorników Number of ponds	Charakterystyka zbiornika Characteristics of a pond	Klasy zbiorników Pond classes	Liczba zbiorników Number of ponds
1	2	3	4	5	6
Głębokość wody przy NPP [m] Water depth	> 2,0 1,5–2,0 1,0–1,5 0,5–1,0 < 0,5	1 2 15 13 19	utrzymywanie się lustra wody keeping up the water table	- utrzymanie NPP (stable) - obniżenie NPP (decline) - okr. wysych. do 1/3 pow. (periodical drainage up to 1/3 of the surface) - okr. wysych. do 2/3 pow. (periodical drainage up to 2/3 of the surface) - okr. wysych. całej pow. (periodical drainage of the whole surface)	2 24 11 4 9

cd. tabeli 3

Powierzchnia lustra wody przy NPP [m ²] Water surface	>5000	1	stan przyrodniczo-techniczny environmental and technical state	• b. korzystny (very good) • korzystny (good) • średnio korzystny (average) • niekorzystny (bad) • b. niekorzystny (very bad)	1 21 13 7 8
	2500–5000	5			
	1000–2500	5			
	200–1000	23			
Objętość wody przy NPP [m ³] Water volume	<200	16	Walory przyrodniczo-krajobrazowe Environmental and landscape values	• b. wysokie • wysokie • przeciętne • niskie • b. niskie	0 12 21 14 3
	>10 000	2			
	3750–1000	2			
	1000–3750	7			
	100–1000	25			
	<100	14			

Duże możliwości zwiększenia pojemności zbiorników istnieją w ich odmuleniu. Łączna objętość osadów dennych wynosi około 15 200 m³.

W zamierzeniach planistycznych zbiorniki w zlewni górnej Raszynki powinny być bezwzględnie zachowane, dowartościowane przyrodniczo i zagospodarowane wielofunkcyjnie.

Podsumowanie

Inwentaryzacja i waloryzacja przyrodniczo-krajobrazowa małych zbiorników wodnych na obszarze opracowania ekofizjograficznego proponowaną metodą indeksową z uwzględnieniem wag mogą być dobrym materiałem wyjściowym do wskazań ich predyspozycji w strukturze funkcjonalno-przestrzennej oraz do różnych form zagospodarowania i rodzajów użytkowania.

Zaletą metody jest wielokryterialność ocen elementów środowiska zbiorników z uwzględnieniem ich ważności w fizjocenozie oraz łatwość w jej wykorzystaniu.

Literatura

- CENTER D.W. 1996: Environmental Impact Assessment. Mc. Graw-Hill, International Editions.
- KONDRACKI J. 1968: Fizyczno-geograficzna regionalizacja Polski i krajów sąsiednich w systemie dziesiętnym. *Prace Geogr. IG PAN*, 69:
- PAWŁAT-ZAWRZYKRAJ A. 2001: Uwarunkowania wodne zrównoważonego rozwoju w opracowaniu ekofizjograficznym na przykładzie zlewni rzeki Raszynki. Maszynopis. Kat. Budownictwa i Geodezji SGGW, Warszawa.

Summary

The method of ecological and landscape inventory-making and evaluation of small water ponds for ecophysiological studies. Ecophysiological studies become a new element of the Polish spatial planning system. It gives wide background for two main planning works performed on the local level: study on pre-conditions and direction of spatial management for a community and local plans of spatial management. In this case there is a need to work out new methods for environmental and landscape evaluation. In the article, author presents the method of eco-

logical and landscape inventory-making and evaluation of small water ponds that was used in the Raszynka river catchment. The main tool of the method is a checklist that contains general and side criteria of evaluation, its importance weightings and scores for each of the criterion. The results of the study give wide picture of the technical conditions, environmental and landscape value of the water ponds and their role in the ecological system. It helps to point out

ecological, technical and legal means to protect the water ponds.

Author's address:

Agata Pawlat-Zawrzykraj
Warsaw Agricultural University
Department of Civil Engineering and Geodesy
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warsaw
Poland
e-mail: pawlat@alpha.sggw.waw.pl

Agnieszka BŁĘDZIŃSKA

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW

Zakład Meteorologii i Klimatologii

Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU

Division of Meteorology and Climatology

Związek między sumą opadu a kierunkiem napływu mas powietrza w rejonie Ursynowa

The relationship between precipitation total and air-mass direction in Ursynów

Wprowadzenie

Przestrzenny i czasowy rozkład wysokości opadów atmosferycznych ulega bardzo dużemu zróżnicowaniu w zależności od wielu czynników. Duże miasto, które wytwarza swój własny klimat, wpływa także na rozkład przestrzenny i wysokość opadu atmosferycznego.

Początkowo w Polsce zagadnieniem opadów w miastach interesowali się bardziej hydrolodzy niż meteorolodzy czy klimatolodzy. Wynikało to z potrzeb gospodarki komunalnej, która musiała mieć rozeznanie, co do ilości spadłej wody w związku z możliwościami przyjmowania i odprowadzania jej przewodami kanalizacyjnymi. Największe trudności występują w przypadku opadów o dużym natężeniu, które dają dużą masę wody w krótkim czasie. W drugiej połowie lat 60. zajęto się bliżej przestrzennym zróżnicowaniem opadu na obszarze dużych miast, takich jak Warszawa, Kraków czy

Wrocław. Zwracano uwagę na wyraźne zróżnicowanie i powtarzalność zwiększonych sum opadów w niektórych, powtarzających się rejonach miasta. Podjęto próby określenia, jaki wpływ ma miasto na stosunki opadowe np. przez oddziaływanie termiczne i dynamiczne podłoża (Lorenc 1978).

W letniej porze roku często występują opady burzowe (wewnątrzmasowe) o dużym natężeniu. Zwiększony efekt opadowy po dowietrznej stronie miasta jest wywołany przez nasilone procesy kondensacji, które są powodowane przez wypiętrzenie dynamiczne powietrza na przeszkodzie, jaką stanowi miasto. W czasie przepływu nad miastem może zaznaczyć się termiczne oddziaływanie podłoża, a chmury mogą zostać wzbogacone przez świeży ładunek wilgoci i aktywne jądra kondensacji, co spowoduje wzrost opadów po zawietrznej stronie miasta (Lorenc 1991).

W Polsce w ciągu roku największe sumy opadów występują przy napływie

powietrza z kierunku W, najmniejsze zaś przy napływie powietrza z sektora E. W poszczególnych porach roku zmienia się jednak procentowy udział ilości opadu przy napływie powietrza z poszczególnych stron świata. W zależności od tego będzie się zmieniało oddziaływanie aglomeracji warszawskiej na wysokość i częstość występowania opadów atmosferycznych w tym rejonie. Stacja meteorologiczna Ursynów-SGGW jest położona na odległym, południowym przedmieściu Warszawy i dlatego wpływ miasta na opady atmosferyczne jest niewielki, gdyż jedynie 28,7% wszystkich przypadków napływu mas powietrza pochodzi z sektora N (Kopacz-Lembowicz 2001).

W niniejszym opracowaniu dokonano analizy sum opadów atmosferycznych w zależności od kierunku napływu powietrza wyrażonego kierunkiem wiatru w różnych porach roku w rejonie Ursynowa.

Material i metoda

Do opracowania wykorzystano dane meteorologiczne pochodzące ze stacji meteorologicznej SGGW w Ursynowie położonej w południowej części Warszawy w odległości 9 km od centrum miasta. Są to wartości opadu (większe od 0,1 mm) mierzone na wysokości 1 m, przy kierunku i prędkości wiatru mierzonym na wysokości 22 m n.p.g., z okresu od stycznia 1997 do grudnia 2000 roku. Na podstawie tych danych obliczono sumy opadu dla 8-kierunkowej róży wiatrów. Jako kierunek wiatru przyjęto średni kierunek wiatru w danym dniu pomiarowym. Wyniki zestawiono dla okresów pół-

rocznych, tzn. półrocza ciepłego (IV–IX) i chłodnego (X–III) oraz dla poszczególnych pór roku: wiosny (III–V), lata (VI–VIII), jesieni (IX–XI) i zimy (XII–II). W opracowaniu zestawiono też, średnie miesięczne i roczne sumy opadu zaobserwowane w badanym okresie. W opisie wyników pominięto półrocze ciepłe 1997 roku, lato 1997 roku oraz jesień 2000 roku ze względu na długotrwałą przerwę w rejestracji prędkości i kierunku wiatru.

Wyniki badań

W tabeli 1 przedstawiono rozkład sum opadów w zależności od kierunku wiatru dla półrocza chłodnego i ciepłego. Na rysunku 1a przedstawiono rozkład sum opadów w zależności od kierunku wiatru dla półrocza ciepłego w latach 1998–2000 (rozwinęta opadowa róża wiatrów), a na rysunku 2a wybraną typową opadową różę wiatrów dla półrocza ciepłego (1998 rok). Na podstawie tych danych można stwierdzić, że największa suma opadu wystąpiła przy wiatrach z kierunku W (około 50% całkowitej sumy opadu w półroczu ciepłym 1998 i 2000 roku), natomiast przy wiatrach z kierunku SW, S (w półroczu ciepłym 1999 i 2000 roku) suma opadów wynosiła 20–30% całkowitej sumy w rozpatrywanych półroczach. Najmniejsze sumy opadów wystąpiły przy wiatrach z sektora E i N i wyniosły od 0 do 10%.

Na rysunku 1b przedstawiono rozkład sum opadów w zależności od kierunku wiatru dla półroczy chłodnych w latach 1997–2000, który jest bardzo podobny w poszczególnych półroczach.

TABELA 1. Suma opadów w zależności od kierunku wiatru dla półrocza ciepłego i chłodnego na stacji Ursynów-SGGW [mm]

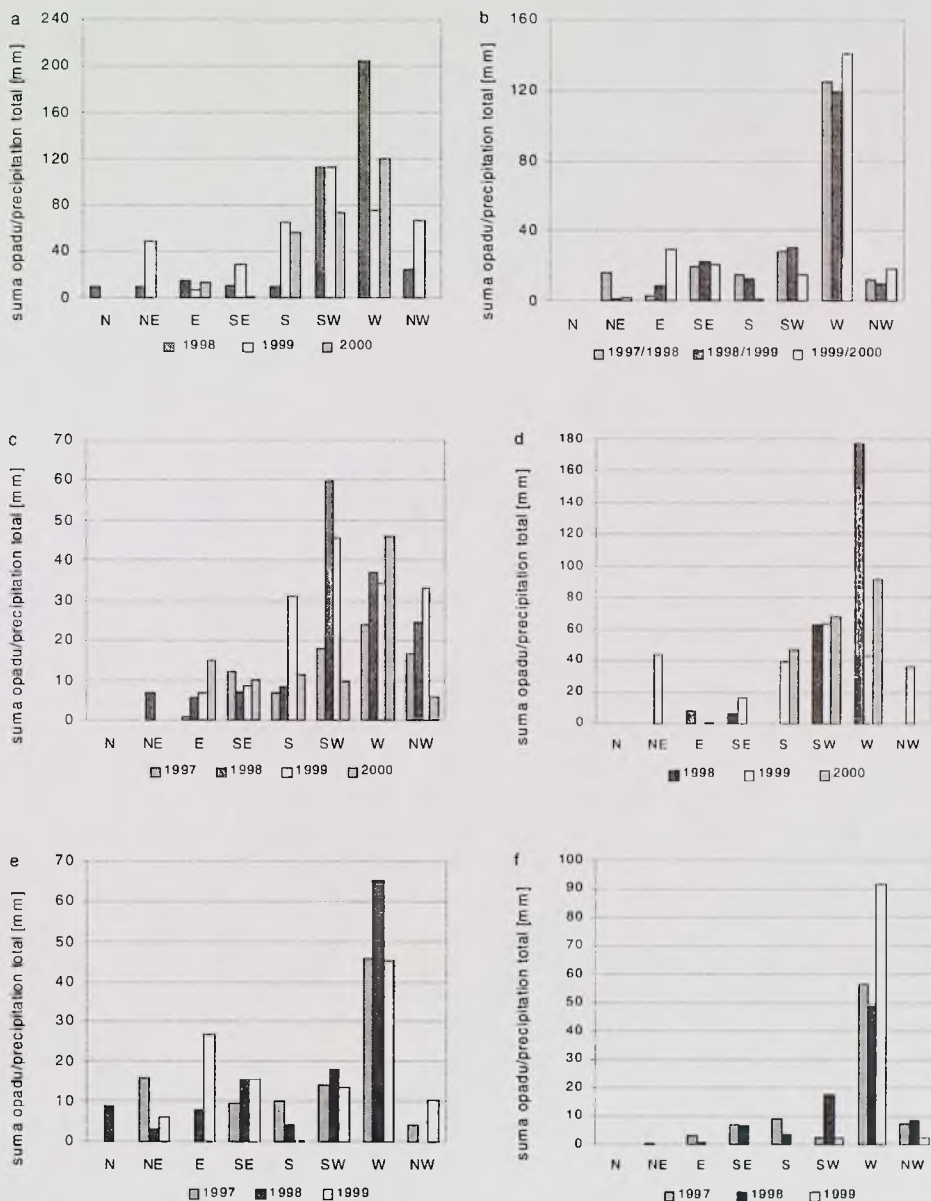
TABLE 1. Precipitation total and wind direction distribution for winter and summer half – year periods at Ursynów WAU meteorological station [mm]

Okres/Periods		Kierunek wiatru/Direction of wind								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma/Total
Półrocze Ciepłe 1997	<i>n</i>	0	0	1	24,9	11,3	19,3	40	4,7	101,2
Summer Half-Year Period	%	0	0	1,0	24,6	11,2	19,1	39,5	4,6	100
Półrocze Chłodne 1997/1998	<i>n</i>	0	16,4	3,4	19,5	14,8	28,9	124	12	219,3
Winter Half-Year Period	%	0	7,5	1,6	8,9	6,7	13,2	56,7	5,5	100
Półrocze Ciepłe 1998	<i>n</i>	8,8	8,8	14,2	10,5	9	114	204	24,3	393,2
Summer Half-Year Period	%	2,2	2,2	3,6	2,7	2,3	28,9	51,9	6,2	100
Półrocze Chłodne 1998/1999	<i>n</i>	0	1,5	8,7	22,5	13,2	30,4	119	10,2	205,4
Winter Half-Year Period	%	0	0,7	4,2	11,0	6,4	14,8	57,9	5,0	100
Półrocze Ciepłe 1999	<i>n</i>	0	48,4	7	28,9	64,9	113	75,3	67,3	404,7
Summer Half-Year Period	%	0	12,0	1,7	7,1	16,0	27,9	18,6	16,6	100
Półrocze Chłodne 1999/2000	<i>n</i>	0	1,8	29,5	21,4	1,6	15,3	141	18,6	228,9
Winter Half-Year Period	%	0	0,8	12,9	9,3	0,7	6,7	61,5	8,1	100
Półrocze Ciepłe 2000	<i>n</i>	0	0	13,1	1	56,9	74,1	119,9	0	265,0
Summer Half-Year Period	%	0	0	4,9	0,4	21,5	28,0	45,2	0	100

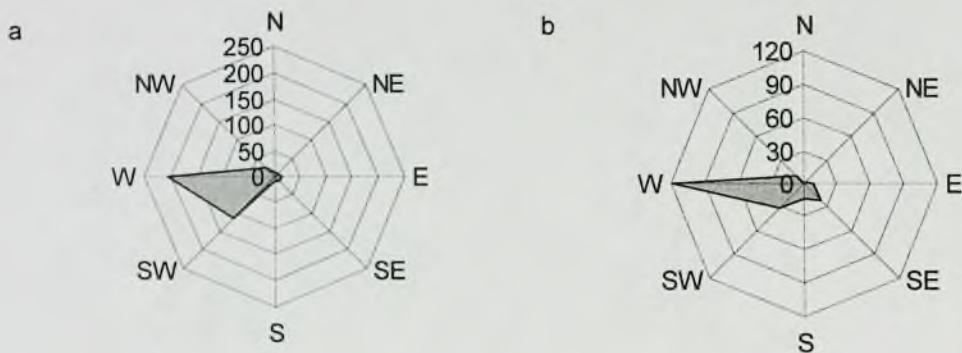
Objaśnienia/Explanation:

n – suma opadu/precipitation total.

% – częstość opadu w zależności od kierunku wiatru/precipitation frequency with wind direction .



RYSUNEK 1. Suma opadów w zależności od kierunku wiatru w latach 1997–2000 na stacji Ursynów-SGGW: a – półrocze ciepłe, b – półrocze chłodne, c – wiosna, d – lato, e – jesień, f – zima
 FIGURE 1. Precipitation total and wind direction distribution for the period 1997–2000 at Ursynów WAU meteorological station: a – summer half – year, b – winter half – year, c – spring, d – summer, e – autumn, f – winter



RYСУNEK 2. Opadowa róża wiatrów [mm] na stacji Ursynów-SGGW: a – półrocze ciepłe 1998, b – półrocze chłodne 1998/1999

FIGURE 2. Precipitation wind roses [mm] at Ursynów WAU meteorological station: a – summer half – year 1998, b – winter half-year 1998/1999

Rysunek 2b przedstawia typową opadową różę wiatru dla półrocza chłodnego 1998/1999. Największe sumy opadów w rozpatrywanych półroczach zimowych zaobserwowano przy wiatrach z kierunku W (około 60% całkowitej sumy opadów w badanym okresie). Znacznie mniejsze sumy opadów zaobserwowano przy wiatrach z sektora S (około 10–20%). Najmniejsze sumy opadów wystąpiły przy wiatrach z kierunku NW, NE, E (do 10%). Przy wiatrach z kierunku N nie zaobserwowano opadów.

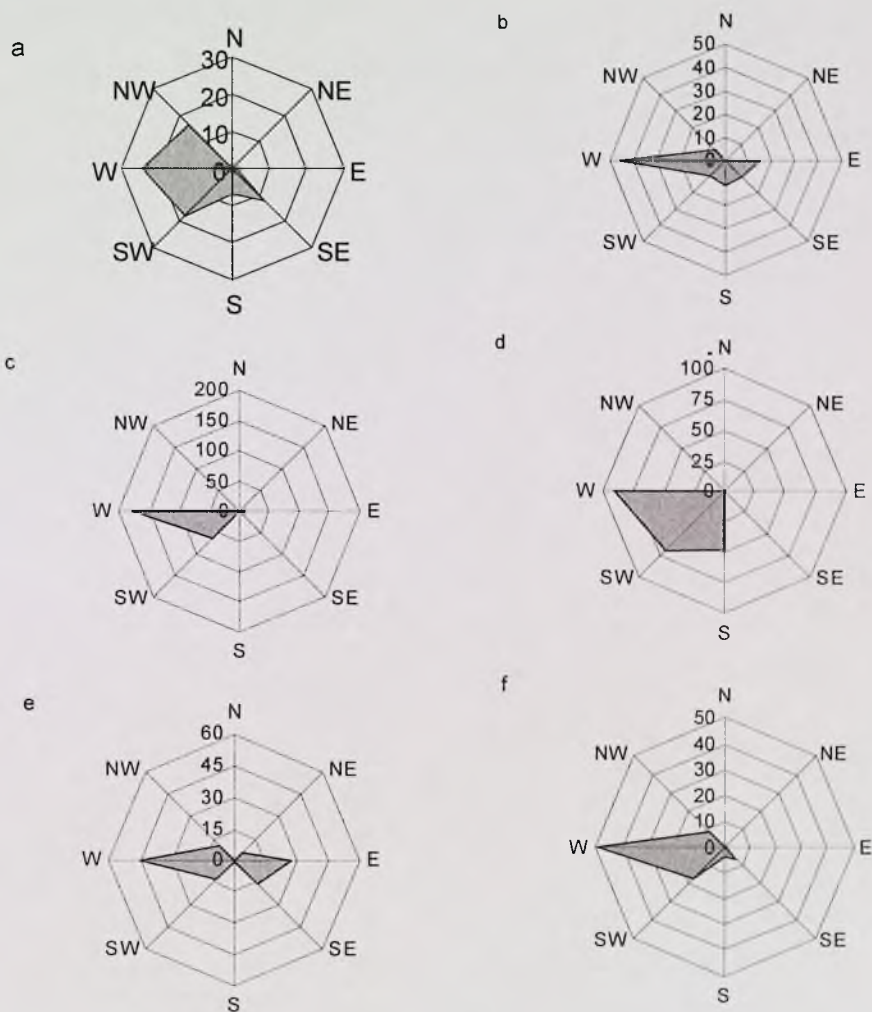
W tabeli 2 i na rysunkach 1c–1f przedstawiono rozkład sum opadów w zależności od kierunku wiatru dla poszczególnych pór roku od wiosny 1997 roku do jesieni 2000 roku.

Wiosną rozkład sum opadów w zależności od kierunku wiatru różnił się w poszczególnych latach (rysunki: 3a wiosna 1997 rok i 3b wiosna 2000 rok). Na podstawie danych z tabeli 2 i rysunku 1c (rozwinęta opadowa róża wiatrów dla wiosny 1997–2000) można stwierdzić, że największe sumy opadów wystąpiły przy wiatrach z kierunku W (wiosną 1997 i 2000 roku) oraz SW

(wiosną 1998 i 1999 roku) i wyniosły około 30–40% całkowitej sumy opadów w poszczególnych rozpatrywanych okresach. Przy wiatrach z kierunku NW, W (1998 i 1999 rok) i SW (1997 i 2000 rok) sumy opadów były mniejsze i wyniosły około 20% całkowitej sumy opadów. Przy kierunkach wiatru N i NE (oprócz wiosny 1998 roku) nie zaobserwowano opadów.

Na podstawie danych z tabeli 2 oraz rysunku 1d (rozwinęta opadowa róża wiatrów dla lat 1997–2000) można stwierdzić, że w okresie lata rozkład sum opadu w zależności od kierunku wiatru różnił się z roku na rok (rysunki: 3c lato 1998 i 3d lato 2000 rok). Największe sumy opadów wystąpiły przy kierunkach wiatru: W (od 70% latem 1998 roku do 20% latem 1999 roku), SW (około 25–30%) oraz S (około 20% latem 1999 i 2000 roku). Przy wiatrach z sektora E i N nie wystąpiły opady oprócz lata 1999 roku, gdzie przy wiatrach z kierunku NE, SE i NW wystąpiły pojedyncze opady dające około 15% całej sumy opadów.

Na rysunku 1e przedstawiono rozkład sum opadów w zależności od kie-



RYSUNEK 3. Opadowa róża wiatrów dla poszczególnych pór roku na stacji Ursynów-SGGW: a – wiosna 1997, b – wiosna 2000, c – lato 1998, d – lato 2000, e – jesień 1999, f – zima 1998 [mm]

FIGURE 3. Precipitation wind roses for seasons of year at Ursynów WAU meteorological station: a – spring 1997, b – spring 2000, c – summer 1998, d – summer 2000, e – autumn 1999, f – winter 1998 [mm]

runku wiatru zaobserwowany podczas jesieni 1997–2000. Jest on zbliżony dla tej pory roku w poszczególnych latach, a przykład takiego rozkładu przedstawia rysunek 3e (jesień 1999 rok). Największe sumy opadów wystąpiły przy

wiatrach z kierunku W (40–50% całkowitej sumy opadów). Znacznie mniejsze sumy opadów wystąpiły przy wiatrach z kierunku SW, SE, S, NE (1997 rok) oraz E (1999 rok) i wyniosły od 10 do 20%. Na pozostałych kierunkach

TABELA 2. Suma opadów w zależności od kierunku wiatru dla poszczególnych pór roku na stacji Ursynów-SGGW [mm]

TABLE 2. Precipitation total and wind direction distribution for seasons of year at Ursynów WAU meteorological station [mm]

Okresy/Periods		Kierunek wiatru/Direction of wind								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Su- ma/Total
Wiosna 1997	<i>n</i>	0	0	1	12,3	6,9	17,9	24	16,7	78,8
Spring 1997	%	0	0	1,3	15,6	8,8	22,7	30,5	21,2	100
Lato 1997	<i>n</i>	0	0	0	13,1	0	7,8	22,3	0	43,2
Summer 1997	%	0	0	0	30,3	0	18,1	51,6	0	100
Jesień 1997	<i>n</i>	0	16	0,1	9,8	9,9	14,2	45,7	4,2	99,9
Autumn 1997	%	0	16,0	0,1	9,8	9,9	14,2	45,7	4,2	100
Zima 1997	<i>n</i>	0	0,4	3,3	7,1	9,3	2,3	56,5	7,7	86,6
Winter 1997	%	0	0,5	3,8	8,2	10,7	2,7	65,2	8,9	100
Wiosna 1998	<i>n</i>	0	7	5,7	7,2	8,4	59,8	37,1	24,4	149,6
Spring 1998	%	0	4,7	3,8	4,8	5,6	40,0	24,8	16,3	100
Lato 1998	<i>n</i>	0	0	8,5	5,9	0,3	63,1	178	0	255,4
Summer 1998	%	0	0	3,3	2,3	0,1	24,7	69,5	0	100
Jesień 1998	<i>n</i>	8,8	3,3	8	15,7	4	18,1	65,3	0	123,2
Autumn 1998	%	7,1	2,7	6,5	12,7	3,2	14,7	53,0	0	100
Zima 1998	<i>n</i>	0	0	0,7	6,6	3,8	17,3	49	8,3	85,7
Winter 1998	%	0	0	0,8	7,7	4,4	20,2	57,2	9,7	100
Wiosna 1999	<i>n</i>	0	0	7	8,7	31	45,7	34,4	33,2	160,0
Spring 1999	%	0	0	4,4	5,4	19,4	28,6	21,5	20,8	100
Lato 1999	<i>n</i>	0	44	0	17	39,6	63,2	43,4	36	243,2
Summer 1999	%	0	18,1	0	7,0	16,3	26,0	17,8	14,8	100
Jesień 1999	<i>n</i>	0	6,2	27	15,6	0,4	13,5	45,2	10,2	118,1
Autumn 1999	%	0	5,2	22,9	13,2	0,3	11,4	38,3	8,6	100
Zima 1999	<i>n</i>	0	0	0	0	0	2,2	91,5	2,5	96,2
Winter 1999	%	0	0	0	0	0	2,3	95,1	2,6	100
Wiosna 2000	<i>n</i>	0	0	14,9	10,2	11,3	9,7	46	5,9	98,0
Spring 2000	%	0	0	15,2	10,4	11,5	9,9	46,9	6,0	100
Lato 2000	<i>n</i>	0	0	0,7	0	46,8	68	91,3	0	206,8
Summer 2000	%	0	0	0,3	0	22,6	32,9	44,1	0	100
Jesień 2000	<i>n</i>	0	0	0	24,6	31,5	5,7	1,7	0	63,5
Autumn 2000	%	0	0	0	38,7	49,6	9,0	2,7	0	100

Objaśnienia jak w tabeli 1./Explanation like in table 1.

wystąpiły opady dające najniższe sumy opadu lub w ogóle nie zaobserwowano opadów.

Na rysunku 1f przedstawiono rozwinietą opadową różę wiatrów dla zim z lat 1997–1999, a na rysunku 3f wybraną typową opadową różę wiatrów dla zimy 1998 roku. Największe sumy opadów wystąpiły przy wiatrach z kierunku W (dające od 60–90% całkowitej sumy opadów w tej porze roku). Przy wiatrach z kierunku SW w 1998 roku suma opadów wyniosła 20%, a przy wiatrach z kierunku SE (zima 1997 i 1998 rok), S i NW (1997 rok) około 8%. Przy wiatrach z pozostałych kierunków opad nie wystąpił lub zaobserwowano pojedyncze jego przypadki.

W tabeli 3 zestawiono miesięczne i roczne sumy opadów atmosferycznych w okresie 1997–2000. Rozkład opadów w badanym okresie był typowy dla warunków klimatycznych Polski. Największa zmienność opadu z roku na rok ma miejsce w miesiącach letnich (VI, VII) a najwyższe roczne opady wystąpiły w 1998 roku.

Podsumowanie i wnioski

Największe sumy opadów zaobserwowano przy wiatrach z kierunku W i SW. Przy wiatrach z kierunku W suma opadów wyniosła od 75,3 mm w półroczu ciepłym 1999 roku do 204 mm w półroczu ciepłym 1998 roku. Procentowy udział wielkości opadu występującego przy tym kierunku wiatru w całkowitej sumie opadu rozważanego półrocza wyniósł od 18,6% w półroczu ciepłym 1999 roku do 61,5% w półroczu chłodnym 1999/2000 (tab. 1). Przy podziale na pory roku suma opadów zaobserwowana przy wiatrach z kierunku W wyniosła od 24 mm wiosną 1997 roku do 178 mm latem 1998 roku. Procentowy udział wielkości opadu, jaki wystąpił przy tym kierunku wiatru w danej porze roku, wyniósł od 17,8% latem 1999 do 95,1% zimą 1999 roku (tab. 2).

Przy wiatrach z kierunku SW suma opadów wyniosła od 15,3 mm w półroczu chłodnym 1999/2000 do 114 mm

TABELA 3. Miesięczne sumy opadów atmosferycznych w okresie 1997–2000 na stacji Ursynów-SGGW [mm]

TABLE 3. Monthly sums of precipitation for the period 1997–2000 at Ursynów WAU meteorological station [mm]

Rok/Year	Miesiąc/Month												Suma/Total
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1997	2,3	17,6	27,0	36,3	29,4	71,6	257,2	21,8	32,5	52,9	40,8	31,7	621,1
1998	21,6	40,9	39,0	60,0	50,6	115,8	77,4	62,2	27,2	51,3	44,7	31,7	622,4
1999	19,0	32,9	25,8	88,5	47,8	168,9	35,8	38,5	25,2	50,1	42,8	22,1	597,4
2000	30,9	43,2	39,8	14,4	43,8	25,9	128,2	54,3	55,9	3,0	72,3	33,1	544,8
Śred- nia/Mean	18,5	33,7	32,9	49,8	42,9	95,6	124,7	44,2	35,2	39,3	50,2	29,7	596,4

w półroczu ciepłym 1998 roku. Procentowy udział opadu, jaki wystąpił przy tym kierunku wiatru kształtuje się odpowiednio od 6,7 do 28,9% (tab. 1). Przy podziale na pory roku suma opadu, jaki wystąpił przy wiatrach z kierunku SW, wyniosła od 2,2 mm zimą 1999 roku do 68 mm latem 2000. Procentowy udział wielkości opadu, jaki wystąpił przy tym kierunku wiatru, wyniósł od 2,3% zimą 1999 roku do 40% wiosną 1998 roku (tab. 2).

Najniższe opady wystąpiły przy wiatrach z kierunku E, NE i N. Przy wiatrach z kierunku E suma opadu wyniosła od 3,4 mm w półroczu chłodnym 1997/1998 do 29,5 mm w półroczu chłodnym 1999/2000. Procentowy udział wielkości opadu przy tym kierunku wiatru wyniósł odpowiednio od 1,6 do 12,9% (tab. 1). Przy podziale na pory roku suma opadu przy wiatrach z kierunku E wyniosła od 0 latem 1999 roku, zimą 1999 roku i jesienią 2000 roku do 27 mm jesienią 1999 roku, kiedy to procentowy udział wielkości opadu zaobserwowany przy tym kierunku wiatru wyniósł 22,9% i był najwyższy dla tego kierunku wiatru (tab. 2).

Przy wiatrach z kierunku NE suma opadów wyniosła od 0 w półroczu ciepłym 2000 roku do 48,4 mm w półroczu ciepłym 1999 roku, procentowy zaś udział wielkości opadu, jaki wystąpił przy tym kierunku, wyniósł odpowiednio od 0 do 12% (tab. 1). Przy podziale na pory roku suma opadu wyniosła od 0 wiosną 1997, 1999, 2000 roku, latem 1998, 2000 roku, zimą 1998, 1999 roku do 44 mm latem 1999 roku, kiedy to procentowy udział wielkości opadu zaobserwowany przy tym kierunku

wiatru wyniósł 18,1% i był najwyższy dla tego kierunku wiatru (tab. 2).

Przy wiatrach z kierunku N zaobserwowano tylko jeden przypadek opadu o wysokości 8,8 mm we wrześniu 1998 roku. Procentowy udział tego opadu w półroczu ciepłym 1998 roku wyniósł 2,2% (tab. 1), a w okresie jesieni 1998 roku wyniósł 7,1% (tab. 2).

Wpływ Warszawy na opady w Ursynowie może zaznaczyć się wyrażnie tylko przy napływie mas powietrza z kierunku N, a w mniejszym stopniu z kierunku W.

Literatura

- KOPACZ-LEMBOWICZ M. 2001: Aplikacyjny charakter opracowań Zakładu Klimatologii *Prace i Studia Geograficzne* 28: 245–254.
- LORENC H. 1978: Opady ulewne i nawalne na obszarze Wielkiej Warszawy. *Przegl. Geofiz.* 4: 271–234
- LORENC H. 1991: Wpływ urbanizacji Warszawy na zmienność opadów atmosferycznych. *Wiad. IMGW* XIV, 1–4: 109–126.
- PARCZEWSKI W. 1978: Materiały do wykładów z meteorologii i klimatologii. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- SCHMUCK A. 1967: Wpływ miasta na opady atmosferyczne. *Przegl. Geofiz.* 3–4: 293–309.

Summary

The relationship between precipitation total and air-mass direction in Ursynów. The research was realized in the period from January 1997 to December 2000. The following characteristics were worked out: precipitation total and wind direction distribution for winter half-year and summer half-year periods and for whole year, monthly sums of precipitation for the period 1997–2000, precipitation wind roses at Ursynów WAU meteorologi-

cal station. The highest precipitation totals were registered for W and SW wind direction. The lowest precipitation totals were registered for E, NE and N wind direction. Influence of Warsaw on precipitation in Ursynów can be observed on with north direction air – mass and west.

Author's address:

Agnieszka Błędzińska
Warsaw Agricultural University
Department of Hydraulic Engineering
and Environmental Recultivation
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa
Poland

Bonifacy ŁYKOWSKI

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW

Zakład Meteorologii i Klimatologii

Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU

Division of Meteorology and Climatology

Wpływ urbanizacji na opady atmosferyczne w południowej części Warszawy

Influence of urbanization on atmospheric precipitation in the souther districts of Warsaw

Wprowadzenie

Wpływem miasta na opady atmosferyczne zaczęto zajmować się dopiero w drugiej połowie XX wieku. Początkowo uważano, że miasto, ze względu na stosunkowo małą powierzchnię, nie może wpływać na zachmurzenie, a tym samym na opady. Dopiero dalsze badania prowadzone w kilku wielkich miastach amerykańskich i europejskich wykazały, że miasta nawet niezbyt duże (np. Upsala) wpływają na wzrost opadów atmosferycznych głównie po zawietrznej stronie (Atkinson, Bergeron, Sandborg, za Lorenc 1978). Zwrócono także uwagę, że wpływ miasta na opady nie występuje w przypadku opadów ciągłych (frontalnych), natomiast zaznacza się wyraźnie w przypadku opadów burzowych.

W latach 60. XX wieku w Polsce ukazało się kilka publikacji z tego zakresu (Budziszewska 1967, Kaczorowska 1967, Schmuck 1967), a w ostatnim 25-leciu publikacje Lorenc (1978,

1981, 1991), dotyczące rozkładu opadów na obszarze „Wielkiej Warszawy”.

Dotychczasowe badania pozwalają stwierdzić, że miasto wpływa na wzrost opadów głównie po stronie zawietrznej i dowietrznej. Zależy to w znacznej mierze od topografii miasta. Schmuck (1967) podaje, że we Wrocławiu najwyższy przyrost opadu występuje w śródmieściu. Wszyscy badacze stwierdzają, że wpływ miasta na wysokość i rozkład opadów zaznacza się wyraźnie przy opadzie burzowym.

Wyjątkowo oryginalne materiały pomiarowe, dotyczące opadów atmosferycznych na obszarze niezabudowanym i w mieście, są gromadzone w Zakładzie Meteorologii i Klimatologii SGGW od 1959 roku na stacji meteorologicznej SGGW w Warszawie-Ursynowie. Stacja ta w latach 1959–1975 była położona na terenie otwartym użytkowanym rolniczo. W 1975 roku rozpoczęto realizację zespołu osiedli mieszkaniowych Ursynów-Natolin i w 1980 roku stacja meteoro-

logiczna znalazła się w bezpośrednim sąsiedztwie tych osiedli, dzięki czemu zaistniała możliwość przeprowadzenia badań nad wpływem wymienionych zmian w sposobie użytkowania tych terenów na klimat miejscowy, a zwłaszcza na opady atmosferyczne.

Material i metoda

Materiały pomiarowe wykorzystane w opracowaniu obejmują okres 1959–2000 i pochodzą ze stacji meteorologicznych Ursynów-SGGW ($\varphi_N = 52^\circ 09' 39''$, $\lambda_E = 21^\circ 03' 16''$, 102,5 m n.p.m.) oraz Warszawa-Okęcie ($\varphi_N = 52^\circ 09'$, $\lambda_E = 20^\circ 59''$, 106 m n.p.m.). Odległość w linii prostej między tymi stacjami wynosi 6 km. Stacja meteorologiczna Okęcie jest stacją porównawczą (odniesienia), gdyż jest ona położona na skraju lotniska komunikacyjnego, co oznacza, że w otoczeniu stacji nie mogą zachodzić istotne zmiany w zabudowie i drzewostanie.

Okres badawczy został podzielony na trzy części: lata 1960–1975, gdy tereny przyległe do stacji Ursynów-SGGW były użytkowane rolniczo, lata 1975–1979 – budowa osiedli mieszkaniowych Ursynów-Natolin sąsiadujących ze stacją (65% planowanej zabudowy Ursynowa) i okres 1980–2000, kiedy trwała jeszcze budowa dalszych osiedli (Natolin) oddalonych od stacji o 2–4 km w kierunku S, SSE, a także budowa metodą odkrywkową ursynowskiego odcinka metra.

Opracowania statystyczne polegały głównie na obliczeniu różnic sum miesięcznych opadu w badanym okresie między stacjami Ursynów i Okęcie, porównaniu różnic z lat 1960–1975

(przed zabudową) z różnicami z lat 1980–2000 (po wybudowaniu osiedli) oraz sprawdzeniu istotności tych różnic przez obliczenie testu *t*-Studenta. Obliczony został także kolejno dla wszystkich miesięcy w roku trend liniowy ($v = a + bx$) przebiegu opadu w pełnym okresie lat 1960–2000. Określono także wielomianowe modele przebiegu różnic sum miesięcznych opadu między stacjami Ursynów i Okęcie w pełnym okresie 1960–2000.

Wyniki

Z liczb tabeli 1 wynika, że zarówno w okresie roku jak też w półroczu ciepłym (IV–IX) i chłodnym (X–III) wysokość opadu w Ursynowie przed zabudową była niższa aniżeli na stacji Okęcie, natomiast w latach 1980–2000 opad w Ursynowie był wyższy aniżeli na Okęcie. Różnica wysokości opadu w porównywanych okresach jest największa w półroczu ciepłym (7,2%), a najmniejsza w półroczu chłodnym (3,8%). Istotność statystyczną na poziomie 5% uzyskano tylko w przypadku różnic opadów między rozważanymi okresami w III i VII, a na poziomie istotności 10% w I i VI. Wartość testu *t*-Studenta w czerwcu jest wprawdzie mniejsza od wartości krytycznej, ale badanie rozkładu częstości różnic dla czerwca wykazała, że rozkład ten na tyle odbiega od rozkładu normalnego, że błąd obliczenia odchylenia standardowego spowodowany tym zjawiskiem wpłynął na obniżenie obliczonej wartości testu *t*-Studenta mniej więcej o 2% (Gregory 1970). Ważnym wynikiem jest także stwierdzenie znacznego spadku różnic (a tym samym i testu *t*) między sumami opadu porównywanych okresów

TABELA 1. Miesięczne sumy i różnice opadów atmosferycznych w okresach 1960–1975 i 1980–2000
 TABLE 1. Monthly sums and differences of precipitation [mm] for the periods 1960–1975 and 1980–2000

Stacja Station	Nr No	Okres Period	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK	IV–IX	X–III
Ursynów	1	1960–1975	19,8	26,2	22,8	33,7	62,3	69,0	71,5	52,5	42,6	41,7	45,7	28,0	515,7	331,6	184,1
	2	1980–2000	22,2	24,8	31,8	37,0	53,3	75,0	73,6	52,4	48,7	34,2	37,2	36,3	526,4	340,0	186,4
Okęcie	3	1960–1975	21,0	23,9	25,3	35,7	62,7	73,2	78,1	53,0	41,7	43,9	45,6	29,0	533,0	344,4	188,6
	4	1980–2000	21,3	21,5	29,7	36,0	52,8	70,6	69,0	53,2	47,2	36,1	39,3	36,1	512,8	328,8	184,0
Ursynów- -Okęcie	5	1960–1975	–1,2	2,3	–2,5	–2,0	–0,4	–4,2	–6,6	–0,5	0,9	–2,2	0,1	–1,0	–17,3	–12,8	–4,5
	6	1980–2000	0,9	3,3	2,1	1,0	0,5	4,4	4,6	–0,8	1,5	–1,9	–2,1	0,2	13,6	11,2	2,4
Nr 6–Nr 5			2,1	1,0	4,6	3,0	0,9	8,6	11,2	–0,3	0,6	0,3	–2,2	1,2	30,9	24,0	6,9
t			1,54**	0,6	2,59*	1,21	0,31	1,43	2,16*	0,93	0,26	0,12	0,72	0,32	1,48	1,15	1,04
(Nr 6–Nr 5/Nr 1)100 [%]			10,6	3,7	20,2	8,8	1,4	12,5	15,7	–0,6	1,4	0,7	–4,8	4,2	6,0	7,2	3,8

Objaśnienie/Explanation:

t – test Studenta/Student index.

– $\alpha < 0,05$.

** – $\alpha < 0,10$.

w sierpniu i miesiącach następnych. Na tym tle zastanawia dość duża wartość testu t dla stycznia.

Na rysunku 1 przedstawiono przebieg różnic miesięcznych sum opadu między stacjami Okęcie i Ursynów oraz trendy przebiegu tych różnic w okresie 1960–2000 w miesiącach, gdy równanie trendu osiągnęło istotność statystyczną na poziomie 5% oraz w sierpniu ze względu na wspomniany wcześniej całkowity zanik trendu w przebiegu różnic po czerwcu i lipcu, kiedy to równania trendu osiągnęły najwyższy poziom istotności statystycznej (około 3%). Warto zwrócić uwagę, że zmienność różnic z roku na rok w sierpniu jest dość wyraźnie mniejsza aniżeli w marcu, czerwcu i lipcu.

Na rysunku 2 przedstawiono przebieg różnic sum miesięcznych opadu oraz modele równań wielomianowych opisujących wyrównany przebieg tych różnic, wskazujące na wyraźną okresowość w ich przebiegu, w latach 1960–2000. Ta okresowość najwyraźniej zaznacza się w marcu, kwietniu, czerwcu, lipcu i grudniu. W pozostałych miesiącach wielomianowe modele równań nie uzyskały poziomu istotności 5%, a szczególnie małe wartości współczynników korelacji wystąpiły w maju i sierpniu. Należy jednak zwrócić uwagę, że we wszystkich miesiącach roku zaznacza się mniej lub bardziej wyraźnie okresowość przebiegu wartości różnic w latach 1960–2000 o długości okresu około 21 lat.

Podsumowanie

Po wybudowaniu osiedli mieszkaniowych Ursynowa nastąpił pewien

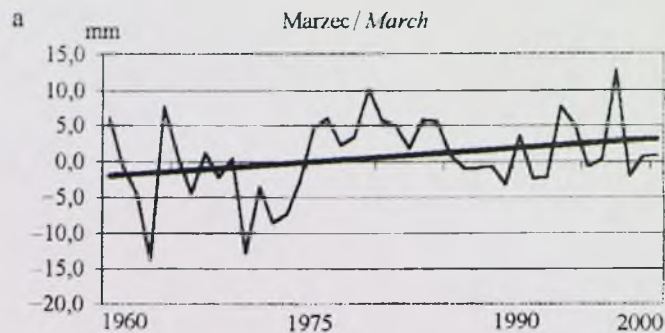
wzrost wysokości opadów atmosferycznych notowanych na stacji meteorologicznej Ursynów-SGGW w porównaniu ze stacją Okęcie. W okresie roku przyrost ten wynosi 6,0%, w półroczu ciepłym (IV–IX) – 7,2% i chłodnym (X–III) – 3,8%. Najwyższy przyrost wysokości opadu ma miejsce w marcu (20,2%), lipcu (15,7%) i czerwcu (12,5%). W sierpniu nie nastąpiła istotna zmiana, a w listopadzie zanotowano nawet nieco niższe opady w Ursynowie aniżeli na Okęcie.

Dość małe wartości testu t wskazują, że przyrost wysokości opadu w Ursynowie po wybudowaniu osiedli mieszkaniowych jest niezbyt duży (na pograniczu istotności statystycznej 5 i 10%), a w pojedynczych miesiącach (V, VIII, IX, X) można uznać, że w ogóle nie wystąpił.

Uzyskana średnia roczna wartość przyrostu opadu w Ursynowie po wybudowaniu osiedli jest wyraźnie niższa od podawanej w literaturze wartości 10%.

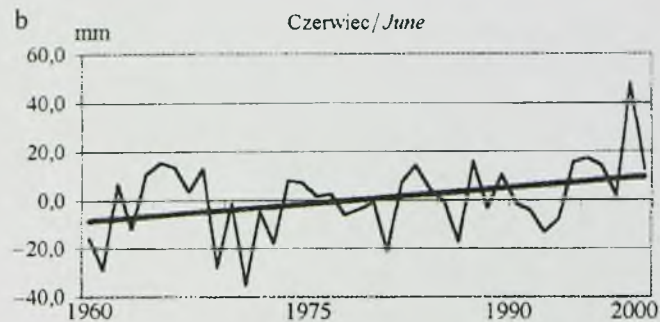
Należy zwrócić uwagę na zaskakującą zmianę w przebiegu linii trendu w sierpniu (rys. 1d), gdy po wyraźnej tendencji wzrostu wysokości opadów w miesiącach letnich (w okresie 1960–2000) następuje nagle całkowity zanik tej tendencji.

Ciekawym zjawiskiem jest także wyraźna okresowość w przebiegu różnic sum miesięcznych opadu w badanym okresie (o długości okresu około 21 lat). Zjawisko to nie jest związane z charakterem trendu, gdyż najwyraźniej ta okresowość zaznacza się w grudniu ($R = 0,459$), czerwcu ($R = 0,443$) i kwietniu ($R = 0,416$) (rys. 2a, b, d), a tylko w czerwcu stwierdzono istotną wartość trendu wzrostu różnic opadu.



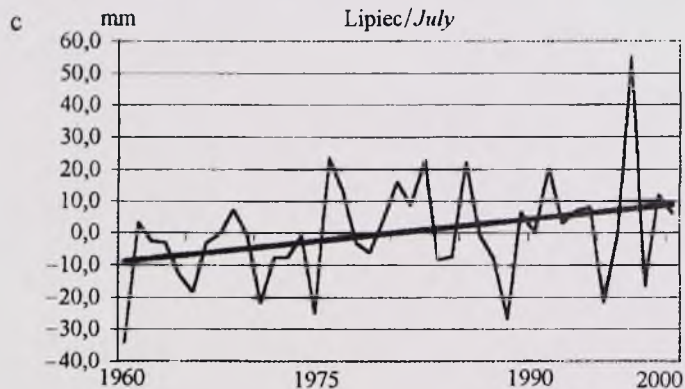
$$y = 0,1282x - 2,0871$$

$$R = 0,277$$



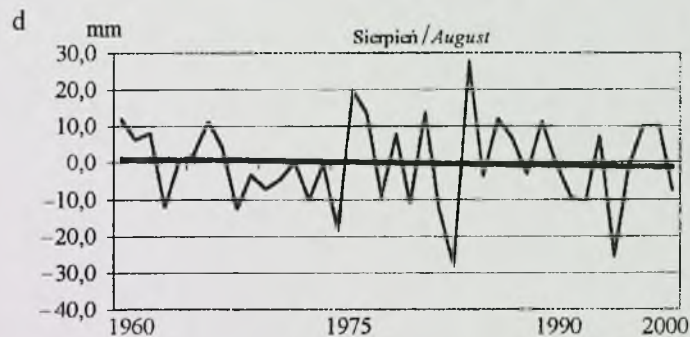
$$y = 0,4711x - 9,2027$$

$$R = 0,355$$



$$y = 0,4401x - 9,2645$$

$$R = 0,325$$



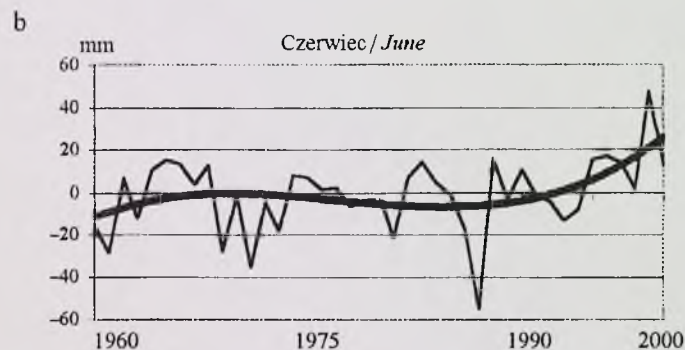
$$y = -0,0642x + 1,0615$$

$$R = 0,061$$

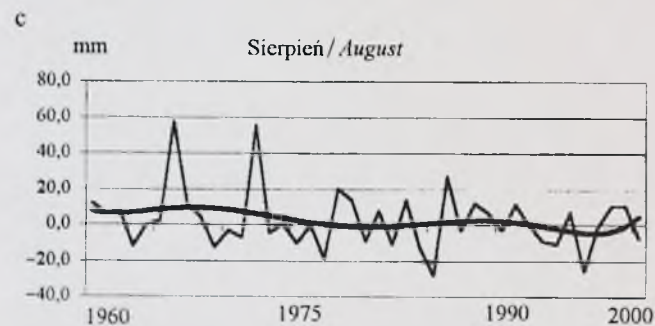
RYSUNEK 1. Przebieg różnic sum miesięcznych opadu (Ursynów SGGW – Okęcie) oraz trendy w latach 1960–2000
 FIGURE 1. The course of differences monthly sums precipitation (Ursynów SGGW – Okęcie) and trends for the period 1960–2000



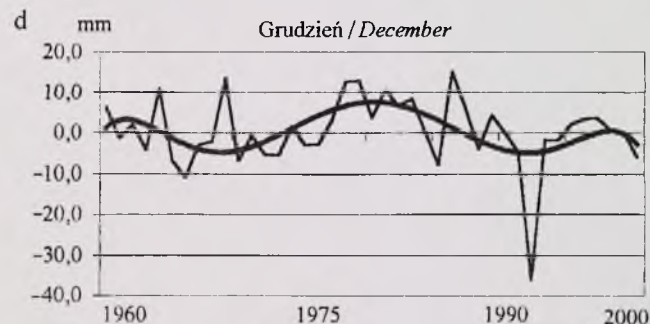
$$y = -2E-06x^6 + 0,0002x^5 - 0,0119x^4 + 0,2814x^3 - 3,0824x^2 + 13,083x - 11,776 \quad R = 0,416$$



$$y = 0,0037x^3 - 0,2009x^2 + 3,0159x - 14,202 \quad R = 0,443$$



$$y = 1E-06x^6 - 0,0002x^5 + 0,0067x^4 - 0,1364x^3 + 1,2156x^2 - 4,024x + 10,486 \quad R = 0,242$$



$$y = -2E-06x^6 + 0,0002x^5 - 0,0096x^4 + 0,2046x^3 - 1,9143x^2 + 6,2599x - 3,253 \quad R = 0,459$$

RYSUNEK 2. Przebieg różnic sum miesięcznych opadu (Ursynów SGGW – Okęcie) w latach 1960–2000: — wartości obserwowane, — wartości obliczone

FIGURE 2. The course of differences monthly sums precipitation (Ursynów SGGW – Okęcie) for the period 1960–2000: — observed values, — estimated values

Uzyskane wyniki potwierdzają wcześniejsze doniesienia, że wpływ miasta na wysokość opadu jest wyraźny w wypadku opadów burzowych.

Literatura

- BUDZISZEWSKA E. 1967: Ze studiów nad rozkładem opadów atmosferycznych nad obszarem Wielkiej Warszawy. *Przegl. Geofiz.* 3–4: 273–292.
- GREGORY S. 1970: Metody statystyki w geografii. PWN, Warszawa.
- KACZOROWSKA Z. 1967: Opady Wielkiej Warszawy i jej okolic w okresie 1956–1960. *Przegl. Geofiz.* 3–4: 251–272.
- LORENC H. 1978: Opady ulewne i nawałne na obszarze Wielkiej Warszawy. *Przegl. Geofiz.* 4, 271–234.
- LORENC H. 1981: Struktura czasowego rozkładu natężenia opadu w Warszawie o największym prawdopodobieństwie występowania. *Wiad. IMGW* 1–2: 120–137.
- LORENC H. 1991: Wpływ urbanizacji Warszawy na zmienność opadów atmosferycznych. *Wiad. IMGW* XIV, 1–4: 109–126.
- Miesięczny Przegląd Agrometeorologiczny*, 1982–2000. IMGW, Warszawa.
- Opady Atmosferyczne*, 1961–1981. PIHM/IMGW, Warszawa.

SCHMUCK A. 1967: Wpływ miasta na opady atmosferyczne (na przykładzie Wrocławia). *Przegl. Geofiz.* 3–4: 293–310.

Summary

Influence of urbanization on atmospheric precipitation in the southern districts of Warsaw. The paper is bringing knowledge of effects of an urban agglomeration Ursynów-Natolin on the differentiation of precipitation regime. Means differences of precipitation and student index is given in Table 1. The course of differences monthly sums precipitation (Ursynów-Okęcie) and trend for the period 1960–2000 is given in Fig. 1. Polynomial model course of differences monthly sums precipitation (Ursynów-Okęcie) for period 1960–2000 is given in Fig. 2.

Author's address:

Bonifacy Łykowski
Warsaw Agricultural University
Department of Hydraulic Engineering
and Environmental Recultivation
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa
Poland

Małgorzata KLENIEWSKA

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW

Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU

Charakterystyka stężenia dwutlenku siarki w miesiącach zimowych w Warszawie-Ursynowie

Characteristic of sulphur dioxide concentration in winter months in Warsaw-Ursynów

Wprowadzenie

Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego dwutlenkiem siarki charakteryzuje się sezonowością z maksimum w miesiącach zimowych (sezon grzewczy). Poza emisją, na wartość stężenia SO_2 mają wpływ również warunki meteorologiczne determinujące przemiany i rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w atmosferze. Przedmiotem moich dotychczasowych badań były związki między stężeniem SO_2 a wilgotnością względną powietrza, kierunkiem i prędkością wiatru oraz temperaturą powietrza (Kleniewska 2000, 2001a, 2001b). Próba powiązania stężenia SO_2 z temperaturą powietrza nie przyniosła jednoznacznych wyników – stwierdzono występowanie związków o różnym charakterze w zależności od wartości temperatury powietrza. Ponieważ wcześniejsze badania oparte były na wartościach średnich dobowych postanowiono rozszerzyć zakres badań przez wykorzystanie wartości chwilowych stężenia SO_2 i temperatury powietrza.

Materiał i metoda

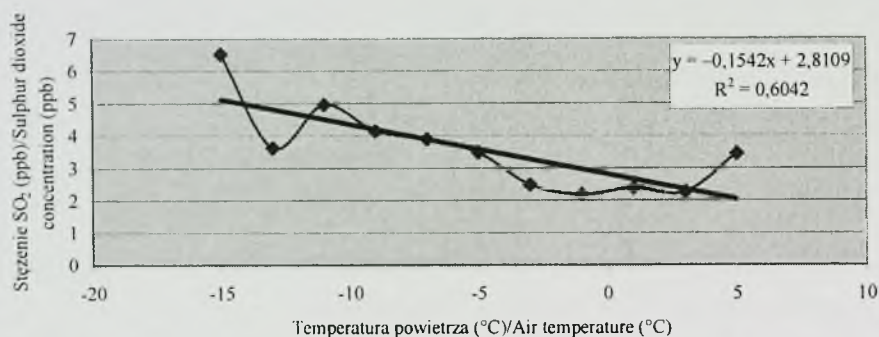
Jako materiał wyjściowy posłużyły wartości chwilowe (dla każdej pełnej godziny) stężenia SO_2 i temperatury powietrza w miesiącach zimowych (XII, I, II) za okres 1998 r. – 2002. ze stacji Warszawa-Ursynów SGGW. Na ich podstawie obliczono średnie wartości stężenia SO_2 w założonych przedziałach temperatury powietrza (z krokiem co 2°C). Obliczone charakterystyki rozkładu przedstawiono w postaci wykresów na rysunku 1.

Wyniki

Na rysunku 1a przedstawiono związek stężenia SO_2 z temperaturą powietrza w grudniu 1998 roku. Zaznaczona linia trendu wskazuje wzrost stężenia SO_2 wraz ze spadkiem temperatury powietrza. Podobny przebieg charakterystyczny jest również dla grudnia 2001 roku (rys. 1c) – w obu przypadkach zbliżone do siebie są również współczynniki determinacji (odpowiednio

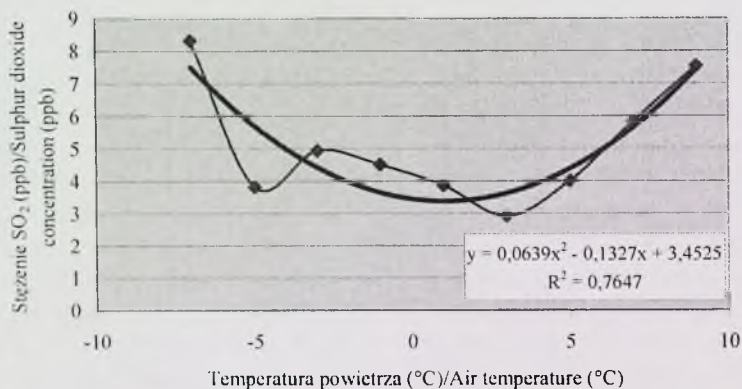
a

Grudzień 1998 r./December 1998



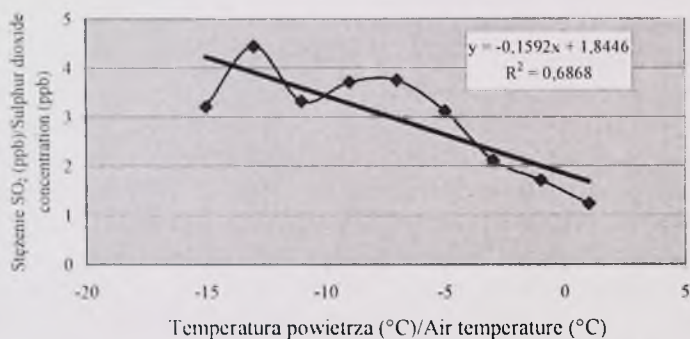
b

Grudzień 1999 r./December 1999

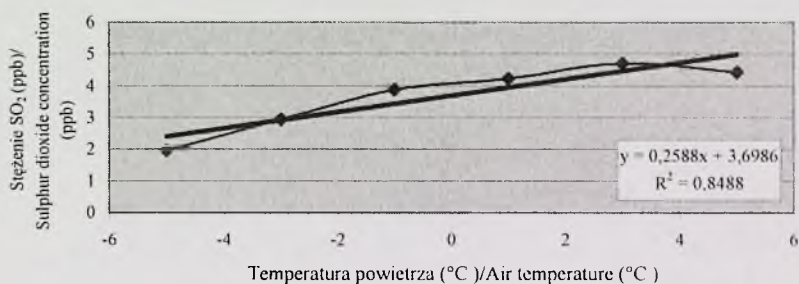


c

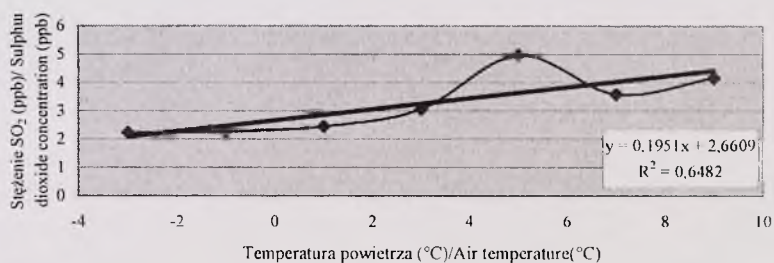
Grudzień 2001 r./December 2001



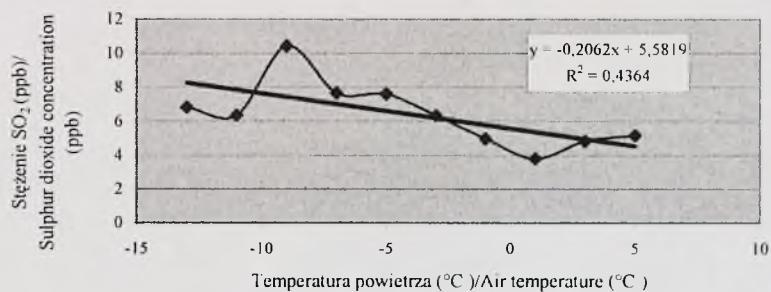
d Styczeń 1998 r./January 1998



e Styczeń 1999 r./January 1999

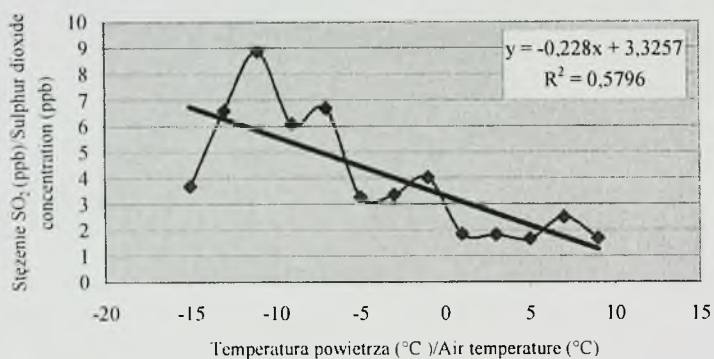


f Styczeń 2000 r./January 2000



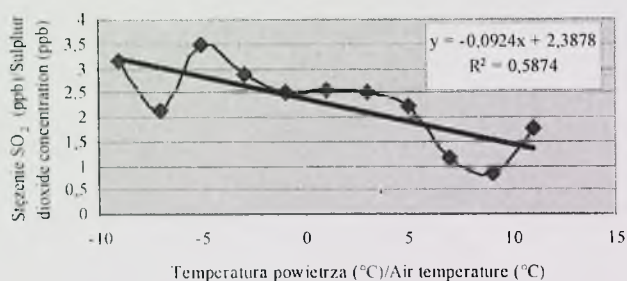
g

Styczeń 2002 r./January 2002



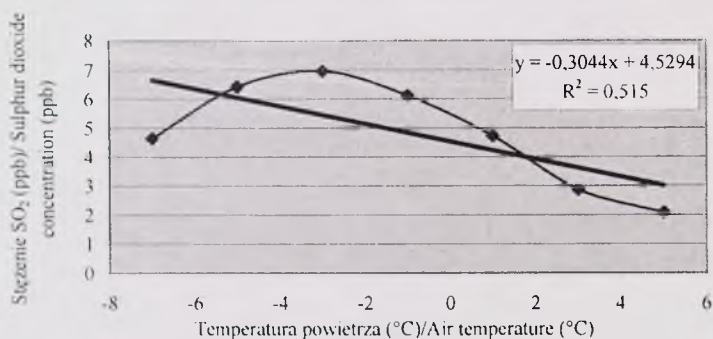
h

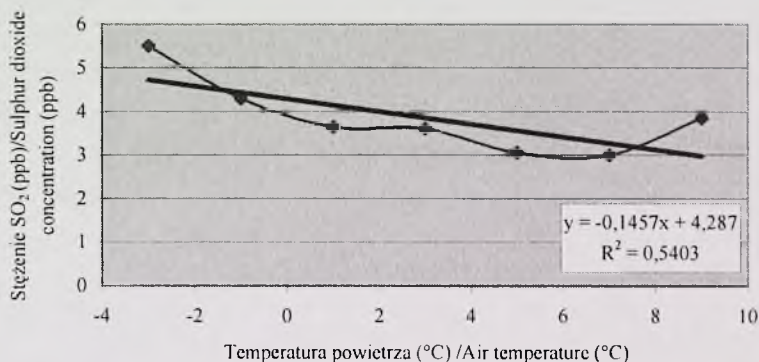
Luty 1998 r./February 1998



i

Luty 1999 r./February 1999





RYSUNEK 1. Zależność stężenia dwutlenku siarki (ppb) od temperatury powietrza (°C) w Warszawie-Ursynowie: a – grudzień 1998 r., b – grudzień 1999 r., c – grudzień 2001 r., d – styczeń 1998 r., e – styczeń 1999 r., f – styczeń 2000 r., g – styczeń 2002 r., h – luty 1998 r., i – luty 1999 r., j – luty 2000 r.

FIGURE 1. Relationship between sulphur dioxide concentration (ppb) and air temperature (°C) in Warsaw-Ursynów: a – December 1998, b – December 1999, c – December 2001, d – January 1998, e – January 1999, f – January 2000, g – January 2002, h – February 1998, i – February 1999, j – February 2002

$R^2 = 0,60$ i $0,68$). Natomiast w grudniu 1999 roku przebieg stężenia SO_2 w zależności od temperatury powietrza ma charakter krzywoliniowy (rys. 1b). Wyższe stężenie SO_2 występuje przy temperaturze powietrza -7°C , następnie spada wraz ze wzrostem temperatury powietrza (w przedziale temperatury -7°C do 3°C). Przy temperaturze powietrza powyżej 3°C następuje ponowny wzrost stężenia SO_2 wraz ze wzrostem temperatury powietrza. Spowodowane to jest prawdopodobnie występowaniem wyższej temperatury powietrza w grudniu 1999 roku aniżeli w grudniu 1998 roku i 2001 roku. Odmienne, w stosunku do omawianych, przebieg stężenia SO_2 w zależności od temperatury powietrza zaobserwowano w styczniu 1998 roku (rys. 1d) i 1999

roku (rys. 1e). Stwierdzono tu wzrost stężenia SO_2 wraz ze wzrostem temperatury powietrza przy wysokim współczynniku determinacji $R^2 = 0,85$ (styczeń 1999 roku) i $0,65$ (styczeń 1999 roku). Mniejsza wartość współczynnika determinacji w styczniu 1999 roku jest spowodowana działalnością w tym czasie lokalnych źródeł emisji nie związanych z energetyką.

W styczniu 2000 roku (rys. 1f) i w styczniu 2002 roku (rys. 1g) przebieg stężenia SO_2 jest analogiczny do przebiegu w grudniu 1998 roku i 2001 roku, tzn. obserwowany jest spadek stężenia SO_2 wraz ze wzrostem temperatury powietrza. Wartości temperatury powietrza w omawianych okresach były również zbliżone (od 10°C do -15°C). Znaczny spadek temperatury powietrza

powoduje wzrost intensywności ogrzewania, co prowadzi do zwiększenia emisji zanieczyszczeń, czyli w efekcie do wzrostu stężenia SO_2 w powietrzu atmosferycznym. Tak małe wartości temperatury powietrza nie były obserwowane w miesiącach omawianych wcześniej: w styczniu 1998 roku i 1999 roku. Stwierdzono tam odwrotny przebieg stężenia SO_2 , czyli spadek stężenia SO_2 przy spadku temperatury. Stąd wniosek, że przy spadku temperatury powietrza (ale przy temperaturze powyżej -5°C) o kształtowaniu się stężeń SO_2 decydują reakcje chemiczne zachodzące w atmosferze, a nie wielkość emisji. Reakcje utleniania SO_2 są wydajniejsze przy mniejszych wartościach temperatury, a to prowadzi do niższego stężenia SO_2 w powietrzu atmosferycznym. Na rysunkach 1h, i, j przedstawiono przebieg stężenia SO_2 kolejno w lutym 1998 roku, 1999 roku i 2000 roku. We wszystkich latach zaznacza się spadek stężenia SO_2 wraz ze wzrostem temperatury powietrza, a współczynniki determinacji wynoszą od 0,52 do 0,59. Uwzględniając wartości temperatury powietrza można stwierdzić, że tylko przebieg stężenia SO_2 w lutym 1998 roku (rys. 1h) jest zbliżony do omawianego wcześniej przebiegu stężenia SO_2 charakterystycznego dla znacznego spadku temperatury powietrza (rys. 1c, f, g). Spadek ilości SO_2 w powietrzu atmosferycznym przy wzroście temperatury powietrza (przy wartościach temperatury -7°C do 10°C) może być tłumaczony mniejszą emisją, ale w takim przedziale temperatury obserwowano wzrost stężenia SO_2 przy wzroście temperatury powietrza (rys. 1d, e). Na wartość stężenia SO_2 w at-

mosferze wpływ mogą wywierać, oprócz wielkości emisji i reakcji katalitycznych, również reakcje fotochemiczne, w wyniku których ilość SO_2 w powietrzu atmosferycznym maleje (Krzysztofik i in. 1994).

Dyskusja wyników i wnioski

Badania związku między temperaturą powietrza a stężeniem SO_2 dla Rabki w miesiącach zimowych przeprowadzał Miczyński i in. (1997). Zaobserwował on wzrost stężenia SO_2 wraz ze spadkiem temperatury powietrza, podobnie jak Suryjak i Tomaszewska (1992), badający takie związki na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego. Juda (Juda i Chróściel 1980) stwierdził, że wraz ze spadkiem temperatury powietrza rośnie wartość współczynnika przemiany SO_2 , co prowadzi do spadku jego stężenia. Podobne wyniki badań przedstawiono w niniejszej pracy, co świadczy o konieczności rozpatrywania związków między temperaturą powietrza a stężeniem SO_2 w określonych przedziałach temperatury.

Przy niskich wartościach temperatury powietrza (poniżej -5°C) na kształtowanie się stężenia SO_2 przeważający wpływ ma zwiększona emisja zanieczyszczeń z energetyki, a przy temperaturze powietrza powyżej -5°C – reakcje katalityczne zachodzące w atmosferze, których wydajność spada wraz ze wzrostem temperatury powietrza, co prowadzi do zwiększenia stężenia SO_2 wraz ze wzrostem temperatury powietrza.

Zaobserwowano także krzywoliniowy przebieg stężenia SO_2 wraz ze

wzrostem temperatury powietrza; stężenie spada wraz ze wzrostem temperatury w przedziale temperatury powietrza od -7°C do 3°C , a przy temperaturze powietrza powyżej 3°C następuje ponowny wzrost stężenia SO_2 wraz ze wzrostem temperatury powietrza.

Należy pamiętać, że wydłużenia dnia (luty) pociąga za sobą dodatkowo przyrost reakcji fotochemicznych przemian związków siarki w atmosferze, powodujący spadek stężenia SO_2 .

Literatura

- JUDA J., CHRÓŚCIEL S. 1980: Ochrona powietrza atmosferycznego. Wydaw. Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- KLENIEWSKA M. 2000: Wyniki badań zależności stężenia dwutlenku siarki od wilgotności względnej powietrza w Warszawie-Ursynowie, *Przegląd Naukowy Wydziału Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW* 18.
- KLENIEWSKA M. 2001a: Wyniki badań zależności stężenia dwutlenku siarki od kierunku i prędkości wiatru w Warszawie-Ursynowie. *Przegląd Naukowy Wydziału Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW* 21.
- KLENIEWSKA M. 2001b: Wyniki badań zależności stężenia dwutlenku siarki od temperatury powietrza w Warszawie-Ursynowie. *Przegląd Naukowy Wydziału Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW* 23.
- KRZYSZTOFIK B., KRZECHOWSKA M., CHĘCIŃSKI J. 1994: Podstawy chemii ogólnej i środowiska przyrodniczego. Wydaw. Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

MICZYŃSKI J., KOZAK J.L., WACH T. 1997: Aspekty gazyfikacji na tle zmian zanieczyszczeń powietrza (na przykładzie Rabki). W: II Sympozjum Ocena wielkości emisji zanieczyszczeń powietrza. Szklarska Poręba. Wydaw. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.

SURYJAK W., TOMASZEWSKA A.M. 1992: Wpływ warunków meteorologicznych na wielkość średniodobowych stężeń SO_2 w Ojcowskim Parku Narodowym. *Wiadomości Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej* 1–2.

Summary

Characteristic of sulphur dioxide concentration in winter months in Warsaw-Ursynów. The paper aimed at finding out the relation between SO_2 concentration and air temperature in winter months. The connection between air temperature and sulphur dioxide concentration is related to the temperature value. Decrease of air temperature accompanies increase of SO_2 concentration (the air temperature below -5°C). At the air temperature more than -5°C increase of air temperature accompanies increase of sulphur dioxide concentration.

Author's address:

Małgorzata Kleniewska
Warsaw Agricultural University
Department of Hydraulic Engineering
and Environmental Recultivation
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa
Poland

Tomasz ROZBICKI

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW

Zakład Meteorologii i Klimatologii

Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU

Division of Meteorology and Climatology

Związek między wysokością plonu pszenicy ozimej a elementami meteorologicznymi w latach ciepłych oraz w latach wilgotnych

The relationship between winter wheat yield and meteorological elements in warm years and wet years

Wprowadzenie

Jednym z najważniejszych czynników oddziałujących bezpośrednio na wielkość i jakość produkcji roślinnej jest pogoda, która na tle innych czynników charakteryzuje się dużą zmiennością. Wahania elementów meteorologicznych opisujących stan atmosfery mogą być znaczne i to zarówno w odniesieniu do zmian krótkoterminowych, np. z dnia na dzień, jak i zmian długoterminowych, np. z roku na rok czy z sezonu na sezon. Równania wiążące wysokość plonów roślin uprawnych i elementy meteorologiczne, zwane modelami pogoda-plon, umożliwiając symulację zachowania się rośliny w zmieniających się warunkach meteorologicznych. Celem niniejszej pracy jest znalezienie równań regresji między wysokością plonu pszenicy ozimej a elementami meteorologicznymi oddzielnie dla dwóch typów sezonowego

przebiegu warunków pogodowych: dla roku ciepłego oraz dla roku wilgotnego.

Materiał i metoda

Do statystycznego opracowania związków wykorzystano materiał badawczy pochodzący z trzech Stacji Doświadczalnych Oceny Odmian i związanych z nimi stacjami meteorologicznymi sieci Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej: Kościelec-Koło, Sulejów oraz Zybiszów-Wrocław. Wybrane stacje reprezentują znaczny obszar Niziny Polskiej i jednocześnie pewne zróżnicowanie regionalizacji agroklimatycznej. Stacje w Kościelcu i Sulejowie według Romera leżą w obrębie klimatu Krajny Wielkich Dolin. Region ten, szczególnie w części środkowej, wyróżnia się najniższą sumą opadów atmosferycznych w Polsce (450–500 mm). Stacja w Zybiszowie położona jest w strefie klimatu podgór-

skich nizin i kotlin. Jest to klimat stosunkowo łagodny, o niezbyt wysokich, lecz na ogół korzystnie dla roślin rozłożonych opadach atmosferycznych w okresie wegetacyjnym. Kryterium różnicującym istotnie wybrane trzy stacje był skład mechaniczny gleby, a więc cecha, która decyduje o właściwościach fizycznych (w tym o retencyjności wodnej), a także o właściwościach chemicznych i biologicznych. Uprawa pszenicy ozimej w Kościelcu prowadzona jest na glebach lekkich, w Sulejowie na średnio zwięzłych, a w Zymbrowie na glebach ciężkich.

Dane o wysokości plonów pszenicy ozimej, dane fenologiczne i meteorologiczne pochodzą z okresu 1969–1990. Na podstawie codziennych obserwacji prowadzonych na stacjach fenologicznych i stacjach meteorologicznych obliczono średnie wartości poszczególnych elementów meteorologicznych w rozpatrywanych okresach międzyfazowych. Metodyka obliczeń użytych elementów meteorologicznych opisana została w pracy Rozbickiego (1997). Wyróżniono następujące okresy rozwojowe pszenicy ozimej: siew – wschody, wschody – wiosenne ruszenie wegetacji, wiosenne ruszenie wegetacji – strzelanie w źdźbło, strzelanie w źdźbło – kłoszenie oraz kłoszenie – dojrzałość woskowa.

Kolejnym etapem pracy było wydzielenie z całego wieloletniego okresu 1969–1990 lat ciepłych oraz lat wilgotnych. Przy wyborze lat ciepłych posłużono się własnym kryterium statystycznym opartym na wartości średniej temperatury powietrza i odchyleniu standardowym. Dla każdego rozpatrywanego okresu międzyfazowego obliczono

średnią wartość temperatury (t_{sr}) w wieloleciu oraz odchylenie standardowe (σ). Rok, w którym dla wszystkich faz fenologicznych pszenicy ozimej od fazy wiosennego ruszenia wegetacji do fazy dojrzałości woskowej spełniony był warunek (zwany dalej kryterium termicznym): $t \geq t_{sr} - \sigma$, zaliczono do zbioru lat ciepłych. Przy wyborze lat wilgotnych posłużono się kryterium przyjętym przez Kaczorowską (Radomski 1977), które oparte jest na porównaniu okresowej sumy opadu atmosferycznego z opadem normalnym za ten okres. Za okres przeciętny przyjmuje się okres miesiąca lub okres międzyfazowy, w którym suma opadu atmosferycznego zawarta jest w przedziale od 75 do 125% opadu normalnego. Rok, w którym dla wszystkich faz fenologicznych od wiosennego ruszenia wegetacji do dojrzałości woskowej spełniony był warunek (zwany dalej kryterium opadowym): $P \geq 0,75P_{sr}$ zaliczono do zbioru lat wilgotnych.

Związki między wysokością plonu pszenicy ozimej a elementami meteorologicznymi określone zostały metodą analizy regresji wielokrotnej krokowej. Jako zmienne niezależne przyjęto wartości średnie elementów meteorologicznych obliczonych dla każdego rozpatrywanego okresu międzyfazowego, a jako zmienną zależną przyjęto wysokość plonu. Ze względu na stosunkowo dużą liczbę zmiennych niezależnych poddanych analizie i niezbyt liczny ciąg obserwacji, po wybraniu z całego wielolecia tylko lat ciepłych (spełniających kryterium termiczne) oraz tylko lat wilgotnych (spełniających kryterium opadowe) wyznaczenie ostatecznego równania, czyli takiego, które opisuje

relację wysokości plonu z przebiegiem pogody po uwzględnieniu wszystkich okresów rozwojowych, wymagało przyjęcia dwóch etapów obliczeń (Rozbicki 1997). W pierwszej kolejności materiałem wyjściowym były wszystkie elementy meteorologiczne uwzględnione w każdym okresie rozwojowym. W wyniku analizy regresji wielokrotnej krokowej uzyskano dla każdej stacji cztery równania, po jednym dla każdej z faz. Następnie przystąpiono do obliczenia końcowego równania, to znaczy takiego, które zawiera elementy meteorologiczne z całego okresu rozwojowego rośliny. Jako parametry wyjściowe do analizy przyjęto te zmienne, które znalazły się wcześniej w równaniach dla faz, a także te zmienne, które nie znalazły się w równaniach dla faz, ale miały najwyższe współczynniki korelacji cząstkowej ze zmienną zależną. Równania końcowe zostały obliczone dla każdej rozpatrywanej stacji oddzielnie dla lat ciepłych i dla lat wilgotnych.

Wyniki

W tabeli 1 zestawiono końcowe równania regresji wielokrotnej między wysokością plonu pszenicy ozimej w Kościelecu, Sulejowie i Zybiszowie a elementami meteorologicznymi. Oprócz równań opracowanych dla lat ciepłych i lat wilgotnych w tabeli zamieszczono dodatkowo równania regresji obliczone wcześniej (Rozbicki 1997) dla całego okresu wieloletniego 1969–1990. Podane zostały postacie równań i charakterystyki statystyczne uzyskanych związków.

Układ zmiennych, jakie znalazły się w równaniu opracowanym dla całego okresu wieloletniego (W) w Kościelecu wskazuje, że na wysokość plonu pszenicy ozimej korzystnie oddziałują większe, chociaż nie za wysokie, ilości wody w fazach siew – wschody i strzelanie w źdźbło – kłoszenie (obecność parametrów opadu ze znakiem dodatnim i wskaźnika opadów uprzednich ze znakiem ujemnym), a także niezbyt wysoka temperatura w ostatniej fazie rozwojowej: kłoszenie – dojrzałość woskowa (parametr temperatury minimalnej ze znakiem ujemnym). W przypadku równania obliczonego dla lat ciepłych (T) układ zmiennych jest podobny, chociaż zanika wpływ opadu z okresu strzelanie w źdźbło – kłoszenie, a większego znaczenia nabierają warunki termiczne i wilgotnościowe powietrza w okresie kłoszenie – dojrzałość woskowa. Interesujący wynik dała analiza lat wilgotnych. Postać równania (P) potwierdza krzywoliniową zależność wysokości plonu od opadu atmosferycznego (po przekroczeniu pewnego optimum dalszy wzrost opadów atmosferycznych zaczyna niekorzystnie oddziaływać na roślinę). Tezę tę potwierdza obecność w równaniu (P) wyłącznie wskaźników opadów uprzednich z faz od strzelania w źdźbło do dojrzałości woskowej. W przypadku sezonu wilgotnego na wysokość plonu pszenicy ozimej najsilniej wpływa rozkład opadu w końcowych okresach rozwojowych. Na uwagę zwraca także wysoki współczynnik determinacji opracowanego równania.

Układ zmiennych zawartych w równaniu (W) opracowanym dla stacji w Sulejowie dla całego wielolecia pozwala

TABELA 1. Równania końcowe regresji wielokrotnej między wysokością plonu pszenicy ozimej a elementami meteorologicznymi ze wszystkich okresów rozwojowych

TABLE 1. Multiple regression equations between winter wheat yield and meteorological elements for all phenological interphases

Stacja Station	Kryt. Crit.	Postać równania regresji Multiple regression equation	$R_{ad}^2 \cdot 100\%$	F
Kościelec	W	$Y = 11,82 + 0,312 \cdot P(sw) - 0,129 \cdot IA(sw) +$ $- 0,221 \cdot dv(sw) + 1,729 \cdot P(zk) - 5,842 \cdot IL(zk) +$ $- 0,441 \cdot tn(kd)$	77,4	13,0**
	T	$Y = -51,20 + 0,751 \cdot P(sw) + 0,111 \cdot f(rz) +$ $- 1,711 \cdot t(kd) + 0,762 \cdot f(kd) + 3,888 \cdot d(kd)$	70,3	7,62**
	P	$Y = 6,62 - 3,256 \cdot IL(zk) - 3,138 \cdot (IL(kd) +$ $+ 0,299 \cdot IA(kd)$	92,6	46,5**
Sulejów	W	$Y = 4,62 - 2,136 \cdot IL(rz) + 1,739 \cdot P(zk) + 0,168 \cdot$ $\cdot LP(zk) - 0,573 \cdot IA(zk) - 1,577 \cdot IL(kd) + 0,131 \cdot$ $\cdot IA(kd)$	68,6	8,63**
	T	$Y = 14,60 - 3,037 \cdot t(rz) + 2,159 \cdot tn(rz) +$ $- 1,797 \cdot P(rz) + 2,385 \cdot d(rz) + 0,0997 \cdot IA(zk)$	82,6	11,4**
	P	$Y = 8,35 - 4,514 \cdot IL(rz) - 0,388 \cdot dv(zk) + 5,619 \cdot P(kd)$	65,6	6,72*
Zybiszów	W	$Y = 19,64 + 4,604 \cdot IL(rz) - 0,415 \cdot IA(rz) - 0,199 \cdot$ $\cdot f(rz) - 1,017 \cdot d(rz) + 0,612 \cdot t(zk) - 0,683 \cdot tn(zk)$	74,0	9,52**
	T1	$Y = 4,11 + 0,292 \cdot P(sw) + 1,142 \cdot P(rz) - 1,026 \cdot IL(kd)$	60,4	7,09**
	T2	$Y = 23,79 + 0,570 \cdot t(kd) + 0,980 \cdot P(kd) + 3,678 \cdot$ $\cdot IL(kd) - 0,610 \cdot IA(kd) - 0,275 \cdot f(kd) - 0,714 \cdot dv(kd)$	84,3	11,7**
	P	$Y = 3,70 - 0,447 \cdot tx(rz) + 3,351 \cdot IL(rz) + 1,450 \cdot$ $\cdot d(rz) + 0,151 \cdot d(kd)$	85,0	15,2**

Objaśnienia/Explanations:

- T – równanie regresji dla lat ciepłych (spełniających kryterium termiczne $t \geq t_{sr} - \sigma$),
 regression equation for warm years,
 P – równanie regresji dla lat wilgotnych (spełniających kryterium opadowe $p \geq 0,75 \cdot P_{sr}$),
 regression equation for wet years,
 R_{ad}^2 – współczynnik determinacji (adjustowany ze względu na liczbę stopni swobody),
 determination coefficient (adjusted for d.f.),
 F – empiryczna wartość testu F Fishera-Snedecora,
 test F value.

Zmienna zależna:

- Y – plon pszenicy ozimej [t],
 winter wheat yield [t].

Zmienne niezależne:

- t – średnia temperatura powietrza [°C],
 mean air temperature in [°C],
 tx – średnia maksymalna temperatura powietrza w [°C],
 mean maximum air temperature in [°C],
 tn – średnia minimalna temperatura powietrza [°C],
 mean minimum air temperature [°C],
 P – wskaźnik wysokości opadów atmosferycznych.
 precipitation index,
 IL – wskaźnik opadów uprzednich obliczony metodą Lambora,
 anterior precipitation index calculated by the use Lambor's method,
 IA – wskaźnik opadów uprzednich obliczony metodą „amerykańską”.

- f – anterior precipitation index calculated by the use „American” method,
 wilgotność względna powietrza [%],
 relative Humidity of the air [%],
 d – niedosyt wilgotności powietrza [hPa],
 vapour pressure deficit [hPa],
 dv – wskaźnik parowania,
 index of evaporation.

Objaśnienie nazw okresów międzyfazowych (podanych w nawiasach przy zmiennych niezależnych):
 Explanation of phenological interphases names (written with independent variables in brackets):

- sw – siew – wschody,
 sowing – emergence,
 rz – Wiosenne ruszenie vegetacji – strzelanie w źdźbło,
 spring starting of vegetation – shooting,
 zk – strzelanie w źdźbło – kłoszenie,
 shooting – earing ,
 kd – kłoszenie – dojrzałość woskowa,
 earing – wax ripeness.

na stwierdzenie, że wysokość plonu pszenicy ozimej determinowana jest przez ilość opadu atmosferycznego i jego rozkład w ostatnich fazach rozwojowych (obecność w równaniu parametrów opadu i wskaźników opadów uprzednich z okresów od wiosennego ruszenia vegetacji do dojrzałości woskowej). W równaniu (T) obliczonym dla lat ciepłych pojawiają się dodatkowo parametry temperatury powietrza z okresu wiosenne ruszenie vegetacji – strzelanie w źdźbło (temperatura średnia ze znakiem ujemnym i temperatura minimalna z dodatnim). Wskazuje to na niezbyt korzystne oddziaływanie na wysokość plonu pszenicy ozimej w latach ciepłych zbyt wysokiej temperatury w okresie wiosny. Podobnie jak w przypadku stacji w Kościelcu, również w równaniu (P) opracowanym dla Sulejowa dla lat wilgotnych pojawiają się parametry bilansu wodnego z całego okresu od wiosennego ruszenia vegetacji do dojrzałości woskowej: wskaźnik opadów uprzednich, wskaźnik parowania oraz opad atmosferyczny.

Układ zmiennych zawartych w równaniu (W) opracowanym dla Zybi-

szowa dla całego wielolecia wskazuje na to, że głównym czynnikiem plonotwórczym jest rozkład opadów i wilgotności powietrza w fazie wiosenne ruszenie vegetacji – strzelanie w źdźbło. W późniejszym okresie, od fazy strzelania w źdźbło do dojrzałości woskowej, znaczenia nabiera temperatura powietrza (obecność w równaniu parametrów temperatury średniej i temperatury minimalnej). W przypadku równań obliczonych dla lat ciepłych plonotwórcze oddziaływanie elementów meteorologicznych nie jest jednoznaczne. Zgodnie z oczekiwaniami, w latach wybranych jako ciepłe największy wpływ na wysokość plonów pszenicy ozimej powinny mieć parametry opadu atmosferycznego. Równanie (T1) zawiera takie elementy z okresów siew – wschody, wiosenne ruszenie vegetacji – strzelanie w źdźbło oraz kłoszenie dojrzałość woskowa. Jednak metodą analizy regresji krokowej uzyskano równanie inne (T2), zawierające więcej zmiennych i mające wyraźnie wyższy współczynnik determinacji. W równaniu tym zawarte zostały różne parametry, ale tylko z fazy kłoszenie – dojrze-

łość woskowa. Można to wytłumaczyć tym, że uprawa pszenicy ozimej w Zybiszowie prowadzona jest na glebach ciężkich, o dużej retencyjności wodnej, a więc wysokość opadu i jego dystrybucja nie muszą znacząco wpływać na wielkość plonu. O wysokości plonu najsilniej decyduje przebieg warunków pogodowych podczas generatywnej fazy rozwojowej kłoszenie – dojrzałość woskowa. Równanie obliczone dla lat wilgotnych (P) zawiera parametry temperatury powietrza, rozkładu opadu atmosferycznego, a także wilgotności powietrza z okresu wiosenne ruszenie wegetacji – strzelanie w źdźbło, wskazując na ten okres rozwojowy jako najistotniejszy w kształtowaniu się plonu pszenicy ozimej w latach wilgotnych.

Wnioski

1. Rozkład opadu w końcowych okresach rozwojowych rośliny podczas lat wilgotnych wpływa najsilniej na wysokość plonu pszenicy ozimej uprawianej na glebach lekkich w środkowej części Polski (Kościelec).
2. Podczas lat ciepłych na wysokość plonu pszenicy ozimej uprawianej na glebach średniozwięzłych w Polsce centralnej (Sulejów) zaznacza się niekorzystne oddziaływanie zbyt wysokiej temperatury w okresie wiosny.
3. Oddziaływanie elementów meteorologicznych na wysokość plonów pszenicy ozimej uprawianej na glebach ciężkich na Nizinie Śląskiej (Zybiszów) nie jest jednoznaczne podczas lat ciepłych. O wysokości plonu bardziej decyduje przebieg warunków pogodowych podczas

generatywnej fazy rozwojowej kłoszenie – dojrzałość woskowa.

4. W przypadku lat wilgotnych najistotniejszym okresem rozwojowym kształującym wysokość plonu pszenicy ozimej uprawianej na glebach ciężkich (w Zybiszowie) jest okres wiosenne ruszenie wegetacji – strzelanie w źdźbło.

Literatura

- RADOMSKI C. 1977: Agrometeorologia PWN, Warszawa.
- ROZBICKI T. 1997: Wpływ warunków meteorologicznych na rozwój i planowanie wybranych roślin uprawnych w różnych warunkach glebowych. Praca doktorska. SGGW, Warszawa.

Summary

The relationship between winter wheat yield and meteorological elements in warm years and wet years. The paper presents analysis of influence meteorological elements on winter wheat yield in selected research stations of Polish Lowland: Kościelec, Sulejów and Zybiszów. Warm years and wet years were selected of all long-term data independently and regression equations were worked out for these two types of years.

The influence of precipitation distribution during last phenological periods of crop on the yield in wet years and negative influence of high temperature in spring on the yield in warm years were stated as main conclusions.

Author's address:

Tomasz Rozbicki
Warsaw Agricultural University
Department of Hydraulic Engineering
and Environmental Reclamation
02-787 Warsaw
ul. Nowoursynowska 166
Poland

Katarzyna ROZBICKA

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW

Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU

Próba oceny parowania dziennego i nocnego

z ewaporometrów pan klasy A i Wilda

Evaluation of daytime and night-time evaporation of class A pan and Wild evaporimeters

Wprowadzenie

Od wielu lat toczy się dyskusja na łamach naukowych czasopism meteorologicznych i hydrologicznych na temat wielkości parowania dziennego i nocnego oraz stosunku tych dwóch wielkości do parowania całodobowego. Szczególną uwagę zwrócono na wielkość parowania w nocy, które, jak zauważono, nie kształtuje się w jakiś określony sposób (Kaczmarek 1960). Wartości liczbowe parowania nocnego, podawane przez różnych autorów wykazują znaczne różnice, dochodzące w niektórych przypadkach do 40% parowania całodobowego.

Ponieważ wyniki badań dotyczące udziału parowania nocnego w stosunku do parowania, jakie zachodzi w okresie całej doby, przedstawione w opublikowanych pracach, uzyskane zostały przy zastosowaniu różnych przyrządów i metod oraz w różnych warunkach lokalnych, stąd bezpośrednio ich porównanie jest trudne. Sytuację pogarsza fakt, że niektórzy autorzy pod pojęciem „parowanie nocne” rozumieją ilość

wyparowanej wody między godziną 21 a 7, natomiast inni między 17 a 8. Należy podkreślić, że przyjęte i stosowane w praktyce granice czasowe, określające parowanie dzienne (7–21) i nocne (21–7) są sztuczne. Nie odpowiadają one ani rzeczywistym długościom dnia i nocy, ani też nie dzielą doby na dwie równe części.

Wydaje się, że w celu uzyskania możliwości całkowicie poprawnego porównania wyników badań odnoszących się do wielkości parowania dziennego i nocnego, należy dokonywać pomiarów w momencie wschodu i zachodu słońca. Wyniki otrzymane z obserwacji prowadzonych w ten sposób odzwierciedlać będą rzeczywistą wielkość parowania nocnego i dziennego.

Celem niniejszego opracowania jest próba oceny parowania dziennego i nocnego w okresie ciepłym (V–IX) z ewaporometru pan klasy A i ewaporometru Wilda. Weryfikacja wyników wielkości parowania z obu ewaporometrów jest niezwykle trudna (inne przyrządy, miejsce i okres pomiaru), ale konieczna dla oceny parowania z ewaporometru pan.

Material i metoda

Material wyjściowy pochodzi z ciągłych pomiarów parowania z ewaporometru pan klasy A zarejestrowanych na stacji Ursynów SGGW z okresu od początku maja do końca września, z lat 1997–1999, oraz pomiarów parowania z ewaporometru Wilda, z lat 1961–1963, z Przemyśla, których wyniki zamieszczone są w publikacji Michny (1964).

Ewaporometr pan klasy A wyposażony jest w elektroniczny czujnik rejestrujący 10-minutowe wartości parowania, które prowadzone są w okresie od maja do października. W pozostałej części roku pomiary są niemożliwe do wykonywania z powodu występowania ujemnej temperatury powietrza. Zbiornik ewaporometru ma kształt okrągły, o powierzchni 1,15 m². Zainstalowany jest ponad gruntem na wysokości 5 cm, na drewnianej kracie, która umożliwia swobodny przepływ powietrza pod zbiornikiem i wykrycie ewentualnych nieszczelności.

Obliczenia wykonano na podstawie godzinnych sum parowania dla poszczególnych dni. Na ich podstawie wyznaczono sumy dobowe parowania, a następnie średnie miesięczne sumy parowania dla wszystkich dni w danym miesiącu, z wyjątkiem tych, w których wystąpił opad atmosferyczny.

Następnie dla każdego dnia danego miesiąca wyznaczono godzinę wschodu i zachodu słońca oraz prawdziwe południe słoneczne. Na tej podstawie dokonano podziału doby na dzień i noc oraz podziału dnia na przedpołudnie (AM) i popołudnie (PM). Wyznaczone zostały również średnie miesięczne sumy pa-

rowania dla dni bezopadowych w ciągu dnia i nocy, w mm, oraz w procentach, jako stosunek parowania dziennego i nocnego do całodobowego.

W związku ze zmienną liczbą dni branych do obliczeń w danym miesiącu w poszczególnych latach, obliczenia średnich miesięcznych sum parowania nie są ze sobą porównywalne i nie oddają rzeczywistego przebiegu parowania z miesiąca na miesiąc. W celu ujednolicenia wyników zastosowano tzw. wskaźnik parowania (I_E), który sprowadza sumy dobowe parowania z wybranych dni w miesiącu do miesięcznej sumy parowania. Obliczenia wykonano według poniższego wzoru:

$$I_E = \frac{\sum E}{n} \cdot m$$

gdzie:

$\sum E$ – średnia suma miesięczna parowania dla dni bezopadowych,

n – liczba dni bezopadowych,

m – liczba dni w miesiącu.

W porównaniu z ewaporometrem Wilda, ewaporometr pan klasy A jest dość dużym zbiornikiem wody (do pomiaru parowania potencjalnego) i z tego powodu wyniki pomiarów mogą być obarczone wieloma błędami. Między innymi istotny wpływ na wskazania parowania ma zmiana objętości wody w zbiorniku w zależności od jej temperatury. W celu zminimalizowania tego czynnika dla poszczególnych miesięcy w kolejnych latach wyznaczono minimalną i maksymalną temperaturę powietrza, dla których obliczono zmianę poziomu wody w zbiorniku wynikającą ze zmiany jej objętości, tj. określono średnią wartość poprawki dla każdego miesiąca. Wielkość parowania

dziennego została zwiększona o wartość poprawki, natomiast wartość parowania nocnego została zredukowana o wielkość tej poprawki. Wyniki zamieszczone w tabelach 1 i 2 oraz na rysunku 1 są po uwzględnieniu odpowiedniej poprawki.

Natomiast ewaporometr Wilda jest to jednoramienna waga uchylna, której szalkę stanowi blaszane naczynie (o powierzchni 250 cm^2) wypełnione wodą. Przyrząd zainstalowany jest pod daszkiem żaluzjowym na wysokości 50 cm nad gruntem. Wielkość parowania odczytuje się ze skali wycechowanej w mm warstwy wody w naczyniu.

Dla obydwu ewaporometrów wprowadzono granice określające parowanie dzienne i nocne (wschód i zachód słońca), a wykonywanie dodatkowego pomiaru w momencie południa słonecznego (przy ewaporometrze Wilda) umożliwia określenie wielkości parowania przed południem i po południu.

Wyniki

W tabeli 1 przedstawiono średnie miesięczne sumy parowania (w mm) oraz stosunek parowania dziennego i nocnego do całodobowego (w %) dla dni bezopadowych z ewaporometru pan klasy A w latach 1997–1999. Wartości parowania dla dnia i nocy są zróżnicowane w poszczególnych miesiącach i latach i z powodu zmiennej liczby dni uwzględnianej w obliczeniach wartości te są ze sobą nieporównywalne. Średnia miesięczna suma parowania z ewaporometru pan dla dni bezopadowych w całym okresie 1997–1999 była najwyższa w ciągu dnia w sierpniu – 54,4

mm, a najniższa we wrześniu – 31,0 mm. Natomiast w nocy najwyższe parowanie wystąpiło we wrześniu – 12,4 mm, a najniższe w czerwcu i lipcu z ujemnymi wartościami: –1,6 i –2,7 mm. Inaczej kształtowało się parowanie z ewaporometru Wilda w okresie 1961–1963 w Przemyślu. W ciągu dnia najwyższa średnia miesięczna suma parowania wystąpiła w lipcu – 70,7 mm, a najniższa we wrześniu – 46,0 mm, natomiast dla nocy największe parowanie było w sierpniu – 10,1 mm, najmniejsze w maju – 8,0 mm.

Znacznie mniejsze zróżnicowanie parowania zauważa się w stosunku procentowym parowania dziennego i nocnego do całodobowego pochodzącego z ewaporometru Wilda niż z ewaporometru pan. Dla dnia parowanie z ewaporometru Wilda stanowi od 82,6% (IX) do 89% (VII), a w nocy od 11% (VII) do 17,4% (IX), natomiast dla ewaporometru pan w ciągu dnia parowanie stanowi od 71% (IX) do 105% (VII), a w nocy od 5,6% (VII) do 105,6% (IX).

Na rysunku 1 przedstawiony został przebieg parowania dla dnia i nocy w poszczególnych latach (1997–1999) skorygowany za pomocą wskaźnika parowania (I_E). Przebieg parowania skorygowanego można porównywać w poszczególnych miesiącach w kolejnych latach. W całym okresie 1997–1999 średnio wskaźnik parowania dziennego był najwyższy dla czerwca, a najniższy dla września. Natomiast parowanie nocne było najwyższe we wrześniu, a najniższe – nawet o ujemnych wartościach – w miesiącach letnich: w czerwcu i lipcu. W analizowanym

TABELA 1. Średnie miesięczne sumy parowania dla dni bezopadowych z ewaporometru pan klasy A dla okresu 1997–1999

TABLE 1. Mean monthly sum of evaporation from evaporimeter class A pan for days without precipitation for period 1997–1999

1997

Miesiąc Month	Dzień/Day		Noc/Night		Suma/Sum	
	mm	%	mm	%	mm	%
V	56,6	92,9	4,3	7,1	60,9	100
VI	48,1	105,5	−2,5	−5,5	45,6	100
VII	34,9	99,4	0,2	0,6	35,1	100
VIII	51,4	87,9	7,1	12,1	58,5	100
IX	33,7	80,8	8,0	19,2	41,7	100
V–IX	224,7	93,3	17,0	6,7	241,7	100

1998

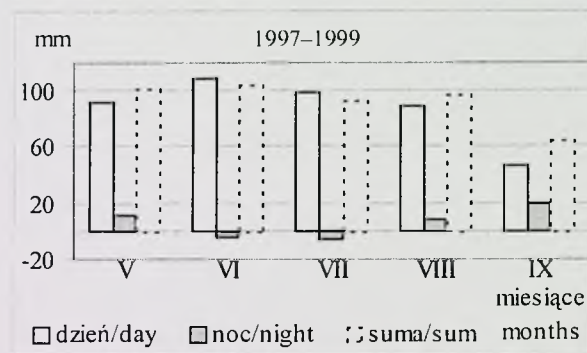
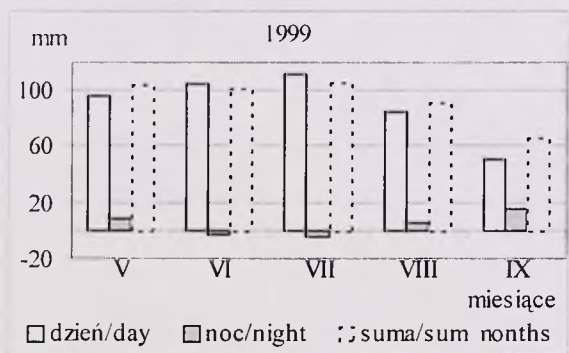
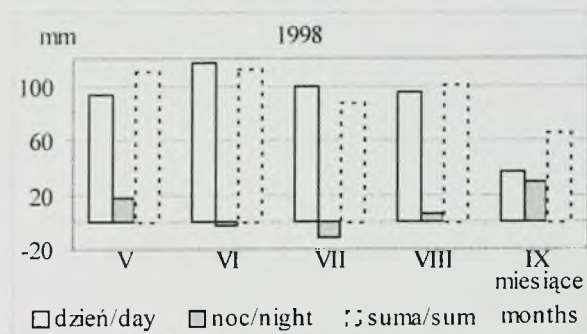
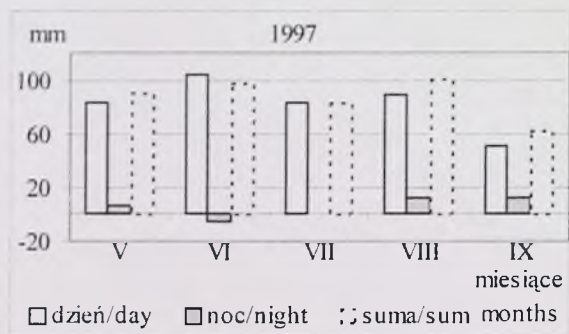
Miesiąc Month	Dzień/Day		Noc/Night		Suma/Sum	
	mm	%	mm	%	mm	%
V	57,3	83,9	11,0	16,1	68,3	100
VI	58,2	102,8	−1,6	−2,8	56,7	100
VII	45,2	113,0	−5,2	−13,0	40,0	100
VIII	48,8	93,1	3,6	6,9	52,4	100
IX	22,5	56,3	17,5	43,8	40,0	100
V–IX	232,0	89,8	25,3	10,2	257,3	100

1999

Miesiąc Month	Dzień/Day		Noc/Night		Suma/Sum	
	mm	%	mm	%	mm	%
V	31,1	91,7	2,8	8,3	33,9	100
VI	27,9	103,0	−0,8	−3,0	27,1	100
VII	75,2	104,3	−3,1	−4,3	72,1	100
VIII	63,1	93,3	4,5	6,7	67,6	100
IX	36,8	76,0	11,6	24,0	48,4	100
V–IX	234,1	93,7	15,0	6,3	249,1	100

1997–1999

Miesiąc Month	Dzień/Day		Noc/Night		Suma/Sum	
	mm	%	mm	%	mm	%
V	48,3	89,5	6,0	10,5	54,4	100
VI	44,7	103,8	−1,6	−3,8	43,1	100
VII	51,8	105,6	−2,7	−5,6	49,1	100
VIII	54,4	91,4	5,1	8,6	59,5	100
IX	31,0	71,0	12,4	29,0	43,4	100
V–IX	230,3	92,3	19,1	7,7	249,4	100



RYSUNEK 1. Wskaźnik parowania dla dni bezopadowych z ewaporometru pan klasy A z lat 1997-1999

FIGURE 1. Index of evaporation for days without precipitation from class A pan evaporimeter in 1997-1999

okresie w czerwcu występują najwyższe wartości parowania dla dnia i równocześnie najmniejsze dla nocy, które osiągają nawet wartości ujemne. Związane jest to między innymi z:

- długością dnia i nocy – w czerwcu występują najdłuższe dni, podczas których promienie słoneczne padają pod dużym kątem na powierzchnię Ziemi bardzo silnie ją ogrzewając,
- wysoką częstością dni z rosą, według Hutorowicz (1954), rosa pojawia się częściej w całym okresie ciepłym z maksimum w czerwcu (21 przypadków, co daje 10,3 mm rosy na miesiąc), natomiast największa wartość rosy przypada na wrzesień i wynosi 16,02 mm z 19 przypadkami, co jest uzasadnione niższą temperaturą powietrza i mniejszym parowaniem w tym miesiącu.

W tabeli 2 przedstawiono średnie miesięczne sumy parowania dla dni bezopadowych (w mm) przed południem (AM) i po południu (PM) oraz stosunek parowania przed południem (AM) i po południu (PM) do parowania dziennego (w %) z ewaporometru pan klasy A w latach 1997–1999 przed poprawką (a) i po poprawce (b). Porównując obie tabele, można zauważyć znaczne różnice w wielkościach parowania przed południem przed poprawką i po poprawce. Na tej podstawie można stwierdzić istotny wpływ zmian objętości wody w zależności od jej temperatury. Obliczono, że wzrost poziomu wody w ewaporometrze waha się średnio od 0,65 do 1,3 mm na dobę, a w ciągu miesiąca średnio od 7,28 do 20,47 mm. Wartość poprawki pozwoliła skorygować parowanie dzienne, które wzrosło o

tę poprawkę, parowanie zaś nocne zmalało o wielkość tej poprawki.

Parowanie AM było najwyższe w lipcu, a najniższe we wrześniu dla obu ewaporometrów, natomiast parowanie PM z ewaporometru pan najwyższe było w sierpniu, a z ewaporometru Wilda w lipcu i najniższe dla obu ewaporometrów we wrześniu. Wartości jednak znacznie odbiegają od siebie, np. w ewaporometrze Wilda parowanie AM wynosiło od 17,5 mm (IX) do 28,8 mm (VII), gdy w ewaporometrze pan od 2,8 do 11,8 mm. Udział procentowy parowania AM i PM jest też inny, w ewaporometrze Wilda parowanie AM stanowiło od 38% (IX) do 42,2% (VIII), w ewaporometrze pan od 8,9% (IX) do 22,7% (VII), a PM dla ewaporometru Wilda od 57,8% (VIII) do 60,6% (VI), w ewaporometrze pan 77,3% (VII) do 108,9% (IX). Zauważalne są duże różnice w wielkości parowania AM i PM w obu ewaporometrach, przy czym różnica ta jest większa dla ewaporometru pan, w którym parowanie przed południem jest niższe niż po południu w porównaniu z ewaporometrem Wilda.

Podsumowanie

Wielkość parowania w tych samych miesiącach, w poszczególnych latach, wykazuje znaczne zróżnicowanie dla każdego z ewaporometrów: pan klasy A i Wilda.

Uzyskane wyniki umożliwiają jednak przeprowadzenie porównania wielkości parowania dziennego i nocnego w stosunku do całodobowego. Parowanie nocne (od zachodu do wschodu słońca) od V do IX wyniosło średnio 7,7% dla

TABELA 2. Średnie miesięczne sumy parowania przed południem (AM) i po południu (PM) dla dni bezopadowych z ewaporometru pan klasy A w latach 1997–1999

TABLE 2. Mean monthly sums of evaporation forenoon (AM) and afternoon (PM) from class A pan evaporimeter for days without precipitation in period 1997–1999

a) przed poprawką/before correction

1997

Miesiąc Month	AM		PM		AM+PM	
	mm	%	mm	%	Mm	%
V	−10,4	−28,0	47,5	128,0	37,1	100
VI	−6,9	−17,7	39,5	101,5	38,9	100
VII	−4,3	−17,0	29,6	117,0	25,3	100
VIII	−17,3	−49,1	52,5	149,1	35,2	100
IX	−11,5	−55,6	32,2	155,6	20,7	100

1998

Miesiąc Month	AM		PM		AM+PM	
	mm	%	mm	%	mm	%
V	−15,8	−38,9	56,4	138,9	40,6	100
VI	−6,9	−16,7	48,1	116,7	41,2	100
VII	0,2	0,0	26,8	0,0	27,0	100
VIII	−1,1	−3,2	35,5	103,2	34,4	100
IX	−14,1	−130,6	24,9	230,6	10,8	100

b) po poprawce/after correction

1997

Miesiąc Month	AM		PM		AM+PM	
	mm	%	mm	%	mm	%
V	9,1	16,1	47,5	83,9	56,6	100
VI	8,6	17,9	39,5	82,1	48,1	100
VII	5,3	15,2	29,6	84,8	34,9	100
VIII	−1,1	−2,1	52,5	102,1	51,4	100
IX	1,5	4,5	32,2	95,5	33,7	100

1998

Miesiąc Month	AM		PM		AM+PM	
	mm	%	mm	%	mm	%
V	0,9	1,6	56,4	98,4	57,3	100
VI	10,1	17,3	48,1	82,7	58,2	100
VII	18,4	40,7	26,8	59,3	45,2	100
VIII	13,3	27,3	35,5	72,7	48,8	100
IX	−2,4	−10,7	24,9	110,7	22,5	100

cd. tabeli 2.

1999

Miesiąc Month	AM		PM		AM+PM	
	mm	%	mm	%	mm	%
V	-3,2	-13,6	26,7	113,6	23,5	100
VI	-0,9	-4,4	21,5	104,4	20,6	100
VII	-8,8	0,0	63,6	0,0	54,8	100
VIII	-15,7	-36,9	58,3	136,9	42,6	100
IX	-23,4	-111,4	44,4	211,4	21,0	100

1997-1999

Miesiąc Month	AM		PM		AM+PM	
	mm	%	mm	%	mm	%
V	-9,8	-29,1	43,5	129,1	33,7	100
VI	-4,9	-14,6	36,4	108,3	33,6	100
VII	-4,3	0,0	40,0	0,0	35,7	100
VIII	-11,4	-30,4	48,8	130,4	37,4	100
IX	-16,3	-93,3	33,8	193,3	17,5	100
V-IX	-9,3	-33,5	40,5	112,2	31,6	100

1999

Miesiąc Month	AM		PM		AM+PM	
	mm	%	mm	%	mm	%
V	4,4	14,1	26,7	85,9	31,1	100
VI	6,4	22,9	21,5	77,1	27,9	100
VII	11,6	15,4	63,6	84,6	75,2	100
VIII	4,8	7,6	58,3	92,4	63,1	100
IX	-7,6	-20,5	44,4	120,5	36,8	100

1997-1999

Miesiąc Month	AM		PM		AM+PM	
	mm	%	mm	%	mm	%
V	4,8	10,0	43,5	90,0	48,4	100
VI	8,4	18,7	36,4	81,3	44,7	100
VII	11,8	22,7	40,0	77,3	51,8	100
VIII	5,7	10,4	48,8	89,6	54,4	100
IX	-2,8	-9,1	33,8	109,1	31,0	100
V-IX	5,6	10,5	40,5	89,5	46,1	100

ewaporometru pan i 13,5% dla ewaporometru Wilda, a dzienne odpowiednio 92,3 i 86,5%. Stosunek parowania nocnego do całodobowego, wyrażony w procentach, wahał się w bardzo znacznych granicach, które są między innymi wynikiem zmiennej długości nocy w tych miesiącach.

Pomiary parowania, dokonywane w momencie południa słonecznego, pozwoliły na porównanie wielkości parowania przedpołudniowego (AM) i popołudniowego (PM). Parowanie przed południem było prawie o 50% mniejsze niż po południu w ewaporometrze Wilda, a około 80% w ewaporometrze pan. Znaczną przewagę w intensywności parowania ma okres popołudniowy, szczególnie przy dużym zbiorniku wody – ewaporometrze pan.

Niniejsza praca ma charakter metodyczny, której głównym celem jest porównanie wyników parowania z ewaporometru pan na tle wyników z ewaporometru Wilda.

Wielkości parowania z ewaporometru pan należy w kolejnej analizie poddać dalszej korekcie, uwzględniając również inne czynniki, które wpływają na wielkość parowania, np. rosę, opad atmosferyczny i inne. Dzięki temu będzie możliwe ustalenie dokładniejszej poprawki redukccyjnej.

Literatura

HUTOROWICZ H. 1959: Badania metodyczne nad rosą. *Roczniki Nauk Roln.*, 73, F 3: 485–510.

KACZMAREK Z. 1960: O dobowym przebiegu parowania z powierzchni wody. *Przeg. Geof.* 4: 265–273.

MICHNA E. 1964: Parowanie dzienne i nocne w Przemyślu. *Przeg. Geof.* 3–4: 243–247.

RÓŻDŻYŃSKI K. 1996: Miernictwo meteorologiczne. T. 2, IMGW, Warszawa.

SZCZENIOWSKI S., 1953: Fizyka doświadczalna. Cz. II. PWN, Warszawa.

Summary

Evaluation of daytime and night-time evaporation of class A pan and Wild evaporimeters. The paper presents results of potential evaporation measured by the use of class A pan evaporimeter for the period 1997–1999 in Ursynów WAU and Wild evaporimeter for period 1961–1963 in Przemyśl. Mean monthly sums daytime and night-time evaporation (state on the base of sunrise and sunset time) of class A pan evaporimeter are presented in table 1. Mean rate of night-time evaporation amounts 7,7% for class A pan evaporimeter and 13,5% for Wild evaporimeter and rate of daytime evaporation for these instruments amounts 92,3% and 86,5% respectively. Conduction of evaporation measurement at noon sharp allows to compare values of forenoon evaporation (AM) to afternoon evaporation (AM). Forenoon evaporation is 50% less than afternoon one for Wild's evaporimeter and 80% less for class A pan evaporimeter.

Authors' address:

Katarzyna Rozbicka
Warsaw Agricultural University
Department of Hydraulic Engineering
and Environmental Recultivation
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa
Poland

Dariusz GOŁASZEWSKI

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW

Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU

Czas trwania oraz pionowy zasięg warstwy powietrza objętej przymrozkiem w okresie jesiennych nocy na stacji Ursynów SGGW

Duration and vertical range of frost layer during autumn nights in Ursynów WAU

Wprowadzenie

Długości okresów bezprzymrozkowych oraz terminy występowania ostatnich przymrozków, wiosennych i pierwszych jesiennych są rozpoznane i publikowane w literaturze. W opracowaniach tego typu brak jest jednak informacji o pionowym zasięgu analizowanych przymrozków a także o czasie ich występowania na określonych wysokościach. Można to tłumaczyć trudnościami pozyskiwania danych odpowiedniej jakości, wynikającymi ze stosowania mniej dokładnej, starszej generacji aparatury pomiarowej. W publikacjach dotyczących przymrozków pomijano, ze względów technicznych i wspomnianych problemów pomiarowych, kwestie wyznaczenia zasięgu warstwy powietrza objętej przymrozkiem oraz czasu jego utrzymywania się. Wiadomo jednak, że oprócz opisywanych w literaturze parametrów określających uciążliwość przymrozków (Mitossek 1953, Dutkiewicz 1964, Radomski

1987) również zasięg pionowy i czas utrzymywania się temperatury ujemnej decyduje o rozmiarach ewentualnych szkód przymrozkowych.

Materiał pomiarowy

Pomiary prowadzono na stacji meteorologicznej SGGW w Warszawie położonej na południowym obrzeżu miasta, w terenie otwartym z luźną, niską zabudową oraz niską szatą roślinną. Materiał pomiarowy pochodzi z trzech poziomów pomiarowych (0,05, 2, 21 m n.p.g.) z okresu jesiennych nocy przymrozkowych obejmujących okres 1 X – 31 XII z lat 1994–1999. W pracy przedstawiono nocne profile temperatury w 21-metrowej warstwie powietrza, rozkłady temperatury w omawianej warstwie oraz godziny pojawiania się i zaniku temperatury 0°C, tj. pojawienia się i zaniku przymrozków łagodnego oraz temperatury – 2,1°C – pojawienia się i zaniku przymrozków umiarkowanego (Schnelle 1968). Temperatura powietrza panująca

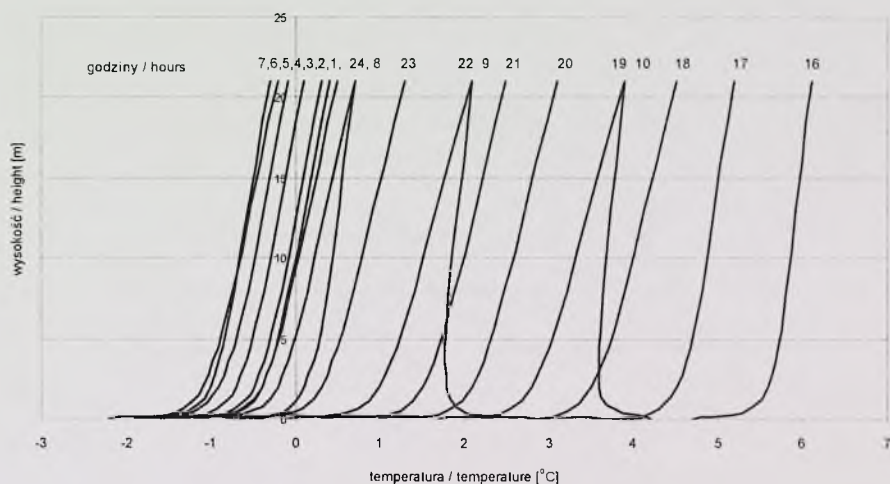
na poziomach pośrednich (0,5, 1,0, 10 m) określona została na podstawie interpolacji liniowej temperatury powietrza zarejestrowanej na poziomach pomiarowych. Przedstawiony rozkład temperatury w przygruntowej warstwie powietrza podany został oddzielnie dla nocy o silnej radiacji (średnie zachmurzenie ogólne z okresu nocy $N = 1/8$) i oddzielnie dla nocy o słabszej radiacji (średnie zachmurzenie ogólne z okresu nocy $N = 5/8$) z pojawiającymi się w tym okresie przymrozkami adwekcyjno-radiacyjnymi. Na podstawie terminów pojawiania się temperatury ujemnej na poszczególnych wysokościach określone zostały średnie prędkości zmiany pionowego zasięgu warstwy przymrozkowej. Uzyskane wyniki przedstawiono w postaci średnich wieloletnich wartości godzinnych z okresu nocy dla jesieni z lat 1994–1999.

Wyniki

Na rysunku 1 przedstawiono średnie profile temperatury w 21-metrowej przygruntowej warstwie powietrza przy pogodzie radiacyjnej. Widoczny jest tu silnie ochładzający wpływ podłoża w całym rozpatrywanym okresie nocy, tj. od godzin popołudniowych do porannych następnego dnia (16:00–8:00). Różnice temperatury między najniższymi poziomami pomiarowymi (0,05 m i 2 m) są w całym analizowanym okresie wyrównane i zawierają się w przedziale od $0,9^{\circ}\text{C}$ do $1,4^{\circ}\text{C}$. Wschód słońca (o godzinie 6:55) nie spowodował znaczących zmian w rozkładzie temperatury powietrza na analizowanych poziomach. Dopiero od godziny 9:00

widoczny jest ocieplający wpływ podłoża na przylegającą doń warstwę powietrza oraz pojawienie się dodatnich wartości temperatury w całej rozpatrywanej 21-metrowej warstwie powietrza. Temperatura na wysokości 0,05 m jest wyższa o $0,8^{\circ}\text{C}$ (o godzinie 9:00) i o $0,6^{\circ}\text{C}$ (o godzinie 10:00) od rejestrowanej w tym czasie na poziomie 2 m. Różnice temperatury powietrza między poziomami 2 m a 21 m są zbliżone do wartości różnic określonych dla poziomów 0,05 m i 2 m i zawierają się w przedziale od $0,5^{\circ}\text{C}$ do $1,3^{\circ}\text{C}$. W okresie rozpatrywanych nocy utrzymywała się inwersja temperatury w całej rozpatrywanej warstwie powietrza.

Analizowane przymrozki sięgały średnio do wysokości 30–35 m, czyli około 10–15 m powyżej najwyższego poziomu pomiarowego. Mała średnia wielkość zachmurzenia ogólnego z okresu nocy ($N = 1/8$) nie spowodowała wcześniejszego (w stosunku do nocy z przymrozkami adwekcyjno-radiacyjnymi) pojawienia się przymrozku (godz. 21:44). Tłumaczyć to należy wpływem temperatury wierzchnich warstw gleby, która w terminie pojawiania się jesiennych przymrozków radiacyjnych była średnio o $2,2^{\circ}\text{C}$ wyższa od analogicznej notowanej w noc z przymrozkami adwekcyjno-radiacyjnymi. Nasiloną georadiacja spowodowała jednak obniżenie temperatury powietrza do $-2,2^{\circ}\text{C}$, tj. pojawienie się przymrozku umiarkowanego. Prędkość wiatru (średnio z okresu nocy $V = 1,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) i związana z nią wymiana turbulencyjna powietrza nie była dostatecznie duża, by zwiększyć pionowy zasięg tego przymrozku, którego pojawienie się zanotowano jedynie na poziomie 0,05 m.



RYSUNEK 1. Średnie profile temperatury w 21-metrowej przygruntowej warstwie powietrza przy średnim zachmurzeniu ogólnym z okresu nocy $N = 1/8$

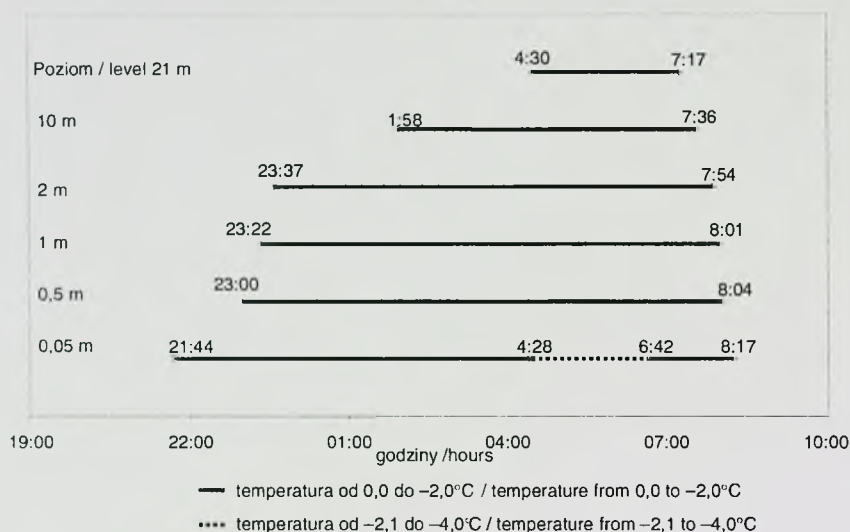
FIGURE 1. Average profiles of temperature in 21 meter height level in the air for mean cloudiness of night $N = 1/8$

Rysunek 2 przedstawia terminy pojawiania się i zaniku temperatury 0°C (przymrozek łagodny) oraz $-2,1^{\circ}\text{C}$ (przymrozek umiarkowany) na rozpatrywanych poziomach. Wyrażna inwersja temperatury powietrza, świadcząca o występowaniu stanu równowagi stałej, oraz brak sił zewnętrznych mogących zakłócić ten układ powodowały, że zimne powietrze (jako cięższe) utrzymywało się blisko podłoża, a ochłodzenie powoli postępowało do góry. Na wysokości 0,5 m przymrozek pojawił się o godzinie 23:00, na poziomie klatki meteorologicznej 37 minut później, a o godzinie 4:30 jego pojawienie zarejestrowano na poziomie 21 m. Wskutek ciągłej utraty ciepła przez podłoże powietrze zalegające przy powierzchni gruntu oziębiło się do temperatury $-2,2^{\circ}\text{C}$. Pojawienie się przy-

mrozu umiarkowanego zarejestrowano na najniższym poziomie pomiarowym o godzinie 4:28, utrzymywał się on na tym poziomie do godziny 6:42.

Brak dostatecznej wymiany turbulencyjnej powietrza związanej z małą prędkością wiatru oraz silna inwersja temperatury powodowały, że prędkość, z jaką przymrozek przemieszczał się ku górze, była niewielka i wynosiła $1,03 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ w dolnej, dwumetrowej warstwie powietrza (tab. 1) oraz $3,9 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ w warstwie ograniczonej poziomami 2 i 21 m. Średnio w całej badanej 21-metrowej warstwie powietrza prędkość ta wynosiła $3,1 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$.

Rysunek 3 przedstawia średnie zróżnicowanie termiczne profilów powietrza w badanej przygruntowej warstwie powietrza w okresie nocy ze średnim zachmurzeniem ogólnym $N = 5/8$.



RYSUNEK 2. Godziny pojawienia się i zaniku temperatury powietrza 0°C oraz -2,1°C na rozpatrywanych poziomach w noc przy średnim zachmurzeniu ogólnym $N = 1/8$
 FIGURE 2. Hours of appearance and disappearance the temperature 0°C and -2,1°C on considered levels in nights with mean cloudiness $N = 1/8$

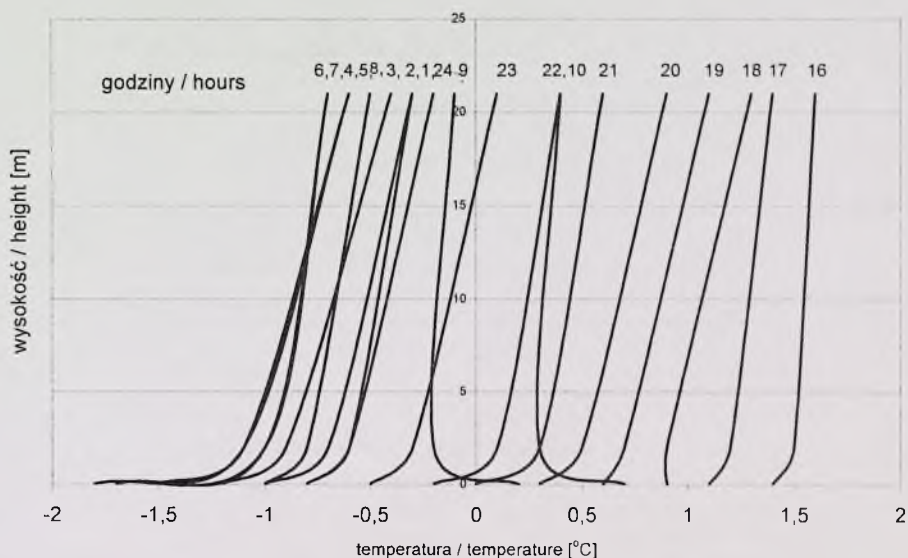
TABELA 1. Prędkość zmian pionowego zasięgu warstwy przymrozkowej w okresie analizowanych nocy jesiennych

TABLE 1. Rapidity of changes of frost layer vertical range in considered autumn nights

Zasięg pionowy [m] Vertical range	Prędkość zmiany pionowego zasięgu warstwy przymrozkowej [$m \cdot h^{-1}$] Rapidity of changes of frost layer [$m \cdot h^{-1}$]	
	Noce z przymrozkami radiacyjnymi Nights with radiation frost	Noce z przymrozkami adwekcyjno- radiacyjnymi Nights with advection radiation frost
0,05-2	1,0	1,5
2-21	3,9	15,8
Średnio/Mean 0,05-21	3,1	9,0

Podobnie jak na rysunku 1, widoczna jest tu inwersja temperatury w całej badanej warstwie powietrza. Jej intensywność ze względu na większą średnią wielkość zachmurzenia jest jednak mniejsza. Większa od obserwowanych w noc radiacyjne średnia wielkość zachmurzenia ogólnego ($N = 5/8$) powodowała, że różnice temperatury mię-

dzy rozpatrywanymi poziomami były niższe od występujących w jesienne noce z pogodą radiacyjną i zawierały się w przedziale od 0,1°C do 0,8°C w warstwie ograniczonej poziomami 0,05 i 2 m oraz od 0,2°C do 0,5°C w warstwie powietrza ograniczonej poziomami 2 i 21 m.



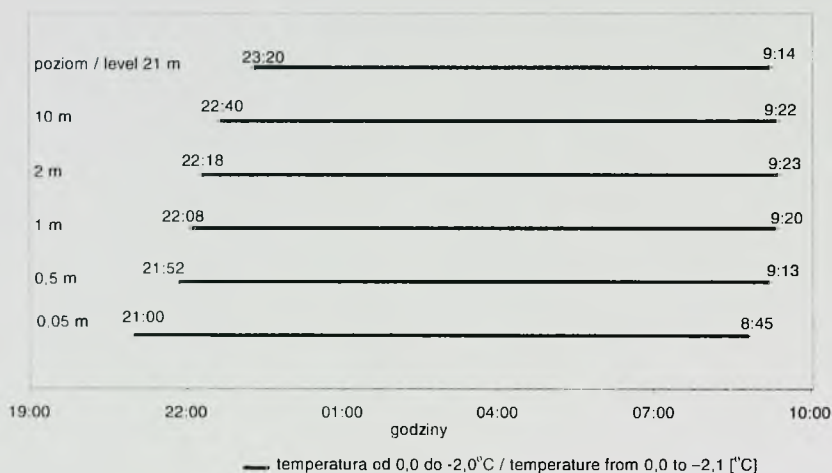
RYSUNEK 3. Średnie profile temperatury w 21-metrowej przygruntowej warstwie powietrza przy średnim zachmurzeniu ogólnym z okresu nocy $N = 5/8$

FIGURE 3. Average profiles of temperature in 21 meter height level in the air for mean cloudiness of night $N = 5/8$

Na rysunku 4 przedstawiono terminy pojawiania się i zaniku przymrozku na rozpatrywanych poziomach w czasie jesiennych nocy z przymrozkami adwekcyjno-radiacyjnymi. Na najniższym poziomie pomiarowym przymrozek łagodny pojawiał się o godzinie 21:00 i w zaledwie 2 godziny i 20 minut później sięgał już najwyższego poziomu pomiarowego, po czym go przewyższał. Większa wymiana turbulentacyjna powietrza związana z większą prędkością wiatru z okresu nocy ($V = 1,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) powodowała szybki i równomierny spadek temperatury w całej analizowanej warstwie powietrza. Znacznie większe niż w noc radiacyjne średnie zachmurzenie ogólne ograniczyło wypromienianie ciepła z powierzchni gruntu na tyle, że najmniejsza wartość temperatu-

ry na poziomie 0,05 m wynosiła $-1,8^\circ\text{C}$ i była o $0,4^\circ\text{C}$ wyższa od analogicznej temperatury w okresie nocy o silniejszej radiacji.

Prędkość, z jaką przymrozek w analizowanym okresie czasu przemieszczał się ku górze, była znacznie większa niż w okresie nocy z pogodą radiacyjną. W dolnej, dwumetrowej warstwie powietrza prędkość ta wynosiła $1,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$, tj. była o 50% większa od określonej dla wspomnianych nocy radiacyjnych. Jeszcze większą różnicę odnotowano w warstwie ograniczonej poziomami 2 m i 21 m, gdzie średnia prędkość zmiany miąższości warstwy przymrozkowej wynosiła $15,8 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$. Średnio w całej badanej 21-metrowej warstwie powietrza prędkość ta wynosiła $9,0 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ (tab. 1).



RYСУNEK 4. Godziny pojawienia się i zaniku temperatury powietrza 0°C oraz -2,1°C na rozpatrywanych poziomach w nocy przy średnim zachmurzeniu ogólnym $N = 5/8$

FIGURE 4. Hours of appearance and disappearance the temperature 0°C and -2,1°C on considered levels in nights with mean cloudiness $N = 5/8$

Wnioski

1. Jesienne przymrozki radiacyjne pojawiały się średnio o 45 minut później od przymrozków adwekcyjno-radiacyjnych. Należy to tłumaczyć wpływem temperatury wierzchnich warstw gleby, która w czasie pojawiania się jesiennych przymrozków radiacyjnych była średnio o 2,2°C wyższa od analogicznej notowanej w nocy z przymrozkami adwekcyjno-radiacyjnymi.
2. W jesienne nocy z pogodą radiacyjną, wskutek intensywnej utraty ciepła przez podłoże powodowane małym zachmurzeniem ogólnym w okresie całej nocy (średnio $N = 1/8$), powietrze zalegające na wysokości 0,05 m oziębiało się średnio do temperatury -2,2°C, tj. osiągało temperaturę o 0,4°C niższą niż
3. Próg temperatury powietrza, przy której przymrozek klasyfikowany jest jako umiarkowany ($t_{\min} \leq -2,1^{\circ}\text{C}$) przekraczany był tylko w nocy radiacyjnej, na najniższym poziomie pomiarowym, średnio o godzinie 4:28 i utrzymywał się przez 2 godziny i 15 minut.
4. Mniejsza wymiana turbulencyjna powietrza w okresie nocy radiacyjnych powodowała powolne przemieszczanie się warstwy przymrozkowej ku górze. Na wysokości 2 m przymrozek radiacyjny pojawiał się średnio 1 godzinę i 50 minut po terminie pojawienia się go na poziomie 0,05 m, a na najwyższym poziomie pomiarowym 6 godzin i 45 minut od tego terminu.
5. Średnie jesienne prędkości zmiany pionowego zasięgu warstwy przy-

mrozkowej w nocy z jesiennymi przymrozkami radiacyjnymi wynosiły $1,0 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ w dwumetrowej przyziemnej warstwie powietrza i $3,1 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ w całej badanej 21-metrowej warstwie powietrza.

6. W okresie jesiennych nocy z przymrozkami adwekcyjno-radiacyjnymi prędkości te głównie ze względu na silniejszą wymianę turbulentyjną powietrza były zdecydowanie większe i wynosiły średnio $1,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ w 2-metrowej warstwie przygrunтовой, a w całej 21-metrowej warstwie powietrza prędkość ta wynosiła $9,0 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$.

Literatura

- DUTKIEWICZ J. 1964: Obserwacje nad wpływem rzeźby terenu na przemarzanie roślin, a szczególnie gatunków sadowniczych w czasie przymrozków wiosennych oraz przymrozków zimowych. Pamiętnik Puławski, *Pr. IUNG*, 12: 2–12.
- GOLASZEWSKI D. 2001: Ocena pionowego zasięgu warstwy przymrozkowej w okresie wiosny na stacji Ursynów SGGW. *Przeg. Nauk. Wydż. liKŚ SGGW* 21: 141–148.

MITOSEK H. 1953: Przymrozki wiosenne 1951 roku w okolicy Puław i szkody przez nie wyrządzone. *Przegł. Meteorol. i Hydrol.* VI, 1–2: 61–69.

RADOMSKI C. 1987: Agrometeorologia. PWN, Warszawa.

SCHNELLE F. 1968: Ochrona roślin uprawnych przed mrozem. PWRiL, Warszawa.

Summary

Duration and vertical range of frost layer during autumn nights in Ursynów WAU. The paper presents vertical distribution of temperature in 21-meter height level of the air. Time of appearance and disappearance of frost, rapidity of changes and vertical range of frost level were stated. Results presented in the paper refer to frost caused strong radiation and for the nights with poor radiation and stronger wind velocity separately.

Author's address:

Dariusz Gołaszewski
Warsaw Agricultural University
Department of Hydraulic Engineering
and Environmental Recultivation
02-787 Warsaw, ul. Nowoursynowska 166
Poland

Maria JEZNACH

Katedra Organizacji i Ekonomiki Konsumpcji SGGW

Department of Organization and Economics of Consumption WAU

Technologia uprawy warzyw jako kryterium oceny jakościowej

Technology of vegetables growing as a criterion of quality estimation

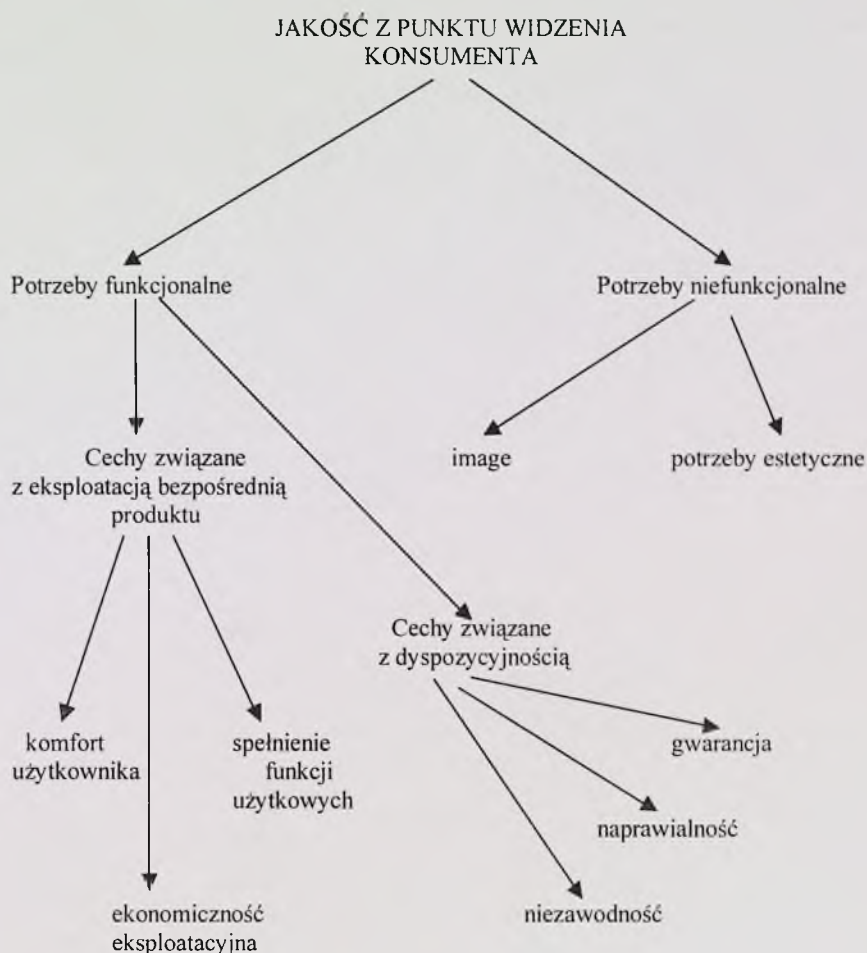
Wprowadzenie

Na pytanie, czym jest jakość – brak jest jednoznacznej odpowiedzi. Już Platon posługiwał się terminem jakości, uważając, że sądy oparte na kryteriach wymiennych (ilościowych) nie w pełni opisują zjawiska i rzeczy. Arystoteles włączył pojęcie jakości do podstawowych kategorii filozoficznych, obok takich jak: ilość, relacja, substancja, miejsce, czas, położenie, dyspozycja, czynność. Arystoteles przez jakość rozumiał to: „co sprawia, że rzecz jest rzeczą, którą jest”. Cyceon zaproponował, aby jakość (*qualitas*) wywodzić od przymiotnika: jaki, jaka, jakie (*qui, quae, quod*). W ten sposób jakość jest określona za pomocą różnych właściwości (cech) towaru lub usługi. Z czasem określono specyficzne wymagania dotyczące cech towarów, które powinny spełniać.

Pojęcie jakości

Pojmowanie jakości, jako zgodności z wymaganiami co do właściwości towaru, było bardzo wygodne z technologicznego punktu widzenia. Zapewniało bowiem stałą jakość użytkowanych surowców, co gwarantowało utrzymanie jakości w procesie produkcyjnym i produkcie ostatecznym.

Przy takim pojmowaniu jakości umykają oczekiwania nabywcy związane z zaspokojeniem jego potrzeb. Orientacja marketingowa przedsiębiorstw wymusza postrzeganie jakości przez konsumenta jako zespołu składającego się z właściwości oraz zdolności do zaspokajania potrzeb. Znalazło to potwierdzenie we współczesnej definicji, która brzmi: „jakość to ogół właściwości obiektu, wiążący się z jego zdolnością do zaspokojenia stwierdzonych i przewidywanych potrzeb” (PN-ISO 8402).



Źródło: W. Borucki, M. Urbaniak: Zdefiniować jakość. *Problemy Jakości* 2/1996.

RYSUNEK 1. Jakość z punktu widzenia konsumenta

FIGURE 1. The idea of quality from the consumers' point of view

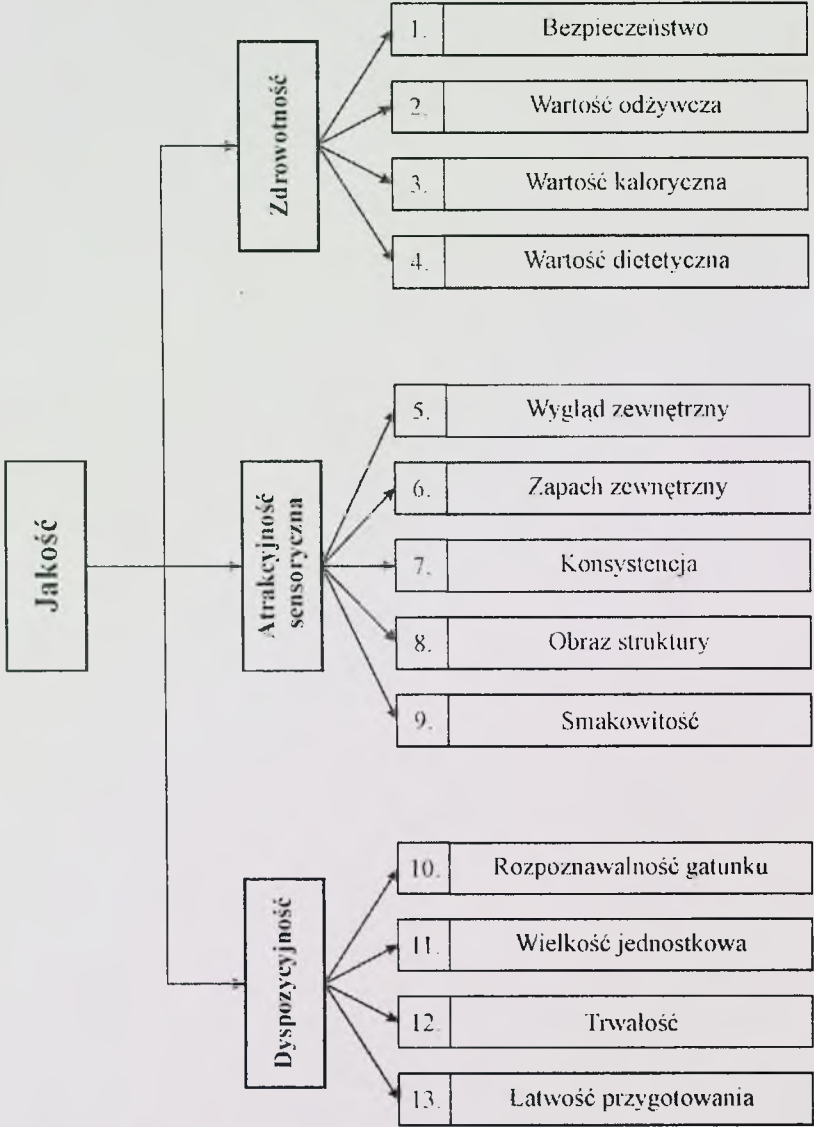
Tak brzmiąca definicja jakości wydaje się być definicją dynamiczną, ujmującą nie tylko obecnie istniejące potrzeby, lecz również przewidywane, przez które rozumieć można takie, które pojawiają się wraz z rozwojem społeczno-gospodarczym, oraz te, które mogą być kształtowane w sposób celowy.

Z punktu widzenia producenta istotne jest, jak jakość jest postrzegana

przez konsumenta (nabywcę). Odbiór jakości przez konsumenta jest zawsze subiektywny. Składa się on z oceny zaspokojenia przez produkt potrzeb funkcjonalnych (cechy związane z eksploatacją bezpośrednią produktu i cechy związane z dyspozycyjnością) oraz potrzeb funkcjonalnych (potrzeby estetyczne, image, marka, znak jakości) (rys. 1).

Produkty żywnościowe ze względu na specyfikę wymagają doprecyzowania definicji jakości, która zawierać powinna listę cech składających się na jakość. Za twórcę takiej definicji uważa należy Szczuckiego (1970). Uznał on,

że jakość artykułów spożywczych to stopień zdrowotności, atrakcyjności sensorycznej i dyspozycyjności w szerokim konsumenckim i społecznym zakresie znaczeniowym (rys. 2).



Źródło: Szczucki C. *Gospodarka mięsna* 1/1970.

RYSUNEK 2. Elementy składowe jakości
FIGURE 2. Quality factors

W definicji jakości produktów spożywczych podkreślono, w aspekcie zdrowotności, bezpieczeństwo produktu rozumiane jako brak jakichkolwiek zagrożeń natury mikrobiologicznej, pasożytniczej, chemicznej, mechanicznej czy radiacyjnej po spożyciu lub spożywaniu przez dłuższy czas. To ostatnie zastrzeżenie dotyczy zagrożenia czynnikami występującymi w niewielkich ilościach, jednak kumulującymi się w organizmie człowieka (np. pozostałości pestycydów), niektóre związki kancerogenne i inne.

Bezpieczeństwo żywności

W ostatnim czasie, coraz częściej wśród czynników wyboru żywności znaczącą rolę odgrywać zaczyna aspekt bezpieczeństwa. Jest to wynikiem wzrostu świadomości konsumentów, a liczne informacje na ten temat wpływają na zmianę ich postaw. Ma to miejsce szczególnie wtedy, gdy ujawnione zostają poważne zagrożenia zdrowotne powodowane przez żywność (np. chorooba BSE). Tego rodzaju informacje w radykalny sposób wpływają na zmianę postaw. Objawia się to zaniechaniem zakupów (np. mięsa wołowego).

Zagrożenie spowodowane zawartością azotanów i azotynów w żywności i wodzie jest szczególnie niebezpieczne dla dzieci i niemowląt. Dlatego matki małych dzieci są informowane o tym fakcie przez pediatrów i dietetyków. W wyniku wzrostu świadomości matki poszukują produktów bezpiecznych dla swych dzieci, a więc produktów specjalnie dla nich wyprodukowanych z pełną gwarancją jakości.

„Dobra praktyka produkcyjna” (Good Manufacturing Practice – GMP)

Przy postrzeganiu przez konsumentów dokonujących wyborów rynkowych aspektu zdrowotności, ze szczególnym akcentem na bezpieczeństwo żywności, należy w celu zaspokojenia tak określanych potrzeb wprowadzać systemy zapewnienia jakości. W nowoczesnej produkcji żywności, odpowiadającej na potrzeby konsumenta, powinno się w szerokim zakresie wykorzystywać doświadczenia „Dobrej praktyki produkcyjnej” (Good Manufacturing Practice – GMP). GMP uznać należy za podstawowy krok na drodze do stworzenia systemu zapewnienia jakości zdrowotnej żywności. Szczególnie istotne jest to wówczas, gdy do czynienia mamy z żywnością nie przetworzoną (spożywaną na surowo).

Przy produkcji żywności bezpośrednio spożywanej, jak na przykład warzyw, coraz większą uwagę poświęca się ich jakości, rozumianej jako bezpieczeństwo żywnościowe (Schuphan 1965, 1966, Nikonorow 1980, Dietetyka 1983, Barylko-Pikielna, Tyszkiewicz 1991, Zalewski S. 1992). Jednym z kryteriów oceny jakości warzyw jest zawartość w nich azotanów (Zalewski W. 1980, Stasiak i Wilska-Leszka 1983, Gałamon, Koziński 1987, Szponar i in. 1991).

Ocena technologii nawadniania i nawożenia jako zasady GMP

Wpływ technologii nawadniania i nawożenia na jakość sałaty, łączący atrakcyjność sensoryczną i bezpieczeństwo (minimalizacja zanieczyszczenia

związkami azotowymi), uznać można za nawiązanie do zasad GMP. Badania polowe sałaty kruchej przeprowadzone na poletkach doświadczalnych, różniących się systemem nawadniania (kroplowy, wgłębny i bez nawodnienia) i nawożenia (przez system nawadniający lub pogłównie), określono na podstawie oceny zasobności gleb. Badania prowadzono w 6 sezonach wegetacyjnych (3 wiosenne i 3 jesienne) (Jeznach i in. 1996, 1998, Jeznach 2000).

Metodyka badań obejmowała ocenę jakości rozumianą jako:

- atrakcyjność sensoryczna w tym głównie ocenę wyglądu,
- zdrowotność rozumianą jako bezpieczeństwo (zawartości azotanów i azotynów),
- dyspozycyjność, a więc wielkość jednostkową (waga główek sałaty).

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że zawartość azotanów w blokach nawadnianych i podających nawóz poprzez system zarówno w uprawach wiosennych, jak i jesiennych była mniejsza. Zdecydowanie na zwiększenie zawartości azotanów w sałacie wpłynęło podawanie nawozów pogłównie. W uprawach wiosennych dorównywało uprawom bez nawodnienia. Różnica była w uprawie sałaty jesiennej na niekorzyść bloku nie nawadnianego, w którym zawartość azotanów była największa.

Wyniki badań wskazują, że doskonalona w kolejnych latach badań technologia uprawy pozwoliła na wyprodukowanie sałaty o bardzo małej zawartości azotanów, a więc bezpiecznej dla konsumenta.

Zastosowaną technologię uprawy uznać można za koncepcję GMP dla

upraw rolnych, szczególnie warzyw, które mają bardzo krótki okres wegetacji, a jednocześnie stanowią źródło azotanów i azotynów, które w aspekcie coraz częstszego postrzegania bezpieczeństwa przez konsumenta nabierają i nadal (w miarę wzrostu edukacji żywieniowej) nabierać będą coraz większego znaczenia. Dlatego technologię uprawy warzyw dostosowaną do uzyskania surowców satysfakcjonujących współczesnego konsumenta, a obejmującą wieloaspektowe kryteria oceny jakości, uznać należy za właściwy kierunek rozwoju.

Wnioski

1. Technologię uprawy sałaty łączącą nawodnienie z nawożeniem poprzez system uznać można za stosowanie zasad GMP, gdyż w jej wyniku uzyskano sałatę atrakcyjną sensorycznie, o odpowiedniej wielkości i jednocześnie bezpieczną (o mniejszej zawartości azotanów i azotynów).
2. Nawożenie pogłowne i nawadnianie pozwala na uzyskanie sałaty bardzo dużej i dużej, ale o zdecydowanie większej zawartości azotanów i azotynów.
3. Brak nawodnienia i stosowanie nawożenia pogłównego pozwala na wyprodukowanie sałaty atrakcyjnej sensorycznie, lecz o największej zawartości azotanów i azotynów.
4. Przedstawioną technologię uprawy łączącą nawodnienie z nawożeniem uznać należy za element w tworzeniu systemu zarządzania jakością (GMP).

Literatura

- BARYŁKO-PIKIELNA N., TYSZKIEWICZ S. 1991: Chemiczne skażenia żywności. Stan i źródła. Ekspertyza. PAN, Warszawa.
- BORUCKI W., URBANIAK M. 1996: Zdefiniować jakość. *Problemy Jakości* 12.
- Dietetyka, 1983 (red.) J. Hasik. PZWL, Warszawa.
- GAŁAMON T., KOZIŃSKI T. 1987: Oznaczanie wybranych pestycydów, azotanów i azotynów, jonów amonowych, siarczanów i moczynika w wodach powierzchniowych i podziemnych oraz w niektórych produktach rolnych. Cz. IV. *Roczn. PZH*, XXXVIII, 6: 516.
- JEZNACH M. 2000: Wpływ technologii nawadniania i nawożenia w zarządzaniu jakością salaty. Kongres 2000 Polskiej Gospodarki Żywnościowej i Nauki o Żywieniu Człowieka. Sesje naukowe. Materiały. Streszczenia referatów, doniesień i posterów. 26–28.04.2000, Warszawa.
- JEZNACH M., JEZNACH J., PIERZGALSKI E. 1996: Wpływ technologii nawadniania nawożenia na jakość salaty. *Żywność, Technologia, Jakość. Kwartalnik Naukowy*. 1(6): 45–50.
- JEZNACH M., JEZNACH J., PIERZGALSKI E. 1998: The influence of fertigation technology on quality of lettuce. Materials of the I National Congress: „Food, Nutrition and Health”. National Food and Nutrition Institute, Warsaw, Poland.
- NIKONOROW M. 1980: Zanieczyszczenia chemiczne i biologiczne żywności. WNT, Warszawa.
- PN-ISO 8402. Zarządzanie jakością i zapewnienie jakości. Terminologia, 1996.
- SCHUPHAN W. 1965: Nutritional values in crops and plants. Problems for producers and consumers. Faber and Faber, London.
- SCHUPHAN W. 1966: Jakość produktów pochodzenia roślinnego. PWRiL, Warszawa.
- STASIAK A., WILSKA-LESZKA J. 1983: Azotyny i azotany w warzywach – toksyczność i występowanie. *Przem. Ferm. Owoc. - Warzyw*. 5: 17.
- SZCZUCKI C. 1970: *Gospodarka Mięсна* 1.
- SZPONAR L., MIELESZKO T., KIERZKOWSKA E. 1991: Azotany i azotyny w produktach spożywczych surowych oraz podanych obróbce wstępnej i termicznej. *Rocz. PZH* 32: 129.
- ZAŁĘSKI S. 1992: Optymalizacja jakości żywności. *Przem. Spoż.* 2: 32.
- ZAŁĘSKI W. 1980: Zagadnienie obecności znaczących ilości azotanów w warzywach. *Brom. Chem. Toksyk.* 13: 53.

Summary

Technology of vegetables growing as a criterion of quality estimation. The aspect of safety has become one of the leading factor that determine consumers' choice of food. This can be attributed to an increasing consumer awareness, formed and shaped by numerous sources that offer information on the subject.

That is why in food production (e.g. vegetables), more attention should be paid to quality understood in terms of safety and not only sensory attractiveness of food. Such conditions are fulfilled by Good Manufacturing Practice – GMP.

The applied lettuce cultivation technology, employing different irrigation systems of (sprinkling irrigation, subsurface irrigation, no irrigation) and fertilization (via irrigation systems or top dressing), assessed on the basis of soil evaluation can be termed GMP concept for soil cultivation. In the context of increasing consumer awareness vegetables that have a very short vegetation period and constitute a source of nitrates and nitrites have become particularly important. That is why quality-oriented technology of vegetables growing. Should be aimed at by vegetable producers.

Author's address:

Maria Jeznach
Warsaw Agricultural University
Department of Organization
and Economics of Consumption
ul. Nowoursynowska 159 C
02-787 Warszawa
E-mail: jeznachm@alpha.sggw.waw.pl

Bernard OLSZAK

Wodpol Sp. z o.o.
03-982 Warszawa, ul. Guderskiego 3/60
Wodpol Ltd. 03-982 Warsaw
3/60 Guderskiego Str.

Zastosowanie technologii ICEAS SBR na przykładzie oczyszczalni ścieków w Rogowie Waste water treatment plant in Rogów as example of ICEAS SBR technology

Wprowadzenie

Rozwiązania projektowe i wyniki eksploatacji oczyszczalni ścieków mających jako odbiornik system dokorzennej masy zielonej ekosystemu leśnego są stosunkowo rzadko opisywane i mało znane. Rozwiązania takie dają, w pewnych przypadkach, poza spełnieniem wymagań techniczno-formalnych korzyści finansowe zarówno inwestycyjne, jak i eksploatacyjne.

Celem opracowania jest przedstawienie technicznych rozwiązań i efektów ekologicznych na przykładzie oczyszczalni pracującej na osadzie czynnym w technologii ICEAS-Cyklob SBR, której odpływ odprowadzany jest przez drenaż do systemu korzennego masy zielonej.

Część teoretyczna

Projektując oczyszczanie ścieków komunalnych metodą osadu czynnego,

stosuje się aktualnie następujące rozwiązania:

- 1) układy z kaskadą w reaktorach przepływowych, w których w danym miejscu następuje ciągle ten sam rodzaj reakcji (dany element spełnia jedno lub kilka zadań w sposób ciągły),
- 2) systemy karuzelowe, w których ścieki są wprowadzane w ruch po obwodzie zamkniętym,
- 3) reaktory porcjowe (w tym typu SBR), w których dana komora spełnia kilka różnych funkcji w zależności od czasu (Łomotowski i Szpindor 1999).

Metoda pierwsza ma zastosowanie dla dowolnej wielkości oczyszczalni, z tym, że dla odpowiednio małych powoduje znaczny wzrost kosztów inwestycyjnych (duża ilość urządzeń i obiektów towarzyszących).

Metoda druga ma wiele zalet, ale trudna jest kontrola parametrów technologicznych.

Metoda trzecia ma zastosowanie do średnich i mniejszych obiektów (oczyszczalnie gminne, osiedlowe itp.), dając niższe koszty inwestycyjne (mniej urządzeń i obiektów, a większa pojemność retencyjna), łatwiejszą możliwość przesterowania procesu na inny i prostszą obsługę (Łomotowski i Szpindor 1999). Metoda ta daje możliwości oczyszczania większych dawek ścieków o dużej nierównomierności dopływu i stężenia bez większego wpływu na parametry ścieków na odpływie (Janczukiewicz i in. 1997).

Material i metodyka badań

Oczyszczalnia ścieków w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym SGGW w Rogowie oczyszcza ścieki pochodzące z bursy i innych obiektów SGGW oraz ze wsi Rogów. Zarówno ścieki ze wsi, jak i z obiektów SGGW są źródłem ścieków bytowo-gospodarczych. Wielkość dopływu ze wsi jest stosunkowo stała, natomiast z obiektów SGGW jest bardzo zmienna i zależna od tego, czy aktualnie są prowadzone zajęcia i ilu studentów przebywa w bursie.

W 1998 roku na terenie RZD wybudowano nową oczyszczalnię ścieków (rys. 1) w zautomatyzowanej technologii ICEAS-Cyklob SBR (dalej jako

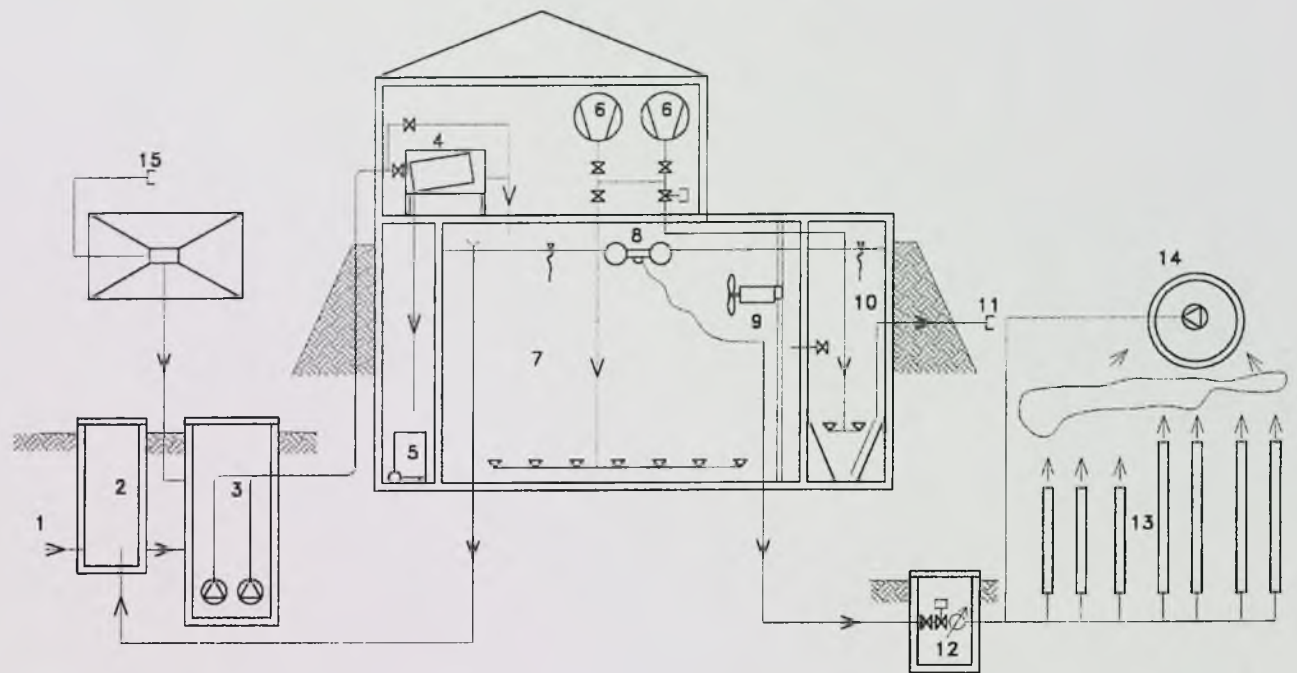
ICEAS). Zaprojektowano ją przy następujących założeniach:

- obciążenie – 390 RLM,
- dobowy przepływ maksymalny ($Q_{d\max}$) – 84 m³/d,
- dobowy przepływ obliczeniowy (Q_{dobl}) – 70 m³/d.

Dopływające do oczyszczalni ścieki wprowadzane są do pompowni ścieków surowych, będącej jednocześnie zbiornikiem buforowym. Obiekt wyposażony jest w dwie pompy zatapialne o wydajności 15 m³/h każda. Wysokość podnoszenia pomp zapewnia grawitacyjny przepływ przez wszystkie elementy oczyszczalni wraz z rozsączkowaniem. Ścieki z pompowni poddane są mechanicznemu oczyszczaniu na sicie obrotowym o prześwicie 6 mm, a następnie kierowane są do reaktora ICEAS. W założeniach technologicznych wzięto pod uwagę fakt, że oczyszczalnia ma jako odbiornik system dokorzenny lasu mogący przyjąć nieco więcej związków biogenych niż ciek.

Założone parametry osadu czynnego wynoszą:

- obciążenie osadu ładunkiem BZT₅; $A = 0,05 \text{ kg BZT}_5/\text{kg smo d}$,
- wiek osadu; $WO = 25 \text{ d}$ – stabilizacja tlenowa osadu,
- stężenie osadu w komorze; $X = 5 \text{ kg smo/m}^3$,
- przyrost osadu nadmiernego; $dX_j = 0,7 \text{ kg sm/kg BZT}_5 \text{us d}$.



RYSUNEK 1. Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w LZD w Rogowie: 1 – wlot ścieków surowych, 2 – studnia zbiorcza, 3 – pompownia główna, 4 – sito bębnowe, 5 – pojemnik na skratki, 6 – dmuchawa Rootsa, 7 – reaktor ICEAS-SBR, 8 – dekanter pływający, 9 – mieszadło zatapialne, 10 – zagęszczacz i magazyn osadu, 11 – punkt odbioru osadu nadmiernego zagęszczonego, 12 – komora pomiarowa, 13 – dreny i kanały, 14 – pompownia powrotna, 15 – punkt zlewny
 FIGURE 1. Technological scheme of WWTP in LZD Wau in Rogów: 1 – inlet, 2 – collection well, 3 – main pumping station, 4 – drum sieve, 5 – screen's tank, 6 – blower, 7 – reactor ICEAS-SBR, 8 – swimming decanter, 9 – submersible mixer, 10 – gravity thickener and sludge storage tank, 11 – exceed sludge removing coupling, 12 – measuring well, 13 – drainage in ground, 14 – back pumping station, 15 – waste water collection coupling

Oczyszczalnia pracuje w 12-godzinnym cyklu.

Reaktor stanowi zbiornik żelbetowy prefabrykowany o wymiarach $2,60 \times 10,35$ m i głębokości czynnej 3,8 m. Zblokowany z nim zbiornik osadu ma połączenie umożliwiające swobodną wymianę osadu czynnego w czasie trwania cyklu. Zbiornik osadu pełni funkcję zagęszczacza grawitacyjnego, zbiornika stabilizacji osadu i zbiornika magazynowego osadu. Dopływające do reaktora ścieki są napowietrzane przez ruszt z dyfuzorami membranowymi. Powietrze doprowadzane jest z dwóch dmuchaw wyporowych. Zbiornik osadu ma również ruszt do okresowego napowietrzania celem stabilizacji osadu. Dodatkowo pełni on rolę zbiornika podtrzymania osadu czynnego w momencie awarii i konieczności opróżnienia reaktora.

Oczyszczone w reaktorze ścieki są dekantowane do układu rozsączkowania. Układ ten składa się z kolektora głównego z pomiarem przepływu oraz czterech przewodów drenarskich posadowionych na głębokości około 0,5 do 1,0 m pod poziomem terenu. Dreny mają łączną długość około 150 m.b. i są zakończone płytkami rowami infiltracyjnymi. Cały układ został zlokalizowany na terenie o powierzchni około 8000 m^2 ze spadkiem. W dolnej części terenu znajduje się kanał zbierający ewentualny nadmiar ścieków oczyszczonych i pompownia powrotna.

Oczyszczalnia nie ma instalacji do chemicznego wspomaganie usuwania fosforu.

Podczas napełnienia reaktora napowietrzony osad czynny zmieszany ze świeżymi ściekami wpływa do zbiorni-

ka osadu. Przepływ ulega zatrzymaniu, powodując, że już w fazie napowietrzania kłaczkosy osadu sedymentują, a woda nadosadowa klaruje się. Ponadto zbiornik zapewnia samoczynne odprowadzenie osadu nadmiernego z reaktora.

Ustabilizowany i zagęszczony osad jest wywożony na oczyszczalnię ścieków w Brzezinach, mającą pełny ciąg osadowy.

Zbiorniki mokre wykonano w technologii żelbetowej. Wszystkie są przykryte stropami, co zapobiega wychładzaniu ścieków w zimie i zapobiega rozprzestrzenianiu się przykrych zapachów.

Ścieki surowe dopływają do reaktora przez cały czas trwania cyklu (poza ostatnimi 3 godzinami przed spustem), w miejscu przeciwnym do usytuowania dekantera. Kształt reaktora jest podłużny, a przepływ w nim jest zbliżony do tłokowego. Pozostałe fazy pracy (mieszanie/napowietrzanie, sedymentacja, opróżnianie) są typowe dla SBR-ów (Bever i in. 1997).

Oczyszczalnia pracuje według cyklogramu. Teoretycznie cykl rozpoczyna się włączeniem pompy (pomp) w pompowni po opróżnieniu reaktora przez dekanter. Pompa pracuje przez 9 godzin cyklu z przerwami zależnymi od dopływu do pompowni. Poziom w reaktorze jest mierzony sygnalizatorami poziom. W międzyczasie ścieki są poddawane wielokrotnemu napowietrzaniu i mieszaniu. Po tych naprzemiennych fazach następuje sedymentacja (z blokadą dopływu), a po niej dekantacja kończąca cykl. W trakcie trwania cyklu następuje dwukrotne napowietrzanie osadu nadmiernego (stabilizacja), trwające po 1 godzinie.

Instalacje zostały wykonane ze stali kwasoodpornej i tworzyw sztucznych odpornych na działanie ścieków, natomiast komory mokre – z żelbetu wysokiej klasy. Materiały te zapewniają długowieczność i bezobsługowość.

Dotychczasowe usterki podczas eksploatacji instalacji były drobne (wymiana szczotki sita i awaria napędu elektrycznego jednego zaworu) i jak dotąd żadne nie wpłynęły niekorzystnie na ciągłość pracy czy też parametry ścieków oczyszczonych.

Dekanter ma prostą i sprawdzoną konstrukcję.

Praca oczyszczalni przebiega automatycznie. Obsługa jest zobowiązana do codziennego sprawdzenia wydruku z drukarki stanów i alarmów.

Czynności wykonywane ręcznie to wywóz osadu i skratek oraz okresowa obsługa urządzeń mechanicznych.

Wyniki badań i dyskusja

Do oceny prawidłowości pracy oczyszczalni wykorzystano wyniki badań ścieków surowych i oczyszczonych wykonanych przez pracowników WIOŚ (Kłos i Sokołowska 1999–2001), zamieszczono w tabelach 1 i 2.

Wyniki badań laboratoryjnych oraz dane eksploatacyjne oczyszczalni wskazują, że istnieje realna możliwość odprowadzania ścieków oczyszczonych spełniających wymagania. Reaktor, pomimo iż technologicznie jest półprzepływowy, ma odpływ cykliczny charakterystyczny dla SBR-ów, co

w tym obiekcie powoduje konieczność wykonania większego drenazu. Większy drenaż jest pewniejszy eksploatacyjnie, ale w przypadku małych przepływów może stwarzać problemy (zamułanie). Wada ta została wyeliminowana przez okresowy, trwający krótko, zrzut z dużą wydajnością i prędkością przepływu powodujący samooczyszczenie drenów (cecha SBR-ów). Na etapie projektowania najtrudniejsze było zaprojektowanie wielkości tego układu, ze względu na skromną literaturę i niebezpieczeństwo zamarzania. Na końcu układu rozsączkowania zainstalowano małą pompownię powrotną odpływu z rowów infiltracyjnych. W trakcie trzyletniej eksploatacji pompa w pompowni nigdy nie była włączana i została zdemonstrowana (jest traktowana jako zapasowa do pompowni głównej – ten sam typ). Fakt ten najlepiej świadczy o poprawności pracy układu rozsączkowania.

Oczyszczalnia aktualnie oczyszcza zarówno ścieki świeże, dopływające kanalizacją grawitacyjno-ciśnieniową, jak i ścieki zagnię, gdyż do układu zostały włączone stare, duże zbiorniki fekalne, istniejące na terenie zakładu doświadczalnego. Zbiorniki te stanowią miejsce zagniewania ścieków i rozkładu łatwousuwalnego BZT₅, co może utrudniać pracę oczyszczalni. Parametry ścieków oczyszczonych świadczą o dobrych rezultatach oczyszczania ścieków o zmiennej ilości i składzie (Janczukiewicz i in. 1997).

TABELA 1. Średnie stężenia wskaźników ścieków na wylocie w okresie letnim i zimowym
TABLE 1. Waste water's parameters average concentration at outlet in summer and winter

Okres badawczy / Research period					
1999			2001		
Parametr Parameter	Jednostka Unit	Ścieki surowe Raw waste water	Ścieki oczyszczone Waste water in outlet	Ścieki surowe Raw waste water	Ścieki oczyszczone Waste water in outlet
BZT ₅ / BOD ₅	g O ₂ /m ³	205	5	390	3
ChZT/COD	g O ₂ /m ³	360	36	750	32
N _{calc} /Total N	g N/m ³	73	23	98	6
P _{calc} /Total P	g P/m ³	12	2,6	15	0,8
ZO / SS	g /m ³	120	18	200	16

TABELA 2. Wymagana jakość ścieków oczyszczonych (Rozp. MOŚZNiL z 05.11.91)
TABLE 2. Required quality of waste water at outlet

Parametr Parameter	Jednostka Unit	Wartość Quantity
BZT ₅ / BOD ₅	g O ₂ /m ³	30
ZO / SS	g /m ³	50
P _{calc} /Total P	g P/m ³	5
N _{calc} /Total N	g N/m ³	30
ChZT/COD	g O ₂ /m ³	150

Oczyszczalnia charakteryzuje się niskimi stężeniami azotu i fosforu ogólnego (niższymi niż obliczeniowe) na wylocie oraz bardzo dobrym usuwaniem związków węgla bez względu na wielkość dopływu.

Podsumowanie

Technologia ICEAS została opracowana przez zespół specjalistów z firmy Austgen Biojet z USA (Kharrarian i in. 1989). Założeniem jest umożliwienie dopływu ścieków surowych do komory SBR w trakcie kolejnych cykli jej pracy (nie wszystkich), co umożliwia wykonanie tylko jednej

komory. Jest to więc układ półprzepływowy.

Technologia Cyklob – SBR, opracowana przez zespół naukowców z Politechniki Krakowskiej (Banaś i in. 1996), jest rozwiniętą wersją konwencjonalnej technologii SBR (Sequencing-Batch-Reactor) o porcjowym częściowym napełnianiu i opróżnianiu reaktorów z zespolonymi zagęszczaczami osadu. Cechą szczególną reaktora Cyklob są zagęszczacze osadu, zblokowane z reaktorami, wykorzystujące dla zagęszczania osadu cykliczne zmiany napełnienia SBR ściekami.

Zaprojektowany w Rogowie układ technologiczny jest hybrydą powyższych technologii. Jednocześnie jest prosty technicznie, tani i niezawodny. Składa się na to:

- prostota układu odprowadzenia osadu oczyszczalni typu SBR-Cyklob,
- cykliczny odpływ ścieków oczyszczonych typowy dla SBR, tu gwarantujący prawidłową pracę drenażu,
- pojedyncza komora z praktycznie ciągłym dopływem (cecha oczyszczalni ICEAS),

- dobre rozwiązanie konstrukcji dekantera decydujące o niezawodności SBR-u (Łomotowski i Szpindor 1999).

Połączenie rozwiązań zapewnia bardzo dobre wyniki, o czym świadczą wyniki badań eksploatacyjnych prowadzonych na funkcjonującym obiekcie.

Dzięki pełnej automatyzacji obiekt funkcjonuje prawidłowo i nie wymaga ciągłego dozoru. Układ drenażowy został wykonany poprawnie i nie powoduje konieczności wykonywania dodatkowych czynności eksploatacyjnych. Zastosowane rozwiązania zapewniają spełnienie wymaganych parametrów ścieków oczyszczonych bez względu na porę roku i nierównomierność ilości dopływających ścieków. Oczyszczalnia przedstawia jedną z możliwości pogodzenia stosunkowo niskiego kosztu inwestycyjnego (jedna komora) z doskonałymi wynikami pracy.

Wnioski

1. W dotychczasowej pracy nie wystąpiły przekroczenia stężenia azotu ogólnego w odpływie. Zawartość azotu w ściekach surowych jest nieco większa niż w typowych ściekach bytowo-gospodarczych – osiąga 95 g N/m^3 .
2. W dotychczasowej 3-letniej pracy nie wystąpiła konieczność awaryjnego dozowania PIX (40% roztwór wodny $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ celem obniżenia stężenia fosforu ogólnego w odpływie. Zawartość fosforu w ściekach surowych jest typowa.
3. Stężenie BZT5 w odpływie pozostaje na niskim poziomie – około 5 g

O_2/m^3 , pomimo okresowego dopływu ścieków w ilości równej dopływowi maksymalnemu obliczeniowemu oraz występującemu okresowo wysokiemu stężeniu BZT5 w ściekach surowych, osiągającemu wartość $390 \text{ g O}_2/\text{m}^3$.

4. Pora roku i związane z nią zmiany temperatury zewnętrznej nie odgrywają większej roli. Nie występuje schłodzenie ścieków zagrażające procesom nitryfikacji. Układ drenażowy działa dobrze – w okresie zimowym nie występują kłopoty z zamarzaniem drenów. Po wyglądzie lasu porastającego obszar drenów nie widać żadnych oznak ujemnego wpływu układu na rośliny.

Literatura

- BANAŚ J., STYKA W., MUCHA Z. 1996: Koncepcja technologiczna typoszeregu oczyszczalni SBR – Cyklob zespolonych z zagęszczaczem osadu. Politechnika Krakowska, Kraków.
- BEVER J., STEIN A., TEICHMANN H. 1997: Zaawansowane metody oczyszczania ścieków. Projprzem-EKO, Bydgoszcz.
- CYWIŃSKI B., GDUŁA S., KEMPA E., KURBIEL J., PŁOSZAŃSKI H. 1972: Oczyszczanie ścieków miejskich. Arkady, Warszawa.
- Inwestycje komunalne w ochronie środowiska – Ochrona wód, 1995. Proeko, Warszawa.
- JANCZUKIEWICZ W., TRYBE K., SZEWCZYK M. 1997: Oczyszczanie ścieków – nowe trendy... Materiały z IX Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej. Politechnika Białostocka, Rajgród.
- KHARARJIAN H.A., CALLAWAY W.H., CARDINAL T., MEANY J. 1989: International Specialised Conference on Design and Operation of Small WWTP in Trondheim, Norway. Austgen Biojet Waste Water Systems Inc., California, USA.

LOMOTOWSKI J., SZPINDOR A. 1999: Nowoczesne metody oczyszczania ścieków. Arkady, Warszawa.

PN/C-04620/01, 02, 11, 13, PN/C-04632/02, 03, 04, PN-84/C-04578/04, 05, PN-74/C-04578/03, PN-73/C-04576/14, PN-73/C-04537/09, PN-72/C-04559/02.

Rozp. MOŚZNiL z 05.11.1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi. DzU z 16.XII. 91 roku.

Summary

Waste water treatment plant in Rogów as example of ICEAS SBR technology. Application of ICEAS-SBR Cyklob

technology gives good results in treating of municipal waste water also together drainage in ground as receiver. ICEAS bioreactor has lower efficiency however is's good enough when effluent from WWTP runs directly to the ground through drainage system. Sequenced outlet has this advantage that operation of drainage is easier. WWTP in LZD SSGW in Rogów has very good result of treat and fulfill all polish regulations.

Author's address:

Bernard Olszak
Wodpol Ltd.
ul. Guderskiego 3/60
03-982 Warszawa
Poland

Edward Zawada (1934–2001)



W dniu 13 listopada 2001 roku zmarł w Warszawie dr inż. Edward Zawada, długoletni pracownik Wydziału Melioracji Wodnych (obecnie Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska) SGGW, kierownik Zakładu Melioracji Rolnych i Leśnych, zasłużony i ceniony nauczyciel akademicki.

Dr inż. Edward Zawada urodził się 11 grudnia 1934 roku w Grębiszewie w byłym województwie siedleckim. Jeszcze przed ukończeniem studiów na Wydziale Melioracji Wodnych został zatrudniony w Katedrze Melioracji Rolnych i Leśnych jako asystent od 1 października 1956 roku, a następnie od 1 lutego 1960 roku jako starszy asystent. Po uzyskaniu doktoratu w 1965 roku od 1 lutego 1967 roku został ad-

iunktem, a od 30 września 1988 roku przeszedł na stanowisko starszego wykładowcy. W latach 1976–1979 pełnił funkcję kierownika Zakładu Melioracji Rolnych i Leśnych.

Dr inż. Edward Zawada był szczególnie zasłużony w działalności dydaktycznej. Aktywnie uczestniczył w opracowywaniu programów i materiałów dydaktycznych dla studiów dziennych, zaocznych, podyplomowych i doktoranckich. Prowadził wykłady i ćwiczenia z podstaw melioracji, melioracji rolnych, eksploatacji systemów melioracyjnych, stawów rybnych, melioracji w rejonach subtropikalnych. W ostatnich latach swej działalności szczególnie dużo uwagi poświęcił zagadnieniom eksploatacji urządzeń melioracyjnych, co zaowocowało wyda-

niem skryptu akademickiego. Prowadził szkolenia dla inżynierów z zakresu eksploatacji systemów melioracyjnych w Ośrodku Doskonalenia Kadr w Instytucie Melioracji i Użytków Zielonych, których współorganizatorem było Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Wodnych i Melioracyjnych. Z tego zakresu opracował i opublikował 3 tomy materiałów szkoleniowych.

Dr inż. Edward Zawada był promotorem 70 prac magisterskich. Na szczególne podkreślenie zasługuje ogromne zaangażowanie i przyjazny stosunek do dyplomantów. Wielokrotnie pełnił funkcję opiekuna roku, grup i praktyk studenckich.

Za swoją działalność odznaczony został Krzyżem Kawalerskim OOP, Złotym Krzyżem Zasługi, Nagrodą III stopnia Ministra Oświaty i Szkolnictwa Wyższego za osiągnięcia dydaktyczno-wychowawcze, Srebrną Odznaką SITWM, Odznaką „Zasłużonego Pracownika Rolnictwa” oraz Odznaką Honorową „Za Zasługi dla SGGW”.

W pracy naukowo-badawczej dr inż. Edward Zawada koncentrował się głównie na problemach związanych z ruchem wody w strefie nienasyconej i eksploatacji systemów melioracyj-

nych. Kierował tematyką badawczą w programie rządowym kierunku 06 PR-7. Z tego zakresu opublikowanych zostało 18 prac autorskich i współautorskich, 15 opracowań i sprawozdań naukowych oraz 10 ekspertyz i 9 projektów.

Dr inż. Edward Zawada w związku z pogorszeniem się stanu zdrowia przeszedł na wcześniejszą emeryturę w wieku 64 lat, w 1998 roku

Twoja wieloletnia ofiarna praca dydaktyczna, naukowa i organizacyjna była wysoko oceniana w Katedrze i na Wydziale. Przeżyliśmy z Tobą wiele lat w Katedrze. Łączyły nas więzi przyjacielskie, byłeś dobrym organizatorem i kolegą lubianym przez wszystkich. Cechowała Cię wszechstronność zainteresowań, posiadałeś wielki zasób wiadomości teoretycznych i praktycznych. Wielu kolegów korzystało z Twojej wiedzy, a Ty nigdy nie odmawiałeś im pomocy. Odszedłeś od nas tak niespodziewanie, do końca zmagając się dzielnie z chorobą.

Na zawsze pozostanie w naszej pamięci Twoja szlachetna postać.

Tomasz Brandyk

Ryszard PANFIL

Eurogreen – Polska
ul. Paderewskiego 35
51-612 Wrocław

Sportowe i rekreacyjne nawierzchnie trawiaste w Polsce – – stan i perspektywy

Wprowadzenie

Systematyczne badania i oględziny obiektów sportowych i rekreacyjnych wskazują, że jakość i ilość nawierzchni trawiastych w naszym kraju, w stosunku do ciągle wzrastających potrzeb, są niezadowalające. Porównując stan boisk sportowych, pól golfowych oraz terenów rekreacyjnych w Polsce ze stanem obserwowanym w krajach sąsiednich, o podobnych uwarunkowaniach klimatycznych i kulturowych (Niemcy, Czechy, Słowacja), należy stwierdzić, że liczba sportowych nawierzchni trawiastych w naszym kraju jest wielokrotnie mniejsza oraz jakość podłoża i trawnika znacznie gorsze. Także stosowane metody budowy i utrzymania trawników są często nieskuteczne, a nawet nieracjonalne. Zachwaszczona, twarda, często przeżółcona i błotnista, pozbawiona w wielu miejscach trawy nawierzchnia nie zachęca do uprawiania sportu czy też uczestnictwa w zajęciach rekreacyjnych. Nawierzchnia taka nie stanowi także atrakcyjnej wizytówki gminy, miasta, klubu sportowego czy też ośrodka sportu i rekreacji.

Wśród wielu czynników wpływających na tę niekorzystną sytuację wyróżnić możemy te, które zasadniczo determinują nie najlepszy stan w aspekcie ilościowym, oraz te które możemy analizować jako jakościowe.

Analiza stanu sportowo- -rekreacyjnych nawierzchni trawiastych w Polsce w aspekcie ilościowym

Stan aktualny i przyczyny tego stanu. Porównanie szacunkowych danych dotyczących liczby boisk sportowych i pól golfowych w Polsce i Niemczech (tab. 1) wskazuje, że w tworzeniu warunków dla rozwoju sportu i rekreacji w Polsce, w zakresie nawierzchni trawiastych, mamy duże zaległości.

Wśród podstawowych przyczyn niekorzystnej sytuacji ilościowej wyróżnić możemy wieloletnią politykę państwa w zakresie budowy obiektów sportowo-rekreacyjnych nie sprzyjającą

TABELA 1. Szacunkowe dane dotyczące liczby terenów rekreacyjnych i sportowych w Polsce i Niemczech (dane własne Eurogreen)

Wyszczególnienie	Polska	Niemcy
Boiska sportowe – ogółem	2500–5000*	ok. 30 000
Boiska sportowe – trawiaste	3000	20 000
Boiska sportowe – trawiaste, pielęgnowane	250	15 000
Pola golfowe	15–25	650

*Duża rozpiętość z uwagi na brak precyzyjnych kryteriów klasyfikacji sportowych i rekreacyjnych nawierzchni trawiastych.

tworzeniu obiektów otwartych oraz ograniczone zapotrzebowanie społeczne na korzystanie z rekreacyjnych i sportowych trawników.

Obiekty sportowo-rekreacyjne w Polsce były i są budowane głównie ze środków będących w dyspozycji instytucji państwowych, częściowo samorządowych. Urząd Kultury Fizycznej i Turystyki (obecnie Sportu) dysponuje finansami będącymi odpisami z tzw. gier liczbowych, które przeznacza bezpośrednio na budowę wytypowanych przez Urząd obiektów lub dofinansowuje przedsięwzięcia wojewódzkie, o których decydują samorządy wojewódzkie. W chwili obecnej, przygotowując plan pozyskiwania bazy rekreacyjno-sportowej, uwzględnia się głównie obiekty o zamkniętej kubaturze (hale sportowe, baseny). Uzasadniane jest to najczęściej tworzeniem nowych możliwości rekreacyjno-sportowych dla mieszkańców gmin, powiatów czy województw. Okazuje się jednak, że koszt wybudowania hali lub basenu, z uwzględnieniem kosztów związanych z jego eksploatacją, w stosunku do kosztów budowy obiektów otwartych wraz z zapleczem, systemem nawadniania i oświetleniem, jest wielokrotnie wyższy. Koszt wybudowania jednego

basenu porównywalny jest do kosztów wykonania kilkunastu boisk o trawiastej nawierzchni wraz z zapleczem sanitarno-szatniowym. Także koszt utrzymania rekreacyjno-sportowych terenów zielonych jest wielokrotnie niższy od kosztu utrzymania hali sportowej czy też basenu. Za budową sportowo-rekreacyjnych nawierzchni trawiastych przemawia również fakt, iż tereny o elastycznej nawierzchni zachęcają do uprawiania sportu, ich duża powierzchnia umożliwia jednocześnie ich wykorzystywanie przez dużo większą liczbę osób, a oświetlenie terenu umożliwia użytkowanie do późnych godzin wieczornych.

Zapotrzebowanie społecznie wyrażone liczbą trawników intensywnie eksploatowanych w sporcie i rekreacji wyznaczają różne uwarunkowania. W klubach sportowych działacze sportowi i trenerzy zbyt małą wagę przywiązują do tworzenia młodym sportowcom, zainteresowanym grami otwartymi (piłka nożna, hokej na trawie, rugby), warunków niezbędnych dla rozwijania ich zainteresowań. Brak powszechnego dostępu do boisk sportowych o równej, trawiastej nawierzchni jest podstawowym ograniczeniem możliwości skutecznego nauczania gier

otwartych. Nierówne, błotniste, twarde, pozbawione trawy boiska zniechęcają młodych zawodników do uprawiania gry, a wręcz uniemożliwiają skuteczne jej nauczanie. Twarde, nierówne podłoże sprzyja kontuzjom i mikrourazom.

W rekreacji i sporcie masowym o liczbie trawników decydują potrzeby szkół, rodzin i grup koleżeńskich w zakresie aktywnego spędzania czasu wolnego na terenach zielonych o estetycznym i funkcjonalnym stanie trawnika. Brak trawników rekreacyjnych o ładnej, elastycznej nawierzchni uniemożliwia popularyzowanie terenowych gier i zabaw. Gry te, ze względu na możliwości ich uprawiania na otwartej przestrzeni (świeże powietrze, kontakt z przyrodą, możliwość jednoczesnego organizowania spotkań towarzyskich, np. grillowania dla dużej liczby uczestników), mogą stanowić doskonałą formę spędzania czasu wolnego przez klasy, rodziny, grupy koleżeńskie czy społeczności lokalne (integrowanie pracowników firm czy też społeczności wiejskiej, osiedlowej itp.)

Perspektywy zwiększenia liczby trawiastych terenów rekreacyjnych i sportowych. Stosowane obecnie powszechnie w Europie Zachodniej i w coraz szerszym zakresie w Polsce technologie pozwalają na wykonanie nowych sportowych boisk trawiastych oraz renowację istniejących, często kompletnie zniszczonych, w krótkim czasie, bez konieczności wykonywania kosztownych tzw. prac ziemnych. Koszty wymiany podłoża i wykonania systemu drenażowego są tak duże, że ze względu na ograniczone budżety klubów sportowych i Ośrodków Sportu i Rekreacji niemożliwe jest podjęcie

prac związanych z wykonaniem nowego boiska lub renowacją zniszczonego. Zastosowanie technologii, która eliminuje konieczność wykonania kosztownych prac ziemnych powoduje, iż koszt wykonania boiska staje się przystępny dla przeciętnego ośrodka w kraju (boiska na terenie OSiR-ów, boiska przyklubowe czy też boiska przyszkolne). Z drugiej strony, większość zniszczonych płyt i nowych powierzchni przeznaczonych pod boiska nie wymaga wykonania kosztownych prac głębokich, jedynie zastosowania technologii powierzchniowej (do 25 cm).

Zwiększenie liczby trawników sportowych i rekreacyjnych możemy realizować między innymi poprzez różne działania promocyjno-edukacyjne:

- wykazywanie społecznych i ekonomicznych zalet budowy trawników sportowo-rekreacyjnych,
- wykazywanie możliwości poprawy wyników sportowych uzyskiwanych w grach otwartych, np. w piłce nożnej przez polskie zespoły reprezentacyjne i klubowe na arenie międzynarodowej, przez szerokie udostępnianie młodym sportowcom zainteresowanym grami dużej liczby boisk trawiastych w dobrym stanie,
- wykazywanie zdrowotnych, rodzinnych, integracyjnych aspektów rekreacji ruchowej uprawianej na dużych trawnikach o dobrym funkcjonalnym i wizualnym stanie,
- wykazywanie możliwości promowania miasta czy regionu poprzez obiekty sportowe o dobrym wizualnym i funkcjonalnym stanie.

Zielone tereny rekreacyjno-sportowe są doskonałą wizytówką miasta czy gmi-

ny. Praktyka pokazuje, że na równym elastycznym trawniku chętnie uczestniczą w zajęciach rekreacyjno-sportowych zarówno dzieci, jak i dorośli. W naszych warunkach klimatycznych dobrze przygotowane tereny rekreacyjno-sportowe o trawiastej nawierzchni mogą być użytkowane od wczesnej wiosny (luty/marzec) do późnej jesieni (listopad/grudzień).

Analiza stanu sportowo-rekreacyjnych nawierzchni trawiastych w Polsce w aspekcie jakościowym

Stan aktualny i przyczyny tego stanu. Analiza jakości trawników sportowo-rekreacyjnych w Polsce przeprowadzona została na podstawie ekspertyz specjalistów z Eurogreen. Systematyczne oględziny i badania 125 boisk sportowych użytkowanych przez zespoły I- i II-ligowe, a także zespoły niższych klas rozgrywkowych w piłce nożnej pozwoliły na ocenę stanu aktualnego, a także na poszukiwanie przyczyn i sformułowanie wniosków, które mogą doprowadzić do zmiany niekorzystnej sytuacji.

W celu zilustrowania obecnej sytuacji przyjęto kryteria, które pozwoliły zakwalifikować poszczególne boiska do poszczególnych grup. Kryterium kwalifikacyjne stanowił stan wizualny i funkcjonalny boisk trawiastych:

1. Zły stan wizualny nawierzchni odznaczał się brakiem lub niewielkim zadarnieniem, niewłaściwym składem porostu (nieodpowiednie gatunki traw oraz chwasty), zróżnicowanym, nierównomiernym kolorem (od brązowego poprzez odcienie żółci do zieleni).
2. Zły stan funkcjonalny nawierzchni odznaczał się zbitym, zagęszczonym podłożem, niską elastycznością, nierównościami rozkładającymi się na stosunkowo dużych fragmentach boiska, osłabionym systemem korzeniowym traw oraz stopniowym wypieraniem traw przez rośliny niepożądane.
3. Dobry stan wizualny nawierzchni wyznaczał estetyczny wygląd trawnika o równej, zielonej nawierzchni przez cały okres wegetacji, równomierne odcienie zieleni.
4. Dobry stan funkcjonalny nawierzchni wyznaczał gęsty, równy, elastyczny trawnik i podłoże.

Na podstawie stanu wizualnego i funkcjonalnego boisk trawiastych wyróżniono trzy podstawowe grupy oraz wymieniono propozycje wykonania zabiegów mogących wpłynąć na poprawę ich stanu (tab. 2).

Wśród dwóch pierwszych grup boisk zdecydowaną większość stanowiły boiska reprezentacyjne eksploatowane 4–8 godzin w tygodniu. Trzecią grupę stanowiły boiska skrajnie intensywnie eksploatowane, tj. do 36 godzin w tygodniu.

Uzyskane dane wskazują, że większość boisk piłkarskich w Polsce ma zbitą, twardą i nie wyrównaną nawierzchnię. Na boisku tworzą się zastoiny, nie odchodzi woda, przyczyną szuka się w braku drenażu lub jego uszkodzeniu, a rzeczywistą przyczyną jest zagęszczona warstwa ziemi. W zbitym, zagęszczonym podłożu do strefy korzeniowej nie dociera woda i powietrze, a co za tym idzie,

TABELA 2. Stan boisk sportowych w Polsce z uwzględnieniem niezbędnego zakresu zabiegów regeneracyjnych (dane własne Eurogreen)

Grupa	Stan boiska	Liczba (%)	Rodzaj zalecanych zabiegów regeneracyjnych
I	• dobry wizualny • dobry funkcjonalny	11	• zmiana nawodnienia, • zmiana nawożenia
II	• dobry wizualny • zły funkcjonalny	33	• zmiana nawodnienia, • zmiana nawożenia, • regeneracja mechaniczna
III	• zły wizualny • zły funkcjonalny	56	• budowa nawodnienia, • wprowadzenie nawożenia, • regeneracja lub renowacja kompleksowa

rozwój traw jest utrudniony. Korzenie nie mają możliwości penetracji w głąb i rozwijają się w przypowierzchniowej warstwie podłoża. Narażone są zatem na szczególnie łatwe wrywanie i niszczenie. Prowadzi to do osłabienia darni lub wręcz jej zaniku. W runi pojawiają się spontanicznie rośliny niepożądane. Najczęściej występującymi na boiskach gatunkami są: perz właściwy, krwawnik pospolity, stokrotka pospolita, rdest ptasi, mniszek pospolity oraz jaskier, babka, koniczyna.

Zły i ciągle pogarszający się stan boisk piłkarskich w kraju uniemożliwia prawidłową realizację zadań sportowych. Utrudnia widowiskową grę oraz stanowi zagrożenie dla zdrowia zawodników i szkoleniowców. Twarde, nierówne podłoże prowadzi do szybkiego przeciążenia zawodników i szybszego pojawienia się u nich uczucia zmęczenia, niedokładności w rozgrywaniu piłki oraz częstych kontuzji. Utrzymujące się kałuże wody (najczęściej na polach karnych i bramkowych) utrudniają prowadzenie treningów i widowiskową grę. Zaniedbane boisko nie jest także najlepszą promocją sportu w ogóle, a rozgrywane na nim zawody są wątpliwym przeżyciem estetycznym.

Wśród przyczyn niezadowolającej jakości boisk sportowych w Polsce wyróżnić możemy kilka o znaczeniu zasadniczym:

1. Brak zobiektywizowanych doświadczeń dotyczących systemowego (kompleksowego) utrzymania trawników intensywnie eksploatowanych. W większości przypadków utrzymaniem boisk sportowych zajmują się osoby tzw. gospodarze, nie posiadające formalnych kwalifikacji w tym zakresie; przenosząc często nieadekwatne doświadczenia z melioracji i uprawy łąk lub ogródków, pogłębiają swoim działaniem niezadowolającą jakość boisk.
2. Stosowanie zbyt ciężkich wałów i zbyt rzadkie podlewanie, prowadzące do zagęszczenia i zbitcia 20–30 cm wierzchniej warstwy boiska. Wały są sprzętem przeznaczonym do utwardzenia podłoża i stosowanie ich na boiskach sportowych wywołuje przeciwne do zamierzonych skutki. W warunkach niejednorodnego podłoża zamiast wyrównania boiska pogłębiają się nierówności. Zamiast poprawy elastyczności następuje utwardzenie podłoża, wskutek czego następuje

osłabienie murawy i podatność na zachwaszczenie i choroby.

3. Wykorzystywanie do nawożenia nawozów rolniczych, w tym głównie tzw. uniwersalnych. Rolniczo-ogrodnicze przeznaczenie tych nawozów powoduje, że stosowanie ich na boiskach sportowych wywołuje niekorzystne efekty, tj. szybki, skokowy wzrost trawy, a po 2–3 tygodniach spowolnienie wzrostu i stopniowe żółknięcie. Skokowy wzrost trawy utrudnia właściwe koszenie. Koszenie poniżej połowy, np. z 8–10 cm do 2–3 cm, powoduje całkowite skoszenie liści i pozostawienie przeżółconego ścierniska. Brak lub nieodpowiednie proporcje składników (fosfor, wapń, magnez, mikroelementy) w nawozie powoduje słabe rozkrzewienie się trawnika, obniża zdolności regeneracyjne, zmniejsza odporność na choroby i intensywną eksploatację,
4. Ograniczony dostęp do najnowszych technologii umożliwiających szybką i skuteczną regenerację lub pielęgnację boisk sportowych, w tym brak specjalistycznego sprzętu i maszyn, ograniczony dostęp do mieszanek traw i specjalistycznych nawozów.
5. Nieprzestrzeganie jakichkolwiek norm jakościowych dotyczących zakładania i utrzymania trawników sportowo-rekreacyjnych.
6. Przekazywanie przez właścicieli boisk sportowych (głównie gminy) lub użytkowników (kluby sportowe lub OSiR-y) zbyt małych środków na utrzymanie boisk. Uzyskane środki publiczne przeznaczone są najczęściej na bieżącą działalność

klubu lub OSiR-ów. Na utrzymanie boiska pozostaje już niewiele pieniędzy.

Perspektywy zmian

Poprawę jakości trawiastych nawierzchni sportowych i rekreacyjnych w Polsce możemy realizować poprzez następujące działania:

1. Działalność zmierzającą do wypracowania norm stosowanych przy zakładaniu i użytkowaniu trawiastych boisk sportowych oraz promowanie konieczności ich przestrzegania. Za podjęciem działań zmierzających w tym kierunku przemawiają różne względy społeczne, w tym :
 - zdrowotne, aby nawierzchnia nie powodowała szybkiego przeciążenia zawodników, pojawiania się uczucia zmęczenia oraz mikrourazów i kontuzji,
 - widowiskowe, aby zachęcały sympatyków do oglądania widowiska sportowego, były czynnikiem integrującym środowisko lokalne oraz atrakcyjną wizytówką miasta, gminy czy klubu,
 - sportowe, aby możliwa była realizacja zadań treningowych i przygotowanie zawodników do reprezentowania wysokiego poziomu sportowego.
2. Utworzenie wielopoziomowego systemu kształcenia kadr specjalizujących się w budowie i utrzymaniu terenów zielonych intensywnie eksploatowanych. Przykładem mogą być doświadczenia niemieckie, gdzie kształcenie „greenkeeperów” jest

zorganizowane w następujący sposób:

- 3-letni kurs dla osób mających przygotowanie ogrodnicze lub pokrewne, obejmujący zajęcia teoretyczne, tygodniowe zajęcia kierowane na polach golfowych, roczną współpracę z polem golfowym,
- 6-letni kurs dla osób bez przygotowania przyrodniczego, obejmujący

trzy poziomy zaawansowania A, B, C, możliwość uzyskania pokrewnych kwalifikacji, np. utrzymanie drzew i krzewów, utrzymanie dróg itp.,

- 2-letni kurs mistrza utrzymania trawników.
3. Promocja nowoczesnych technologii, umożliwiających szybkie i skuteczne regenerowanie i utrzymanie boisk sportowych.

Tadeusz PRZYDATEK

Stacja Hodowli Roślin Nieznanice
42-270 Kłomnice

IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt. „Zadarnianie terenów rekreacyjnych i sportowych w świetle badań i praktyki”

W dniach 20–21 czerwca 2001 roku na Stadionie Śląskim w Chorzowie odbyła się w IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt. „Zadarnianie terenów rekreacyjnych i sportowych w świetle badań i praktyki”. Konferencja została zorganizowana przez Małopolską Hodowlę Roślin – HBP Sp. z o.o., Stację Hodowli Roślin Nieznanice, Wojewódzki Ośrodek Sportu i Rekreacji „Stadion Śląski” oraz Agencję Własności Rolnej Skarbu Państwa Oddział Terenowy w Warszawie.

Zagadnienie zadarniania terenów rekreacyjnych i sportowych jest określeniem bardzo obszernym, bowiem wynika z dużego zróżnicowania wymagań stawianych nawierzchniom trawiastym. W grupie tej mamy do czynienia z ekstensywnie użytkowanymi trawnikami parkowymi, jak również z intensywnie eksploatowanymi trawnikami na różnego typu obiektach sportowych. Kierunek użytkowania wymaga odpowiedniego doboru gatunków i odmian traw do mieszanek oraz stosowania właściwych zabiegów pielęgnacyjnych.

Generalnie stan nawierzchni trawiastych w Polsce jest niezadowolający. Czę-

stą przyczyną tego jest brak odpowiedniej wiedzy oraz błędy popełniane przy zakładaniu i pielęgnacji tych nawierzchni.

W trakcie Konferencji wygłoszono 31 referatów. Autorzy w swoich wystąpieniach przedstawili bardzo zróżnicowaną tematykę dotyczącą tych zagadnień. Omówiono przyczyny złego stanu trawiastych boisk sportowych, sposoby renowacji nawierzchni trawiastych, stosowanie herbicydów oraz ocenę gatunków i odmian traw gazonowych w różnych warunkach użytkowania, a także przyrodnicze i techniczne problemy odwadniania i nawadniania terenów rekreacyjnych i sportowych.

Stacja Hodowli Roślin Nieznanice jest właścicielem 20 odmian w 8 gatunkach traw gazonowych i producentem mieszanek traw na wszelkiego rodzaju tereny zadarnione. Mieszkanki traw produkowane są na bazie własnych odmian, najlepiej przystosowanych do polskich warunków klimatycznych. Połączenie doświadczeń producenta odmian traw i ich mieszanek z doświadczeniami użytkownika, jakim jest „Stadion Śląski” jest przykładem właściwego kierunku współpracy.

Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. „Gabiony w kształtowaniu i ochronie środowiska naturalnego”

W dniu 22 maja 2001 roku na Wydziale Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW w Warszawie odbyła się Międzynarodowa Konferencja Naukowa na temat „Gabiony w kształtowaniu i ochronie środowiska naturalnego”. Konferencja została zorganizowana przez Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW przy współpracy MACCAFERRI (Włochy), Polibetonu Sp. z o.o. oraz Hydroprojektu Warszawa Sp. z o.o.

Celem Konferencji było zapoznanie pracowników naukowych, studentów, służb administracji wodnej, inwestorów, projektantów i wykonawców z zakresu technicznego i przyrodniczego kształtowania środowiska z możliwością wykorzystania konstrukcji gabionowych w działaniach inżynierskich. Wprowadzanie w życie zasady zrównoważonego rozwoju wymaga takich działań w środowisku, które zapewnią jego ochronę i racjonalne kształtowanie. Szczególnie trudnym przedsięwzięciem w tym zakresie są działania prowadzone w środowisku narażonym na erozję wodną i wietrzą.

Nowe rozwiązania technologiczne w budownictwie wodnym i komunikacyjnym włoskich konstruktorów, jakimi są prostopadłościenne kosze wykonane z podwójnie zaplatanej siatki drucianej ocynkowanej bądź ocynkowanej i dodatkowo pokrytej PCW zwane „gabionami”, spełniają wymagania ochrony i racjonalnego kształtowania środowiska, przez co wzbudzają coraz większe zainteresowanie zarówno polskich, jak i zagranicznych inżynierów. Wyrazem tego są m.in. podejmowane w kraju inwestycje prezentowane na konferencji.

Tematyka wygłaszanych referatów obejmowała w szczególności:

- teoretyczne podstawy przepływu filtracyjnego przez ośrodek porowaty,
- metody obliczeń hydraulicznych przepływu wody w korpusie piętrzących budowli filtracyjnych,
- właściwości i parametry techniczno-projektowe konstrukcji gabionowych,
- zasady wymiarowania i podstawy projektowania tych konstrukcji,
- zasady stosowania gabionów w budownictwie hydrotechnicznym,

regulacji rzek, geotechnice, melioracjach wodnych, ochronie przed powodzią oraz w ochronie brzegu morskiego,

- planowane i zrealizowane w Polsce inwestycje z użyciem gabionów,
- aspekty ekologiczne zastosowania gabionów, dobór okrywy roślinnej integrujący i komponujący obiekty budowlane w krajobrazie,
- możliwość oczyszczania wód przez kaskadyzację i napowietrzanie,
- rekultywacja i sanitacja podłoża,
- wpływ konstrukcji gabionów na środowisko naturalne.

W konferencji uczestniczyło 105 osób z wyższych uczelni, instytutów naukowo-badawczych, służb administracji wodnej, inwestorzy i projektanci. Wygłoszono 8 referatów, które zostały opublikowane w materiałach konferencyjnych.

Referat wprowadzający wygłoszony został przez przedstawiciela firmy Maccaferri dott. Massimo Comedini (Włochy). Wystąpienie dotyczyło historii, właściwości i parametrów technicznych gabionów oraz ich wykorzystania w regulacji rzek.

Następnie pracownicy Wydziału Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW przedstawili: 1) charakterystykę przepływu wody w ośrodku porowatym oraz obliczenia dotyczące oznaczenia współczynników filtracji turbulentnej (dr inż. Sławomir Bajkowski), 2) analizę zjawisk hydraulicznych i towarzyszących ubezpieczeniu koryt cieków w warunkach klimatycznych Polski oraz możliwości zastosowania konstrukcji gabionowych w krajowym budownictwie wodnym (prof. dr hab. Szczepan Ludwik Dąbkowski). Dr inż.

Piotr Król z Katedry Geotechniki SGGW zaprezentował wyniki dotyczące wykorzystania materacy Reno do ubezpieczeń skarpy odwodnionej budowli ziemnych okresowo piętrzących wodę na dwóch obiektach (wał przeciwpowodziowy Stabłowice, zaporą suchego zbiornika przeciwpowodziowego Mirsk).

Inwestycje z wykorzystaniem konstrukcji gabionowych, zrealizowane w Polsce, przedstawili również dr Tomasz Najder – przedstawiciel przedsiębiorstwa Stabilator Sp. z o.o., oraz mgr inż. Ryszard Lewandowski i mgr inż. Adam Dymkowski z Hydroprojektu Warszawa Sp. z o.o. Omówili oni podjęte i zrealizowane w Polsce inwestycje, jak:

- 1) obiekty zrealizowane z gabionów do ochrony brzegu morskiego – wykonawca Stabilator):
 - opaska brzegowa w rejonie OW „Bryza” w Juracie na Półwyspie Helskim (1993),
 - opaska brzegowa w okolicy Chałup na Półwyspie Helskim (1993),
 - opaski brzegowe w Jastarni i Kuźnicy (1995),
 - opaska brzegowa i zabudowa klifu w Jastrzębiej Górze (1994–2000).
- 2) skarpa przy elektrowni szczytowo-pompowej w Dychowie (1998) – wykonawca Hydroprojekt Warszawa,
- 3) zabezpieczenie i remont Kopca Kościuszki w Krakowie (1998–2000).

Ostatni prezentowany na Konferencji referat wygłosiła dr Kinga Pachuta z Katedry Kształtowania Środowiska

SGGW. Tematem wystąpienia były konstrukcje gabionowe jako składnik krajobrazu oraz siedliska roślin i zwierząt. Szczegółowo omówiła możliwość zastosowania poszczególnych gatunków drzew i krzewów, bylin oraz traw w gabionowo-roślinnych konstrukcjach z uwzględnieniem warunków siedliskowych i pełnionej funkcji inżynierskiej i ekologicznej.

W podsumowaniu Konferencji zwrócono uwagę na bardzo duże zainteresowanie nowymi rozwiązaniami

technicznymi, o czym świadczył bogaty materiał przedstawiony przez referentów oraz bardzo liczną rzeszę uczestników z poszczególnych jednostek naukowych, ośrodków projektowo-wykonawczych oraz studentów.

Zwrócono uwagę na konieczność kontynuowania tego rodzaju spotkań i możliwość wymiany poglądów dotyczących nowych osiągnięć technicznych w ochronie i kształtowaniu środowiska naturalnego.

Albert HOFFMANN

Izba Inżynierska Hessji
Vogelsbergstr. 20
D-35043 Marburg
Niemcy

Zaopatrzenie w wodę hanzeatyckiego miasta Gdańsk

Gdańsk w dawnych czasach

Hanzeatycki Gdańsk należał w dawnych czasach do wiodących centrów przemysłowo-handlowych Europy. W XIV stuleciu zaliczany był razem z Kolonią i Lubeką do trzech największych miast środkowej Europy. Przeżywał wówczas gwałtowny wzrost gospodarczy, trwający także przez XV i XVI wiek. W szybkim tempie rosła liczba ludności, przekraczając na początku XVII wieku 50 000 mieszkańców. Duży wpływ na tempo rozwoju miasta miało jego położenie – na ważnym szlaku drogowym północno-wschodniej Europy, sprzyjające zarówno lokalizowaniu licznych zakładów rzemieślniczych i domów handlowych, jak i osiedlaniu się przybyszów, chłonnych gospodarczych i technicznych nowości.

Do późnych lat XVII wieku Gdańsk był znaczącym centrum wysoko rozwiniętego rzemiosła, głównie dzięki doświadczeniu niderlandzkich specjalistów z budownictwa wodnego i maszynowego. W drugiej połowie XVI wieku wpływ Holendrów był tak duży, że sam udział gdańskich rzemieślników zmalał

do mniej niż 10%. Odznaczający się pomysłowością napływający specjaliści przyczynili się do tego, że Gdańsk już w XV i XVI wieku miał wiele unikalnych urządzeń i rozwiązań technicznych. Należały do nich m.in.: wzniesiona w 1444 roku w porcie gdańskim Brama Żurawiowa, z potężnymi kołami na pedały, gdzie dokonywano przeładunku znacznej części towarów, oraz położony na Starym Mieście Wielki Młyn z 18 kołami wodnymi napędzanymi przez wodę z kanału Raduni.

Kanał Raduni powstał na początku XIV wieku, aby zaopatrzyć w wodę, młyny i studnie miasta. Ciągnął się na skraju tzw. głównego miasta, gdańskiego nowego miasta i wiódł dalej przez stare miasto, uchodząc ostatecznie do Motławy. Motława przejmowała wówczas wszystkie ścieki z miasta i odprowadzała je do Wisły. Nad kanałem Raduni, poza Wielkim Młynem, znajdowało się kilka siłowni wodnych, w tym także całkowicie zautomatyzowany tartak, wzniesiony w 1571 roku na polecenie władz miasta, i pompownia znana jako „Machina Hydraulica”, zaopatrująca od 1539 roku część miasta w wodę pitną.

Woda pitna dla Gdańska

Wspomniana pompownia, „Machina Hydraulica” leżała na zachodniej stronie miasta przed Bramą Wyżynną. Miała koło wodne napędzające pompy tłokowe, które tłoczyły wodę pitną do licznych studni publicznych i prywatnych głównego miasta. Woda ujmowana była z położonego na zachód od miasta jeziora Jasień (Nenkau). Studnie starego miasta nie należały do tego systemu i były nadal zaopatrywane wodą z Raduni, podobnie jak wcześniej także studnie głównego miasta. Doprowadzenie wody do studni odbywało się regularną siecią przewodów rozprowadzających, wybudowanych i rozbudowywanych od ostatniego ćwierćwiecza XIV wieku.

W następstwie rozwoju gospodarczego i przyrostu liczby ludności, sieć rozprowadzającą wodę zagęszczano, a liczba studni i łaźni wzrastała. Miasto zyskiwało na jakości życia, stając się porównywalne z innymi znaczącymi miastami Europy. Jakość wody w Raduni nie dawała jeszcze powodów do trosk. Jednak we wczesnych latach XVI wieku, gdy miasto nawiedzane zostało kilkakrotnie przez niszczące epidemie, Gdańszczanie zaczęli wątpić, czy woda płynąca w otwartym kanale przez gęsto zamieszkały teren nadaje się w ogóle do picia. Z tego powodu ojcowie miasta poprosili latem 1536 roku polskiego króla o pozwolenie na ujmowanie wody z położonego na zachód od ich miasta jeziora Jasień (Nenkau). Dwór królewski w Krakowie najpierw wahał się, czy wniosek uwzględnić. Istniały bowiem obawy, że temu zajmującemu po-

wierzchnię zaledwie 20 hektarów jezioru mogłoby zostać odebrane zbyt dużo wody. Ponadto dwór nie posiadał kompletnych aktów prawnych dotyczących własności i trzeba było dopiero zamawiać odpowiednie kopie. Po licznych ponagleniach i półtorarocznym oczekiwaniu miasto otrzymało wreszcie pozwolenie wodno-prawne i mogło przystąpić do układania przewodów doprowadzających wodę do miasta.

Przy układaniu przewodów należało „przekroczyć” konstrukcje wałowe, wybudowane w 1534 roku dla lepszej obrony miasta, otaczające stare mury miejskie szerokim pierścieniem nasypu ziemnego i fosą. Woda na teren miasta miała być doprowadzana za pomocą długich przewodów sztolniowych przechodzących przez wały. Jednak z powodu niewystarczających spadków nie można by było zapewnić zaopatrzenia w wodę całemu głównemu miastu, co pociągnęło konieczność wybudowania pompowni. Przy realizacji tego zamierzenia wystąpiły jednak znaczne trudności, związane z silnym dopływem wód gruntowych. Trudności te, wiosną 1536 roku były przyczyną zmiany kierownika budowy. Nowy kierownik, specjalista z Lubeki, mimo podobnych kłopotów z wodami gruntowymi, doprowadził do zakończenia robót budowlanych, a w 1539 roku wraz z ukończeniem układania przewodu doprowadzającego wodę z jeziora Jasień, uruchomiono stację pomp.

Pompy przy kanale Raduni

Omawiana pompownia funkcjonowała, z pewnymi przerwami, przez ponad trzy wieki. Dopiero w 1869 roku

została unieruchomiona, a w krótkim czasie potem zburzona. Trudno dziś ustalić dokładnie pierwotne miejsce i rodzaj pompowni. Przypuszczalnie znajdowała się ona w budynku rzeźmieśniczym o konstrukcji wieży, istniejącym jeszcze w ostatnim ćwierćwieczu XVI wieku. Jedna z widokówek miasta, pochodząca z 1617 roku, odzwierciedla jego wygląd. Budynek stał na prawym brzegu Raduni, bezpośrednio powyżej młyna Beutlera, i miał najpewniej cztery piętra. Wysokość budynku wynosiła około 10 metrów. Późniejsza ilustracja, pozostawiona przez lipskiego mechanika Jacoba Lepolda (1674–1727), przedstawiała szkic wnętrza pompowni i jej szczegóły. Metalowy zbiornik w kształcie cylindra z owalnym przekrojem zajmował całkowitą wysokość budynku. Bezpośrednio pod zbiornikiem znajdowało się koryto dopływowe, z którego wodę pobierano i doprowadzano do zbiornika, za pomocą dwóch pomp tłokowych. Pompy te napędzane były podsiębiernym kołem wodnym, znajdującym się również w budynku. Wraz z obrotem koła wodnego uruchamiana była żelazna korba znajdująca się na fasadzie drewnianego wału. Korba z odstającym trzpieniem wpuszczona była w dolny koniec długiej pionowej żerdzi naciskowej. Żerdź ta u góry zamocowana była do dłuższego ramienia dźwigni dwustronnej, znajdującej się bezpośrednio pod dachem budynku. Na przeciwnych ramionach tej samej dźwigni zamocowane były dwie długie drewniane żerdzie tłokowe, które przy ruchu żerdzi naciskowej powodowały naprzemienne ruchy – w górę i w dół, tłoków umocowanych do dolnych koń-

ców tych żerdzi, w dwu pionowo ustawionych cylindrach mosiężnych.

Obydwa cylindry zanurzone były w rynnę wodnej na tyle, żeby woda mogła wpływać do nich poprzez umieszczone w dolnej części otwory z zaworami. Kiedy tłok przesunął się w dół cylindra, wywoływał nadciśnienie wody pod tłokiem, co z kolei wywoływało zamknięcie zaworu w otworze cylindra i otwarcie zaworu w otworze tłoku. W ten sposób woda znajdująca się w cylindrze pod tłokiem dochodziła, przez otwór w tłoku, bezpośrednio do zbiornika. Zbiornik był otwarty u góry i, dla zabezpieczenia przed przepełnieniem, wyposażony w przelew z przewodem odprowadzającym nadmiar wody. Od spodu zbiornika wiodły na zewnątrz dwie podpory – przewody rurowe zaopatrzone w zwężki zabezpieczające, ażeby do sieci miejskiej wpływała nie większa ilość wody, niż wynosi wydajność pomp. W budynku wodotrysku znajdowało się pomieszczenie warsztatowe, w którym masywne pnie drewniane, poprzez borowanie, przerabiano na przewody rurowe do doprowadzenia wody. Dla połączenia poszczególnych przewodów drewnianych używano cylindrycznych tulei ołowianych. Jak wynika z miejskich ksiąg rachunkowych, tuleje te wykonywali rodzimi ludwisarze. Wśród nich dominowały przede wszystkim dwie rodziny ludwisarzy Benning i Wittwerk, które przez pokolenia trudniły się ich produkcją.

Z racji poprawiania się sytuacji zaopatrzenia w wodę wzrastała nie tylko liczba studni na publicznych placach, której przykładowym okazem jest fontanna Neptuna na Długim Targu, ale również powiększała się liczba przyłą-

czeń do domów, szczególnie zamożnych obywateli. Głównymi użytkownikami korzystającymi z nowego systemu zaopatrzenia w wodę była przede wszystkim branża piwowarska, która umiała docenić wysmienitą jakość wody z jeziora Jasień (Nenkau). Branża ta rozwijała się na tyle dobrze, że już w połowie XVI wieku roczny obrót wyniósł około 250 000 beczek piwa. Istniało wówczas w mieście ponad 150 browarów, a ich wyroby należały do najważniejszych produktów handlowych Gdańska.

Zmiany i reparacje

Stałej troski dostarczały ojcom miasta sprawy utrzymania i fachowej konserwacji pompowni. Pomimo wielu uruchomionych w pierwszej połowie XVI wieku środków na ten cel, nie zawsze udawało się pozyskać właściwy personel – o odpowiedniej kwalifikacji fachowej. Dalszej troski dostarczała sprawa zapewnienia miastu odpowiedniej ilości wody z jeziora Jasień. Sytuacja zaczęła wyglądać krytycznie, kiedy – przykładowo w latach 1638–1644 – zakwestionowano stare prawo miasta do poboru wody, w konsekwencji czego przewodem doprowadzającym płynęło jej wyraźnie mniej.

W związku z tym nasunęły się pomysły aby ciśnienie tłoczenia stacji pomp wzmocnić przez wbudowanie większego koła wodnego. Ponieważ wymagałoby to znacznych rekonstrukcji, pomysł ten ostatecznie zarzucono, a dokonano jedynie kilku mniejszych poprawek istniejącego koła. Dalszym powodem zaniechania zmian był fakt

przyznania miastu z końcem 1644 roku prawa kontynuowania poboru i w ten sposób poprzednia ilość wody znów mogła być pobierana. W pompowni konieczne były ustawiczne prace remontowe. W 1637 roku trzeba było wymienić koło zębate, w 1648 roku odnowiono koło wodne i wały. Poprawiano też bieżące szkody sieci w obrębie miasta. Z biegiem czasu przewody wodne zapychały się bądź łamały się tak, że do niektórych studni w mieście nie dochodziła woda. Wtedy należało stare przewody drewniane wymienić na nowe. Dopiero w XIX wieku generalnie wszystkie przewody zastąpiono żeliwnymi.

W okresach ostrych mrozów pompownię ogrzewano, aby uniknąć przemarznięcia poszczególnych ruchomych części maszyny. Z tych też powodów zbudowane w przeważającej części z drewna budynki i części maszyn dosięgał często pożar, płonęły całe urządzenia i trzeba je było rekonstruować i ponownie instalować. Nierzadko po pożarze konieczna była budowa nowego obiektu, choćby tylko z tego powodu, że poprzednie miejsce okazywało się na dłuższą metę nie przystosowane do rozbudowy bądź też przeszkadzało zaplanowanemu poszerzeniu urządzeń wałowych. Również w 1562 roku pompownia – jak to podaje ówczesna relacja – „znów spłonęła od własnego ognia”.

Unieruchomienie pompowni powodowane było rzadziej przez pożary niż obłężenia miasta. Dla jej unieruchomienia i przerywania zaopatrywania w wodę, oblegający potrzebowali jedynie zatarasować Radunię powyżej miasta i odprowadzić wodę do Motławy.

Miało to miejsce, na przykład, podczas oblężenia w 1656 roku przez szwedzkie, a w 1734 roku przez rosyjskie wojska. Również Fryderyk Wielki (1712–1786), który chciał wcielić Gdańsk do królestwa pruskiego, nosił się z myślą podporządkowania sobie miasta w taki sposób.

Także podczas oblężenia miasta przez króla Stefana Batorego (1533–1586) w 1577 roku pompownia została wyłączona; ponadto przerwano przewód doprowadzający wodę z jeziora Jasień. Przy silnym ostrzale, któremu wtedy podlegało miasto, ogień zajął i całkowicie zniszczył pompownię. Gdańszczanom odciętym od zaopatrzenia w wodę niewiele pomocny był fakt, że atakom oparła się fortyfikacja miasta. Ostatecznie i tak musieli się poddać. Przy częstych pracach odbudowy pompowni utrzymany został charakterystyczny kształt wieży budynku, a tylko jego wygląd zmieniał się odpowiednio do panujących stylów budownictwa. Według miedziorytów Matthäusa Deischa (1724–1789), pompownia miała w połowie XVIII wieku widoczną czteropiętrową wieżę o nadbudówce barokowej.

Upadek zaopatrywania w wodę

W rozwoju Gdańska po wojnie 30-letniej nastąpiły istotne zmiany – utrata potęgi politycznej i upadek gospodarczy. W pierwszej połowie XVIII wieku liczba mieszkańców miasta zmalała,

osiągając tylko połowę swego najwyższego stanu sprzed wybuchu wojny 30-letniej. Ojcom miasta przychodziło wówczas z coraz większym trudem utrzymanie publicznego zaopatrzenia w wodę, co było skutkiem napiętej sytuacji budżetowej. Niekorzystna sytuacja gospodarcza ostatecznie uniemożliwiała utrzymywanie w sprawności przewodu doprowadzającego wodę z jeziora Jasień i całe miasto można było zaopatrywać jedynie wodą z Raduni. Jakość wody pompowanej do miasta była coraz bardziej wątpliwa. Żydowski lekarz, David Kade (1688–1763), był zapewne pierwszym, który zajmował się tym problemem począwszy od 1729 roku, z czego jednak nie wyciągnięto żadnych konkretnych wniosków. Nie znaleziono ku temu wówczas powodu. Ostatnie wybuchy zarazy dżumy w XVIII wieku po których nie następowały kolejne, umocniły przekonanie o uwolnieniu się od niej już na zawsze. Dopiero kiedy w 1831 roku wystąpiła nieznana dotąd cholera, która pochłonęła w Gdańsku ponad 1000 osób, zaczęto zwozić wodę źródłaną z okolic miasta i sprzedawać ją wiadrami jako wodę pitną. Pozwolić sobie na nią mogli oczywiście tylko zamożni obywatele. Działo się tak aż do 1869 roku, kiedy to urządzono w Gdańsku współczesną i odpowiadającą ówczesnym wymogom centralną sieć zaopatrzenia w wodę i kanalizację, a w związku z tym pompownia przy Raduni stała się zbędna.

Jerzy WYSOCKI, Paweł ORŁOWSKI

Katedra Budownictwa i Geodezji SGGW

Zakład Geodezji i Fotogrametrii

Kształcenie w zakresie geodezji, fotogrametrii-teledetekcji i systemów informacji przestrzennej (SIT-GIS) na Wydziale Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW

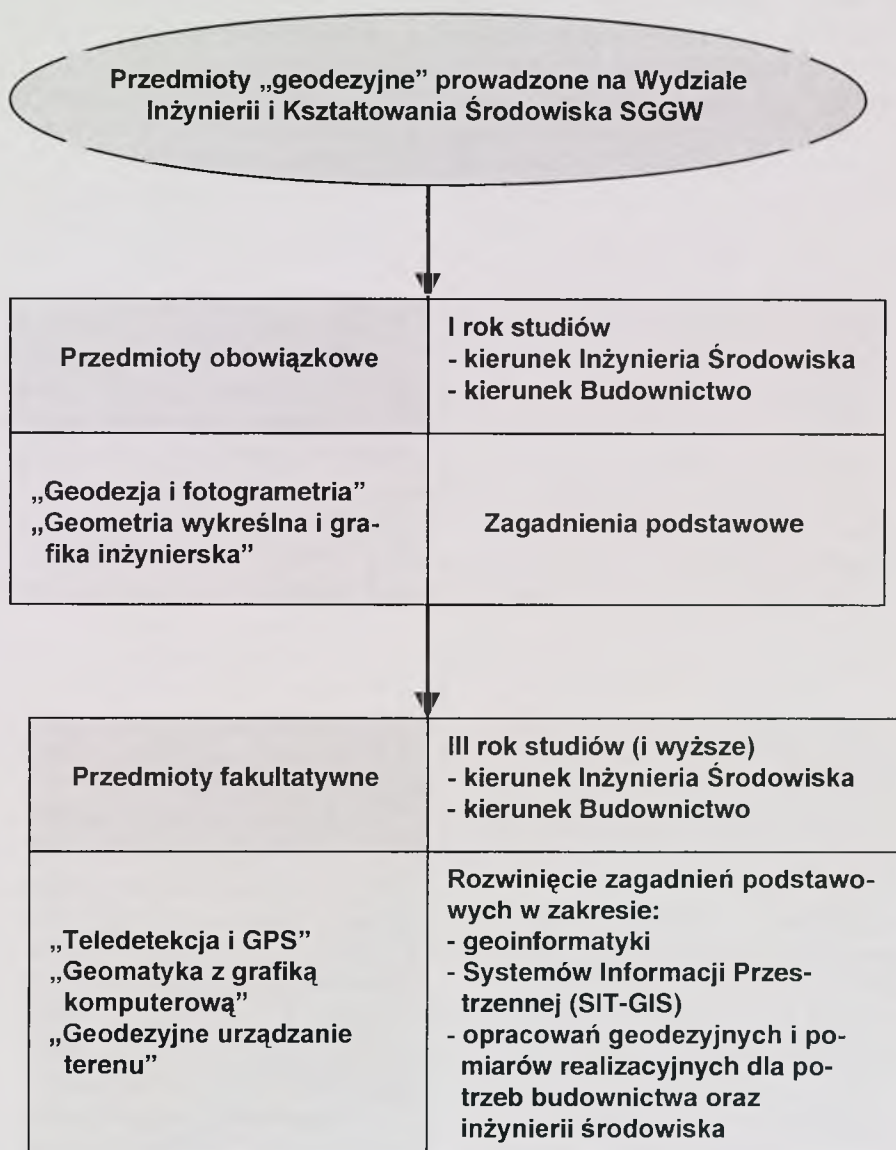
Wstęp

Przyjęty ogólnie system kształcenia „geodezyjnego” na kierunkach Budownictwo i Inżynieria Środowiska obejmuje podstawy geodezji na pierwszych latach studiów oraz zagadnienia wyspecjalizowane, realizowane na wyższych latach. Należy uznać, że jest to system prawidłowy, gdyż podstawy geodezji spełniają na tych kierunkach funkcje przedmiotu „inżynierskiego” i jednocześnie przedmiotu podstawowego, jak matematyka czy fizyka. W związku z tym, wprowadzenie podstaw geodezji na początku studiów, przedmiotów zaś wyspecjalizowanych, bazujących na zdobytej już przez studenta szerszej wiedzy inżynierskiej, na wyższych latach, jest celowe i uzasadnione.

Na Wydziale Inżynierii i Kształtowania Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie zagadnienia geodezji i kartografii, niezbędne inżynierom kierunków Inżynieria Środowiska i Budownictwo, prowadzone są w formie przedmiotu podstawowego „geodezja i fotogrametria” na pierwszym roku studiów oraz w postaci przedmiotów wyspecjalizowanych (obowiązkowych oraz do wyboru – fakultatywnych) prowadzonych na wyższych latach (rys. 1).

Każdy z tych przedmiotów, prowadzonych przez Zakład Geodezji i Fotogrametrii SGGW, stanowi samodzielną „jednostkę dydaktyczną”, ich zakres zaś tak został ustalony, aby istniała możliwość łączenia tych przedmiotów w odpowiednie grupy tematyczne, powoływane na odpowiednich specjalnościach, w zależności od aktualnych potrzeb gospodarki oraz przyjętego programu kształcenia na danym kierunku studiów. Pomimo ogólnego przedstawienia tych przedmiotów w „Informatorze o studiach”, to z uwagi na rozproszenie odnośnych informacji na różnych i często odległych stronach, ich całościowa percepcja może być utrudniona. W związku z tym przedmioty te przedstawiono poniżej:

Przedmiot obowiązkowy „Geodezja i fotogrametria” obejmuje zagadnienia:



RYSUNEK 1.

- podstawy rachunku wyrównawczego i obliczeń geodezyjnych, komputerowe
- metody obliczeń geodezyjnych; zasady posługiwania się podstawowymi instrumentami geodezyjnymi; analogowe i komputerowe metody opracowań geodezyjnych; ogólne zasady geodezyjnych opracowań i pomiarów realizacyjnych dla budownictwa i inżynierii środowiska,
- metody fotogrametryczne w pozyskiwaniu, przetwarzaniu i udostępnianiu informacji o terenie i środowisku, zdjęcia lotnicze i satelitarne; podstawowe metody opracowań fotogrametrycznych; podstawy teledetekcji.

Przedmiot prowadzony jest w wymiarze: 45 godzin wykładów, 45 godzin ćwiczeń laboratoryjnych oraz 30 godzin (2 tygodnie) ćwiczeń terenowych z geodezji.

Prowadzący przedmiot: dr hab. inż. Jerzy Wysocki, prof. SGGW

Część fotogrametryczną prowadzą:

- na kierunku Budownictwo: dr inż. Paweł Orłowski,
- na kierunku Inżynieria Środowiska: dr inż. Wojciech Buczek.

Przedmiot obowiązkowy „Geometria wykreślna i grafika inżynierska” obejmuje zagadnienia:

- rzut cechowany jako forma zapisu na płaszczyźnie rysunku wartości trzech współrzędnych punktu i zasady ich odczytywania,
- rzuty Monge’a jako metoda graficznego zapisu trzech współrzędnych punktu na dwóch rzutach,
- rzut aksonometryczny jako forma graficznego zapisu wartości trzech

współrzędnych punktu na jednym rzucie równoległym, ukośnym lub prostokątnym,

- ogólne zasady rzutów prostokątnych stosowanych w naukach technicznych,
- Polskie Normy dotyczące rysunku technicznego,
- grafika inżynierska.

Przedmiot prowadzony jest w wymiarze: 15 godzin wykładów i 45 godzin ćwiczeń.

Prowadzący przedmiot: dr inż. Joanna Koźmińska.

Część obejmującą grafikę inżynierską prowadzi: dr inż. Jacek Hałkowski.

Przedmiot fakultatywny „Teledetekcja i GPS” obejmuje zagadnienia:

- promieniowanie elektromagnetyczne jako nośnik informacji o środowisku,
- metody rejestrowania obrazów: fotografia wielospektralna, metody skanerowe, metody radarowe, kamery CCD,
- systemy satelitarne teledetekcji dla potrzeb inżynierii, kształtowania i ochrony środowiska,
- podstawy działania systemu GPS, powierzchnie odniesienia, odwzorowania i układy współrzędnych globalnych,
- procedury pomiarowe GPS.

Prowadzący przedmiot: dr inż. Wojciech Buczek, dr inż. Paweł Orłowski, dr hab inż. Jerzy Wysocki, prof SGGW, prof. dr hab. inż. Stefan Ignar.

Przedmiot fakultatywny „Geomatyka z grafiką komputerową” obejmuje zagadnienia:

- wyszukiwanie i dostęp do informacji GIS, mapa numeryczna z uwzględnieniem różnych technologii gene-

rowania mapy; problematyka związana z generowaniem i wykorzystaniem ortofotomapy cyfrowej,

- pozyskiwanie danych geometrycznych metodą fotogrametrii analitycznej i cyfrowej,
- mapa wektorowa na tle ortofotomapy cyfrowej,
- baza danych z informacją o charakterze niegeometrycznym, stanowiącym element systemu informacji przestrzennej.

Prowadzący przedmiot: dr inż. inż. Jerzy Saczuk.

dr hab. inż. Jerzy Wysocki, prof. SGGW

Przedmiot obowiązkowy i fakultatywny (w zależności od kierunku) „Geodezyjne urządzenie terenu” obejmuje zagadnienia:

- geodezyjno-fotogrametryczne metody pozyskiwania i przetwarzania informacji o terenie (środowisku);
- system informacji przestrzennej SIT-GIS,
- podstawy katastru,
- elementy geodezyjnego projektowania szczegółowego w zakresie zmian struktury terenowej; zagadnienia projektowania interaktywnego za pomocą komputera,

- zagadnienia formalno-prawne związane z geodezyjnym urządzeniem terenu,

- zagadnienia geodezyjnych pomiarów realizacyjnych oraz metrologii budowl.

Prowadzący przedmiot: dr hab. inż. Jerzy Wysocki, prof. SGGW.

Powyższe przedmioty fakultatywne zaprogramowane są w wymiarze: 15 godzin wykładu i 30 godzin ćwiczeń z danego przedmiotu, a ze względu na trudności finansowe (oby przejściowe) przedmioty te są doraźnie realizowane w wymiarze 30 godzin dydaktycznych.

Przedstawione przedmioty obejmują podstawowy obszar wiedzy w zakresie pozyskiwania, przetwarzania i udostępniania informacji za pomocą metod geodezyjnych, niezbędnych specjalście z zakresu inżynierii i kształtowania środowiska oraz budownictwa. Jak już wspomniano, przedmioty te mogą być agregowane w odpowiednie grupy tematyczne, powoływane w zależności od aktualnych potrzeb gospodarki oraz realizowanego programu kształcenia na danym kierunku.