

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Jan Štrukelj

**UGOTAVLJANJE POJAVA VODOODBOJNOSTI  
V TLEH NA GOLF IGRIŠČU BLED**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Jan Štrukelj

**UGOTAVLJANJE POJAVA VODOODBOJNOSTI V TLEH  
NA GOLF IGRIŠČU BLED**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**RESEARCHING THE OCCURRENCE OF WATER REPELLENCY  
IN SOIL ON GOLF COURSE BLED**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na Katedri za agrometeorologijo, urejanje kmetijskega prostora ter ekonomiko in razvoj podeželja. Poizkus je bil izveden na Golf igrišču Bled, v laboratorijih Katedre za urejanje kmetijskega prostora in agrohidrologijo in v laboratoriju Katedre za entomologijo in fitopatologijo v letih 2006 in 2007.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorico diplomskega dela imenovala izr. prof. dr. Marino Pintar ter za somentorja izr. prof. dr. Franci Celarja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Katja VADNAL  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: izr. prof. dr. Marina PINTAR  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: izr. prof. dr. Franci CELAR  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Anton VIDRIH  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Jan Štrukelj

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ŠD | Dn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| DK | 631.432.32:631.466.1:796.352(043.2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| KG | lastnosti tal/tla/vodoodbojnost tal/hidrofobnost/glive/čas vpijanja vodne kapljice/golf igrišče                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| KK | AGRIS P33/P34/H20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| AV | ŠTRUKELJ, Jan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| SA | PINTAR, Marina (mentor)/CELAR, Franci (somentor)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| KZ | SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ZA | Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| LI | 2010                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| IN | UGOTAVLJANJE POJAVA VODOODBOJNOSTI V TLEH NA GOLF IGRIŠČU BLED                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| TD | Diplomsko delo (univerzitetni študij)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| OP | X, 33, [2] str., 11 pregl., 14 sl., 1 pril., 13 vir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| IJ | sl                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| JJ | sl/en                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| AI | Vodoodbojnost je pojav, ki je pogosto prisoten v tleh, kjer je veliko organskih delcev. Zaradi drobnih delcev organske snovi se okoli talnih delcev naredi hidrofoben ovoj, ki onemogoča tlom sprejem vode. V določenih primerih je vodoodbojnost posledica prisotnosti vodoodbojnega micelija gliv v tleh. Pojavijo se suha mesta na površini golf igrišč, kjer je otežena vzgoja travne ruše. Vzorce smo odvzeli na golf igrišču Bled. Vzorčenje je potekalo junija 2006 in v juniju ter juliju 2007. Vzorci so bili analizirani na terenu, v laboratoriju Katedre za urejanje kmetijskega prostora in agrohidrologijo in v laboratoriju Katedre za entomologijo in fitopatologijo. Z WDPT testom (čas vpijanja vodne kapljice) smo ugotovili, da je pojav na golf igrišču prisoten. Tla se smatrajo za vodoodbojna, če WDPT test presega 5 sekund. Glede vodoodbojnosti smo testirali 214 vzorcev, od katerih je bilo 46 vzorcev vodoodbojnih. Vodoodbojnost se je v večini primerov razvila pri vsebnostih vode manjših od 10 m %. Glede prisotnosti gliv smo testirali 60 vzorcev, od katerih se je micelij gliv razvil pri 35 vzorcih. Rezultati so pokazali, da je vodoodbojnost kompleksen pojav in da je bolj odvisen od vsebnosti vode v tleh kot pa od prisotnosti micelija gliv. |

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn  
 DC 631.432.32:631.466.1:796.352(043.2)  
 CX soil properties/water repellency/hidrofobicity/mycelium growth/ water drop  
 penetration test/WDPT/fungi/golf courses  
 CC AGRIS P33/P34/H20  
 AU ŠTRUKELJ, Jan  
 AA PINTAR, Marina (supervisor)/CELAR, Franci (co-supervisor)  
 PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
 PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Departement of Agronomy  
 PY 2010  
 TI RESEARCHING THE OCCURRENCE OF WATER REPELLENCY IN SOIL ON  
 GOLF COURSE BLEED  
 DT Graduation Thesis (University studies)  
 NO X, 33, [2] p., 11 tab., 14 fig., 1 ann., 13 ref.  
 LA sl  
 AL sl/en  
 AB Water repellency is often present in soils with high proportion of organic  
 substances. Small organic particles form a hidrophobic barrier that restrains soil to  
 get wet. In some cases water repellency appears because of presence of water  
 repellent fungi mycelium. Dry spots occur on the surface of golf courses, where  
 grass growth is inhibited. We took samples on golf course Bled. Sampling took  
 place in June 2006 and in June and July 2007. They were analysed on the field and  
 in laboratory of Center for Agricultural Land Management and Agrohydrology and  
 in laboratory of Chair for Entomology and Fitopatology. The water drop  
 penetration time (WDPT) test was used to determine the presence of water  
 repellency on golf course. Soil is considered to be water repellent if the WDPT test  
 exceeds 5 seconds. We tested 214 samples for water repellency, from which were  
 46 water repellent. Water repellency was present in most cases when soil water  
 content was less than 10 m %. We tested 60 samples for presence of fungi  
 mycelium, from which 35 of them were positive. The results have shown, that  
 water repellency is a complex phenomena and that water quantity has a larger  
 influence on it than the presence of fungi mycelium.

## KAZALO VSEBINE

|                                                                                               | str.      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Ključna dokumentacijska informacija                                                           | III       |
| Key word documentation                                                                        | IV        |
| Kazalo vsebine                                                                                | V         |
| Kazalo preglednic                                                                             | VII       |
| Kazalo slik                                                                                   | VIII      |
| Kazalo prilog                                                                                 | IX        |
| Kazalo okrajšav in simbolov                                                                   | X         |
| <br>                                                                                          |           |
| <b>1 UVOD</b> .....                                                                           | <b>1</b>  |
| <b>2 PREGLED OBJAV</b> .....                                                                  | <b>2</b>  |
| 2.1 PREUČEVANJE VODOODBOJNOSTI IN Z NJO POVEZANE AKTIVNOSTI GLIV.                             | 2         |
| 2.3 OCENA VODOODBOJNOSTI TAL.....                                                             | 4         |
| 2.4 MEHANIZMI ZA POJASNITEV RAZVOJA VODOODBOJNOSTI.....                                       | 5         |
| 2.5 POSLEDICE VODOODBOJNOSTI.....                                                             | 6         |
| 2.5.1 Pospeden transport vode in površinsko odtekanje .....                                   | 6         |
| 2.5.2 Onesnaževanje vode in izpiranje hranil .....                                            | 6         |
| 2.5.3 Preferenčni tokovi .....                                                                | 7         |
| 2.6 GLIVE IN VODOODBOJNOST .....                                                              | 7         |
| 2.7 SUHA MESTA NA GOLF IGRIŠČIH .....                                                         | 8         |
| 2.8 KORENINSKI IN MIKROBNI IZLOČKI IN NJIHOV VPLIV NA STRUKTURO TAL<br>IN TRANSPORT VODE..... | 8         |
| 2.9 VPLIV DODAJANJA HRANIL NA RAZVOJ MIKROORGANIZMOV .....                                    | 9         |
| 2.10 VPLIV FUNGICIDA IN MOČILNEGA AGENTA NA VODOODBOJNOST TAL.....                            | 10        |
| 2.11 VPLIV FUNGICIDOV IN BAKTERICIDOV NA MIKROBNO INDUCIRANO<br>VODOODBOJNOST .....           | 10        |
| <b>3 MATERIAL IN METODE DE LA</b> .....                                                       | <b>11</b> |
| 3.1 OPIS GOLF IGRIŠČA BLED.....                                                               | 11        |
| 3.2 VZORČENJE .....                                                                           | 11        |
| 3.3 MERJENJA IN ANALIZE.....                                                                  | 12        |
| 3.3.1 Merjenje dejanske vodoodbojnosti na terenu.....                                         | 12        |
| 3.3.2 Meritev vsebnosti vode v tleh .....                                                     | 13        |
| 3.3.3 Ugotavljanje prisotnosti micelija gliv .....                                            | 13        |

|       |                                                                         |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.4 | Ugotavljanje povezanosti pojava vodoodbojnosti in prisotnosti gliv..... | 15 |
| 4     | <b>REZULTATI</b> .....                                                  | 16 |
| 4.1   | DEJANSKA VODOODBOJNOST TAL NA GOLF IGRIŠČU BLED.....                    | 16 |
| 4.2   | UGOTAVLJANJE PRISOTNOSTI GLIV .....                                     | 20 |
| 4.3   | TEKSTURA TAL NA GOLF IGRIŠČU BLED .....                                 | 25 |
| 5     | <b>RAZPRAVA</b> .....                                                   | 26 |
| 5.1   | DEJANSKA VODOODBOJNOST TAL .....                                        | 26 |
| 5.2   | UGOTAVLJANJE PRISOTNOSTI GLIV .....                                     | 27 |
| 6     | <b>SKLEPI</b> .....                                                     | 29 |
| 7     | <b>POVZETEK</b> .....                                                   | 30 |
| 8     | <b>VIRI</b> .....                                                       | 32 |
| 8.1   | CITIRANI VIRI.....                                                      | 32 |
| 8.2   | DRUGI VIRI .....                                                        | 33 |

**ZAHVALA****PRILOGE**

## KAZALO PREGLEDNIC

|                |                                                                                                                                                                                                       |    |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Preglednica 1  | Klasifikacija obstojnosti vodoodbojnosti tal (Dekker in Ritsema, 2000)                                                                                                                                | 5  |
| Preglednica 2  | Vzorčenje po datumih s prikazom števila odvzetih vzorcev na izbranih lokacijah za ugotavljanje prisotnosti vodoodbojnosti, določitev vsebnosti vode v tleh in ugotavljanje prisotnosti micelija glive | 12 |
| Preglednica 3  | Vodoodbojnost in vsebnost vode v tleh (m %) na odbijališču na golf igrišču Bled, datum: 28.6.2006                                                                                                     | 17 |
| Preglednica 4  | Vodoodbojnost in vsebnost vode v tleh (m %) na čistini na golf igrišču Bled, datum: 28.6.2006                                                                                                         | 17 |
| Preglednica 5  | Vodoodbojnost in vsebnost vode v tleh (m %) na zelenici na golf igrišču Bled, datum: 28.6.2006                                                                                                        | 18 |
| Preglednica 6  | Vsebnost vode (m %), prisotnosti micelija gliv in prisotnosti vodoodbojnosti za vzorčno mesto odbijališče na globini od 0-9 cm, na golf igrišču Bled, datum: 27.6.2007                                | 23 |
| Preglednica 7  | Ujemanje prisotnosti micelija gliv in prisotnosti vodoodbojnosti za vzorčno mesto odbijališče na globini od 0-9 cm, na golf igrišču Bled, datum: 27.6.2007                                            | 23 |
| Preglednica 8  | Vsebnost vode (m %), prisotnosti micelija gliv in prisotnosti vodoodbojnosti za vzorčno mesto zelenica na globini od 0-9 cm, na golf igrišču Bled, datum: 27.6.2007                                   | 24 |
| Preglednica 9  | Ujemanje prisotnosti micelija gliv in prisotnosti vodoodbojnosti za vzorčno mesto zelenica na globini od 0-9 cm, na golf igrišču Bled, datum: 27.6.2007                                               | 24 |
| Preglednica 10 | Vsebnost vode (m %), prisotnosti micelija gliv in prisotnosti vodoodbojnosti za vzorčno mesto zelenica na globini od 0-9 cm, na golf igrišču Bled, datum: 26.7.2007                                   | 25 |
| Preglednica 11 | Ujemanje prisotnosti micelija gliv in prisotnosti vodoodbojnosti za vzorčno mesto zelenica na globini od 0-9 cm, na golf igrišču Bled, datum: 26.7.2007                                               | 25 |



## KAZALO SLIK

|          |                                                                                                                                                 |    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1  | Prikaz WDPT testa (test vpijanja vodne kapljice v tla)                                                                                          | 5  |
| Slika 2  | Suho mesto na golf igrišču Bled                                                                                                                 | 5  |
| Slika 3  | Vzorčna mesta za meritve vodoodbojnosti tal na golf igrišču Bled, igralno polje številka tri                                                    | 11 |
| Slika 4  | Ugotavljanje dejanske vodoodbojnosti tal na terenu                                                                                              | 13 |
| Slika 5  | Prikaz nastajanja mostičkov (spon), po katerih lahko ločimo basidiomycete (prostotrosnice) od ostalih razredov gliv (Deacon, 1997)              | 14 |
| Slika 6  | Vzorčno mesto za meritve vodoodbojnosti tal na golf igrišču Bled z mrežo za zagotavljanje naključnega izbora                                    | 16 |
| Slika 7  | Vsebnost vode (m %) na golf igrišču Bled pri globini od 0 cm do 3 cm in oznaka omočljivosti tal (0) oz. vodoodbojnosti (1), datum: 28.6.2006    | 18 |
| Slika 8  | Vsebnost vode (m %) na golf igrišču Bled pri globini od 3,1 cm do 6 cm in oznaka omočljivosti tal (0) oz. vodoodbojnosti (1), datum: 28.6.2006  | 19 |
| Slika 9  | Vsebnost vode (m %) na golf igrišču Bled pri globini od 6,1 cm do 9 cm in oznaka omočljivosti tal (0) oz. vodoodbojnosti (1), datum: 28.6.2006  | 19 |
| Slika 10 | Vsebnost vode (m %) na golf igrišču Bled pri globini od 9,1 cm do 12 cm in oznaka omočljivosti tal (0) oz. vodoodbojnosti (1), datum: 28.6.2006 | 20 |
| Slika 11 | Vsebnost vode (m %) glede na globino na golf igrišču Bled in prikaz števila vodoodbojnih vzorcev, datum: 28.6.2006                              | 20 |
| Slika 12 | Vsebnost vode (m %) za odbijališče na golf igrišču Bled po globinah; 27.6.2007. noben od vzorcev tal ni bil vodoodbojen                         | 21 |
| Slika 13 | Vsebnost vode (m %) za zelenico na golf igrišču Bled po globinah; 27.6.2007 Oznaka "o" prikazuje vzorce, ki so bili vodoodbojni                 | 22 |
| Slika 14 | Vsebnost vode (m %) za zelenico na golf igrišču Bled po globini tal; 26.7.2007. noben od vzorcev tal ni bil vodoodbojen                         | 22 |

## KAZALO PRILOG

|           |                                                                                             |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Priloga A | Analitski podatki prinešenih vzorcev s Centra za pedologijo in varstvo okolja dne 12.6.2007 |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

|      |                                                                  |
|------|------------------------------------------------------------------|
| WDPT | (water drop penetration test) test vpijanja vodne kapljice v tla |
| m %  | masni odstotek vode                                              |

## 1 UVOD

Z vodoodbojnostjo se ukvarjajo znanstveniki in upravljavci zemljišč že več kot stoletje. V tem času se je zanimanje za vodoodbojnost spremenilo iz znanstvene radovednosti v področje znanosti, ki je svetovno priznana. Velik razpon tem nakazuje na razširjenost in kompleksnost problema.

Normalna tla z lahkoto omoči dež ali namakanje. Privlačne sile med talnimi delci in vodo povzročajo, da voda izgubi svojo kohezivnost, se pravi izgubi tendenco po obliki kapljice in lahko omoči površine med talnimi delci. V primeru, da so privlačne sile nevtralizirane ali pa da jih ni zaradi vodoodbojnega ovoja, voda ostane v obliki kapljice na površju tal. Taka tla veljajo za vodoodbojna in imajo hidrofobne lastnosti, še posebej, kadar so suha. Preden bo voda prodrla oziroma pronicala v tla, se mora ustvariti neprekinjen vodni filter okoli talnih delcev. To se pravi, da morajo biti tla najprej omočena, preden se bo voda začela pretakati. Kakršnekoli razmere, ki povzročajo restrikcijo močenja talnih delcev, bodo zavirale vpijanje vode. Pod določenimi pogoji se lahko tla, ki so splošno pojmovana kot hidrofilen medij, spremenijo in postanejo vodoodbojna oziroma težko omočljiva. Pojav je poznan na različnih koncih sveta in predstavlja problem pri upravljanju s kmetijskimi, športnimi in drugimi zemljišči, kjer so tla peščena in pokrita s travno vegetacijo.

Kako hitro se bo pojav razvil, je odvisno od tipa tal in tipa organske snovi v tleh. Eden od vzrokov so tudi mikroorganizmi v tleh in pesku, ki izločajo voskaste izločke, ki so vodoodbojni. Bakterije, hife gliv, filamentni aktinomiceti in sluzi alg izločajo lepljive polisaharide, ki povzročajo sprijemanje delcev peska.

Vodoodbojnost je odvisna tudi od količine vode v tleh. Organska snov načeloma zadržuje vodo v tleh. S procesom sušenja količina vode pade pod kritično mejo in tla izgubijo sposobnost vpijanja vode. Pride lahko do spremenjenega gibanja vode in v njej raztopljenih snovi, povzročitve neenakomerne razporeditve vode, preferenčnih tokov, erozije in površinskega odtekanja.

Znamenja vodoodbojnih tal so pogosto najdena na športnih zelenicah. Travná ruša na golf igriščih je močno obremenjena zaradi pogoste košnje. Rastline rastejo na substratu, ki ima relativno majhno površino na enoto volumna. Že zelo nizka vsebnost hidrofobnih snovi lahko povzroči, da se na čistinah, odbijališčih in stezah golf igrišč pojavijo nepravilno oblikovana območja od suše prizadetih trav, ki jih imenujemo lokalna suha mesta.

V Sloveniji do sedaj še ni bilo opravljenih raziskav v zvezi z vodoodbojnostjo na golf igriščih. V raziskavah, ki so jih izvajali v drugih državah (Nizozemska, Velika Britanija), so ugotovili povezavo med prisotnostjo gliv in pojavi, ki spremljajo vodoodbojnost. Predpostavljali smo, da se tudi v Sloveniji pojavlja vodoodbojnost na golf igriščih. Predvidevali smo, da bomo našli povezavo med pojavom in prisotnostjo gliv.

Znano je, da so glive, ki povzročajo površinske kolobarje iz debla Basidiomycota in so iz iste skupine kot v zgoraj opisanih primerih. Zato smo se odločili, da bomo poskusili ugotoviti, ali basidiomycete imajo potencial za povzročanje simptomov vodoodbojnosti na suhih mestih.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 PREUČEVANJE VODOODBOJNOSTI IN Z NJO POVEZANE AKTIVNOSTI GLIV

Zanimanje za pojav vodoodbojnosti se je pojavilo že pred 20. stoletjem, čeprav takrat še ni bil tako definiran. Pregled objav izpred leta 1900 kaže na to, da je bila vodoodbojnost najbolj povezana z opazovanjem organske snovi in njene razgradnje, predvsem, kadar je le-ta povezana z glivami (DeBano, 2000).

Študije razkroja organske snovi, ki poteka zaradi gliv, je prvi objavil Waring leta 1837 in ta poročila so bila verjetno prve publikacije, ki so govorile o vplivu rasti micelija gliv na hitrost talne absorpcije vode. Te študije opisujejo pojav, poznan kot 'fairy rings'-čarovniški krogi. Izraz čarovniški krogi so uporabljali zgodnji raziskovalci za opis razporeditve rastlin (običajno trave ali žita) v kroge, kjer je rast rastlin na notranjem obodu kroga stimulirana. Okrog zdravih rastlin so koncentrična območja suhih tal ali posušenih rastlin. Izvor teh koncentričnih krogov so pripisovali različnim naravnim in nadnaravnim virom, kot so: poti, ki so jih ustvarile plešoče vile, strele, zračni vrtinci, mravlje, krti, kopice sena, živalski urin in tako naprej. V številnih primerih je bil pojav krogov lokalno tako obsežen, da je vplival na količino pridelka na njivah. Skoraj pol stoletja kasneje so v Rothamstedu zbrali podatke, ki so pokazali, da je vlage v tleh več v zdravem pasu rastlin v primerjavi z notranjostjo kroga ali zunaj njega (Lawes in sod., 1883, cit. po DeBano, 2000). Čeprav v publikacijah izpred 20. stoletja niso uporabljali izraza 'vodoodbojnost', je jasno, da so ti zgodnji znanstveniki opazovali pojav vodoodbojnosti, kot ga poznamo danes.

Zanimanje za pojav čarovniških krogov se je nadaljevalo v zgodnjem 20. stoletju. Bayliss (Bayliss, 1911, cit. po DeBano, 2000) je izvedel raziskavo in potrdil meritve, ki jih je predhodno izvedel Moillard (Moillard, 1910, cit. po DeBano, 2000). Meritve so pokazale, da so tla z razmnoženim micelijem gliv razmeroma osušena. Območje z razmnoženim micelijem je vsebovalo 5-7 % vlage, v primerjavi z območjem v in izven kroga, ki je vsebovalo 21% vlage in ni vsebovalo gliv. Bayliss (Bayliss, 1911, cit. po DeBano, 2000) je potrdil, da so tla, ki vsebujejo micelij gliv slabo omočljiva in navedel primer, ko dež ni prodrl v tla v območju, kjer so bile glive razmnožene, vendar je prodrl do območij, ki so bila 10 centimetrov nižje in niso vsebovala micelija gliv.

Meritve vode v tleh v povezavi s krogi, ki jih tvorijo glive (*Agaricus tabularis*) v Koloradu (Schantz in sod., 1917, cit. po DeBano, 2000), so pokazale, da spomladi ni razlik v vsebnosti vlage v tleh med območji z oz. brez micelija gliv. Po tem, ko se tla poleti izsušijo, tla z razširjenim micelijem gliv prenehajo prepuščati vodo. Rezultat tega je bil, da so se pojavile razlike v vsebnosti vode v odvisnosti od tega, na kateri strani obroča ali na obroču so jih merili. Največje razlike so bile v območju tik pod površjem v začetku rastne sezone.

Omejeno vpijanje tal, razporeditev vode v vodoodbojnih tleh in njun vpliv na produktivnost in upravljanje s tlemi so problemi, ki so predstavljali težavo upravljavcem zemljišč od štiridesetih let 20. stoletja pa do danes. V šestdesetih in sedemdesetih letih 20. stoletja se je povečalo zanimanje, povezano s problemom površinskega otekanja, erozije

v divjini, še posebej kot po požarne posledice. To je povečalo interes za študij celotnega talno-vodnega sistema in je vodilo k razvoju metod za karakterizacijo vodoodbojnosti. V veliko pomoč pri razumevanju in spoznavanju pojava je bil razvoj s pojavom povezanih znanosti. Z razvojem kemije in fizike tal je vzporedno napredovalo tudi vedenje o vodoodbojnosti.

V zadnjih tridesetih letih se je interes za vodoodbojnost močno povečal. Naraščajoč interes je spodbudil razvoj raziskovalnih centrov za preučevanje pojava vodoodbojnosti v tleh in povečal zanimanje za povezana področja. Zaradi razširjenosti pojava so se na različnih koncih sveta posvečali različnim vidikom vodoodbojnosti. Razvile so se različne tehnike kvantificiranja pojava in odpravljanja posledic. Različne tehnike meritev otežujejo primerjavo rezultatov, vendar vedno boljša izmenjava informacij omogoča znanosti hitrejši napredek.

## 2.2 KARAKTERIZACIJA IN IZVOR VODOODBOJNIH TAL

Vodoodbojnost v neomočljivih peskih nastaja zaradi hidrofobnih voskov, ki so prisotni na površju zrn peska in so sestavni del organske snovi, ki je v tleh.

V grobem lahko delimo vire vodoodbojnosti na biološke, ki izvirajo iz rastlin, mikroorganizmov, organske snovi in humusa, ter na nebiološke, kot so ogenj, temperatura tal, tekstura tal oz. vsebnost gline. Vodoodbojnost se pojavlja v tleh, ki imajo manj kot 5 % gline. Kopičenje zadostnih količin organskega ogljika lahko povzroči vodoodbojnost v katerikoli tleh (Harper in sod., 2000).

Polarne in nepolarne voske lahko najdemo v vodoodbojnih tleh, njenih posameznih sestavinah, ki so povezane z vodoodbojnostjo, in v organskih snoveh. Med temi snovmi so: frakcije peska, določene organske snovi, drevesni opad, lubje, lucerna in lupine stročnic, glive, bakterije in alge.

Nepolarni in polarni ekstrakti voskov iz drevesnega opada kažejo podobne hidrofobne lastnosti, kot tisti, ki so izolirani iz neomočljivih peščenih tal in iz njegovih posameznih sestavin. V nasprotju z voski, ki so pridobljeni iz rastlin, imajo ekstrakti, pridobljeni iz gliv in aktinomicet, drugačne hidrofobne lastnosti. Nekatere komponente, ki jih najdemo tako v neomočljivem pesku kot v rastlinskem materialu, niso prisotne v ekstraktih, pridobljenih iz gliv in aktinomicet (Franco in sod., 2000).

Neposreden prispevek mikroorganizmov k sestavi voskov je majhen. Kljub temu je mikrobna aktivnost pomembna pri razvoju in nastanku polarnih voskastih materialov. Vsebnost močno nepolarnih voskov, ki jih v veliki količini najdemo v svežih listih, je v organski snovi v tleh bistveno manjša. Do tega zmanjšanja pride zaradi aktivnosti mikroorganizmov, ki lahko razgrajujejo maščobne kisline. Pričakovano je tudi, da med mikrobno razgradnjo rastlinskih ostankov, kot so lignini in suberini, nastajajo novi organski polarni materiali, ki prispevajo k polarnim voskom (Franco in sod., 2000).

Znano je že več let, da je vodoodbojnost tal funkcija tipa organske snovi v tleh in da organska snov povzroča vodoodbojnost na več načinov (Dekker in Ritsema, 2000):

- a. nepovratni procesi sušenja organske snovi lahko povzročijo vodoodbojnost večinoma v vrhnjih plasteh, ki postanejo težko ponovno omočljiva,
- b. organska snov, ki izhaja iz razkroja rastlinskih ostankov, lahko izzove vodoodbojnost v peščenih tleh,
- c. hidrofozni mikrobni stranski produkti se lahko vežejo na mineralne delce in tako izzovejo vodoodbojnost,
- d. močno vodoodbojnost lahko izzovejo tudi hidrofozni materiali, ki so mešanica mineralnih talnih delcev z določeno organsko snovjo, kot so ostanki korenin, listja in stebel.

Vsi primarni deli rastlin, z izjemo korenin, so prekriti s kutikulo, ki predstavlja pregrado med rastlino in okoljem. Kutikula je zgrajena iz topnih, hidrofobnih lipidov, ki so vgrajeni v poliestrsko matrico. Mikrorelief površine rastlin je pogosto močno vodoodbojen, večinoma zaradi epikutikularnih voskastih kristaloidov. Rastline z vodoodbojnimi listi lahko najdemo v kateremkoli habitatu in v katerikoli skupini rastlin (Dekker in Ritsema, 2000).

### 2.3 OCENA VODOODBOJNOSTI TAL

Temeljni princip močenja kaže, da zmanjšanje površinske tenzije trde substance, ki bo omočena, zmanjša sposobnost močenja. Ravno obratno pa zmanjšanje površinske napetosti nanesene tekočine poveča zmožnost omočenja. Za študije razvoja vodoodbojnosti ali njene sanacije so potrebne primerne meritvene tehnike. Idealno gledano bi morala tehnika biti preprosta in poceni in bi morala nuditi hitre kvantitativne meritve. Razvitih je bilo že več tehnik za merjenje vodoodbojnosti in med razvijanjem primerne tehnike se je povečalo tudi razumevanje same vodoodbojnosti. Ena izmed najbolj preprostih in najbolj pogostih metod za klasifikacijo vodoodbojnosti je empirični "water drop penetretion time (WDPT)" test, ki ga je prvi opisal Van't Woudt leta 1959 (Dekker in Ritsema, 2000). Tri kaplje destilirane vode s pipeto položimo na zglajeno površino vzorca tal in merimo čas, ki preteče, dokler niso kapljice absorbirane (Slika 1).



Slika 1: Prikaz WDPT testa (test vpijanja vodne kapljice v tla)

Povečevanje temperature nanesene vode bo zmanjšalo površinsko napetost, zaradi česar se bo skrajšal čas, ki je potreben za močenje. Zaradi tega je pomembno, da je temperatura vode, tal in okolice med testiranjem konstantna, na primer med 18 in 23 °C. Relativna vlažnost zraka v laboratoriju tudi vpliva na čas pronicanja vodnih kapljic. Povečevanje relativne vlage poveča čas, ko vodne kapljice ostanejo na površju (Dekker in Ritsema, 2000).

Generalno gledano so tla vodoodbojna, če WDPT presega 5 sekund. To nam omogoča, da kvalitativno označimo tla kot vodoodbojna ali omočljiva. Klasifikacija v ti dve kategoriji implicira situacijo "ali-ali", z močnim rezom med tema dvema lastnostma. Vendar je vodoodbojnost tal relativna lastnost, ki variira v intenziteti. Zaradi tega je dodan indeks, ki omogoča kvantitativno definicijo obstojnosti vodoodbojnosti. Dekker in Jungrius sta leta 1990 razlikovala pet razredov, ki so prikazani v preglednici 1 (Dekker in Ritsema, 2000).

Preglednica 1: Klasifikacija obstojnosti vodoodbojnosti tal (Dekker in Ritsema, 2000)

| Razred | WDPT (s) | Nomenklatura                  |
|--------|----------|-------------------------------|
| 0      | <5       | Omočljiva tla                 |
| 1      | 5-60     | Zmerno vodoodbojna tla        |
| 2      | 60-600   | Močno vodoodbojna tla         |
| 3      | 600-3600 | Zelo izrazito vodoodbojna tla |
| 4      | >3600    | Ekstremno vodoodbojna tla     |

## 2.4 MEHANIZMI ZA POJASNITEV RAZVOJA VODOODBOJNOSTI

Pri raziskavah vodoodbojnih substanc, ki sta jih na Novi Zelandiji izvajala Horne in McIntosh, sta oblikovala mehanizme, ki razlagajo procese, kateri vodijo do razvoja



vodoodbojnosti. Mehanizmi se lahko med seboj prepletajo ali delujejo kot stopnje oziroma faze v večjem procesu (Horne in McIntosh, 2000).

Prvi mehanizem: amfifilične sestavine lahko spremenijo orientacijo. Kadar so omočljive, so te komponente najbolj verjetno obrnjene z njihovimi polarnimi konci navzven. Če zaradi kakšnega vzroka, kot je na primer dehidracija, pride do premestitve, potem te substance lahko predstavljajo vodoodbojno komponento s tem, ko izpostavijo svoje nepolarne konce proti zunanosti.

Drugi mehanizem: odbojnost se lahko spreminja glede na stopnjo ionizacije karboksilnih skupin v amfifiličnih sestavinah. V primeru protonizacije dobi funkcionalna skupina hidrofoben značaj. V primeru ionizacije je izhajajoča nabita karboksilna skupina večinoma hidrofilna. Ionizirana oblika karboksilnih skupin je odvisna od vsebnosti vlage. V vlažnih razmerah je karboksilni anion bolj pogost. Ionizacijski status je odvisen tudi od pH vrednosti tal.

Tretji mehanizem se nanaša na količino hidrofobnih substanc, ki so v tleh izpostavljene oz. prekrite. Ko so tla omočljiva, je hidrofoben material zakrit, še posebno, če je površje dobro omočeno. Odbojnost se lahko pojavi, ko so hidrofozne sestavine bolj izpostavljene. Do tega pojava lahko pride zaradi koncentracije karboksilatov in drugih polarnih skupin v povezavi z dehidracijo opisano v mehanizmih ena in dve.

Četrty mehanizem: izločevanje ali dodajanje vodotopnih ali lipidnih sestavin lahko spremeni odbojnost.

## 2.5 POSLEDICE VODOODBOJNOSTI

### 2.5.1 Pospešen transport vode in površinsko odtekanje

Generalno gledano je gibanje vode v vodoodbojna tla močno omejeno. Hitrost prodiranja vode v odbojna tla je veliko nižja v primerjavi z omočljivimi tlemi. Med deževji, ki nastopijo po daljši suši, lahko vodoodbojnost vrhnjih slojev povzroči povečan površinski odtok, še posebej na pobočjih. Vodoodbojnost je večja v suhih tleh kot pa v mokrih, kar je lahko razlog, da je površinski odtok večji pri prvem deževju, ki nastopi po sušnem obdobju, v primerjavi z deževjem, ki sledi. Z naraščajočim deževjem se prodiranje vode poveča in tudi vodoodbojnost se prične zmanjševati (Dekker in Ritsema, 2000).

### 2.5.2 Onesnaževanje vode in izpiranje hranil

Znanje o gibanju vode in v njej raztopljenih snovi skozi z vodo nezasičena tla je nujno potrebno za zanesljive napovedi o nevarnosti onesnaženja podtalnice in za izgube hranil iz kmetijskih tal. Odvzem velikega števila talnih vzorcev je drago in časovno zahtevno delo. Zato je ovrednotenje stanja vlage v tleh velikokrat omejeno s številom vzorcev, kar lahko vodi v nepopolno sliko stvarnih mehanizmov toka vode v tleh na terenu (Dekker in Ritsema, 2000).

### 2.5.3 Preferenčni tokovi

Pri povečanem deževju se prodiranje vode povečuje in počasi prične prodirati skozi vodoodbojne sloje, tako da oblikuje posamezne navpične tokove, ki vodijo globlje v talni profil. Ti tokovi se imenujejo preferenčni tokovi ali prstasti tokovi. Ti tokovi obidejo velike dele z vodo nezasičenih tal in pospešujejo transport vode in v vodi raztopljenih snovi proti podtalnici ali drenažnemu sistemu (Ritsema in Dekker, 1996).

Omočenje vodoodbojnih tal po dežju je lahko nepravilno razporejeno in nepopolno. Gibanje v vodi raztopljenih snovi skozi vodoodbojna tla so proučevali z nanašanjem vode z dodanim barvilom na površje tal. Opazovanja vzorcev omočenja vodoodbojnih tal, pokritih s travo, so pokazala, da se voda giblje navzdol po ozkih kanalih in pri tem pušča za sabo velike volumne suhih tal in s tem povzroča razlike v vsebnosti vode v tleh (Dekker in Ritsema, 2000).

Vodoodbojnost je časovno odvisna fizična lastnost tal, zaradi tega, ker s časom odpor vodoodbojnih tal upade.

## 2.6 GLIVE IN VODOODBOJNOST

Kolobarji gob so pogost pojav na travnikih. Ne predstavljajo problema, razen če se pojavijo na vzdrževanih zelenicah. Veliko število gob raste v kolobarjih, vendar jih večinoma lahko klasificiramo kot basidiomycete (odprtotrosnice). Izraženi simptomi gob, ki rastejo v kolobarjih, so odvisni od specifične vrste in območja korenin, skozi katerega raste gliva.

Za način razvoja gliv velja prepričanje, da je neodvisen od vrste glive. Celoten kolobar naj bi se razvil iz ene spore ali dela micelija, ki povzroča krožno rast. Aktivni del je vedno na zunanji strani kolonije. Glive razgrajujejo organsko snov in s tem sproščajo hranila, ki so potrebna za njihov metabolizem, poleg tega pa postanejo hranila dostopna tudi za rastline. Micelij glive *Marasmius oreades* (Bolt ex Fr.) proizvaja tudi cianogenične sestavine, ki škodijo rastlinskim koreninam in omogočajo nadaljnjo kolonizacijo okuženih rastlin. Starejši micelij v centru kolobarja sčasoma odmre, deloma zaradi pomanjkanja razpoložljivih hranil in deloma zaradi nakopičenja strupenih metabolitov, ki so nastali v času rasti. Območja, kjer je koncentracija gliv velika, to se pravi v mrtvi coni, vsebujejo manj razpoložljive vlage v primerjavi z bližnjimi neokuženimi območji. Kadar je micelij gliv zelo gost, tvori prepreko, ki je neprepustna za vodo. To zmanjša količino vode, ki je razpoložljiva rastlinam (York in Canaway, 2000).

Na številnih zelenicah golf igrišč s suhimi mesti so le-ta razporejena mozaično ali pa v lokih, ki spominjajo na znake površinskih kolobarjev. Zaradi nezmožnosti izoliranja gliv iz suhih mest je uradna povezava teh dveh pojavov nezanesljiva (Wilkinson and Miller, 1978, cit. po York in Canaway, 2000).

## 2.7 SUHA MESTA NA GOLF IGRIŠČIH

Lokalna suha mesta imenujemo pojav nepravilno oblikovanih območij na zelenicah, kjer se pričnejo kazati znamenja stresa zaradi suše (Slika 2). Za ta pojav je lahko krivih veliko dejavnikov, kot so: prekomerno gaženje tal, prisotnost soli, nepravilna uporaba gnojil in fitofarmacevtskih sredstev, prisotnost gliv, žuželke in drugi škodljivci ali neprimerno namakanje. Eden od primarnih razlogov za ta pojav na golf igriščih je vodoodbojnost tal. Vodoodbojnost je pogosto povezana s tlemi, ki vsebujejo velik odstotek peska. Zelenice na golf igriščih pogosto vsebujejo v zgornjih plasteh več kot 90 % peska (Karnok in Tucker, 2001).



Slika 2: Suho mesto na golf igrišču Bled

Suha mesta kažejo na ekstremno vodoodbojnost. Vodne kapljice obstanejo na površju vzorca več kot šest ur. Tretiranje z močili zmanjšuje vodoodbojnost v vrhnjih slojih, zmanjšuje kritično vsebnost vode, izboljša čas prodiranja namakalne vode in poveča volumski delež vode v območju korenin. Za preprečevanje vodoodbojnosti tal je potrebno obdržati tla nad kritično točko s stalnim namakanjem.

## 2.8 KORENINSKI IN MIKROBNI IZLOČKI IN NJIHOV VPLIV NA STRUKTURO TAL IN TRANSPORT VODE

Rastlinski in mikrobn izločki skupaj s ciklom sušenja in močenja tal zaradi evapotranspiracije povzročajo spremembe v strukturi tal. Vpliv koreninskih izločkov se razlikuje od vpliva mikrobnih izločkov. Oboji povečujejo energijo vezi med delci in s tem povzročajo močnejšo tenzijo v tleh. Poroznost se povečuje z vsakim ciklom močenja in sušenja. Pojav je bolj opazen pri bakterijskih izločkih kot pri koreninskih, kar kaže na to, da koreninski izločki stabilizirajo tla in zmanjšujejo rušilni vpliv vlaženja in sušenja. Vlaženje in sušenje tal vodi k povečanju vpojnosti in zmanjšanju odbojnosti. Koreninski

izločki s svojim delovanjem verjetno stabilizirajo strukturo tal v rizosferi, ker se poveča energija vezi med delci in zmanjša hitrost sprejemanja vode. Na ta način vplivajo na vpojnost in odbojnost tal (Czarnes in sod., 2000).

## 2.9 VPLIV DODAJANJA HRANIL NA RAZVOJ MIKROORGANIZMOV

Mikrobi v tleh tvorijo izločke, ki ob sušenju postanejo vodoodbojni in spremenijo hidravlične lastnosti tal. Mikrobne aktivnosti, ki jih povzroča dodajanje hranil, vplivajo na hidravlične lastnosti talnih agregatov. Z dodajanjem dušika so ugotovili, da se zmanjša vpojnost in hidravlična prevodnost, zaradi povečane vodoodbojnosti. V laboratorijskih študijah je dodajanje hranil povzročilo močno vodoodbojnost talnih agregatov. Študije respiracije so pokazale veliko povečanje biološke aktivnosti po dodajanju hranil, kar je povzročalo nastajanje vodoodbojnih snovi (Hallet in Young, 1999).

Povečana mikrobna aktivnost, ki jo izzove dodajanje rastlinskih hranil v tla, vpliva na fizične procese v tleh, kot so: transport vode, retenzija in stabilnost talnih agregatov. Največji vpliv ima na nastajanje vodoodbojne mikrobne biomase in izločkov, ki spreminjajo hidravlične lastnosti tal in povečajo moč vezi med talnimi delci. Zmanjšana vpojnost tal, ki jo povzroča odbojnost, ima resne posledice na upravljanje s tlemi, saj vpliva na odtekanje vode, rušenje agregatov zaradi hitrosti vodnega toka, in pospešenega toka med talnimi agregati (Hallet in Young, 1999).

Gnojila so potrebna za povečevanje rastlinske pridelave, vendar je pri celostnem upravljanju s tlemi potrebno tudi upoštevanje vplivov, ki jih izzove gnojenje. Veliko je bilo opravljenih raziskav vodoodbojnosti v povezavi z mikrobno aktivnostjo, vendar vemo le malo o vplivih dodanih gnojil. Glede na to, da dodajanje hranil vpliva na povečanje biološke aktivnosti, lahko pričakujemo spremembe hidravličnih lastnosti tal zaradi izločanja vodoodbojnih eksudatov.

Kadar preučujemo vodoodbojnost, je pomembno, da raziščemo talne agregate kot samostojne entitete, saj se pojavlja v največjem obsegu po obdelavi tal, ko je mikrobna aktivnost navadno največja. Večina mikrobne aktivnosti se odvija na površju agregatov, kjer je dostopnost substratov največja.

Dodajanje gnojil lahko močno vpliva na hidravlične lastnosti talnih agregatov na terenu. Ob dodanih 120 kg N/ha se vpojnost tal in njihova hidravlična prevodnost bistveno zmanjša zaradi povečane hidrofobnosti. Laboratorijska študija, kjer so z dodajanjem izbranih hranil povečali mikrobiološko aktivnost v talnih agregatih, je pokazala enak učinek (Hallet in Young, 1999).

V kmetijstvu je potrebno upoštevati vpliv dodajanja hranil na transport vode, tako da stabilnost agregatov, odtekanje vode in tok vode med agregati ne postanejo problematični.

## 2.10 VPLIV FUNGICIDA IN MOČILNEGA AGENTA NA VODOODBOJNOST TAL

Za nadzor razširjanja micelija gliv so na trgu na razpolago različni fungicidi. Nanaša se jih preventivno ali kurativno. Da zagotovimo pronicanje fungicida v tla, je priporočljivo, da ga nanesemo skupaj z močilnim sredstvom. Dovolj zgodnji nanos fungicida bo preprečil nastanek suhih mest, ki so posledica gliv. Med nekaterimi vzdrževalci zelenic na golf igriščih je običajno, da uporabijo fungicid ob vsakem znaku razširitve gliv, lokalnih suhih mest ali vodoodbojnih tal. Obstaja zmotno prepričanje, da fungicidi odpravijo ali zmanjšajo vodoodbojnost tal in zaradi tega tudi suha mesta. Fungicidi sami nimajo vpliva na zmanjševanje vodoodbojnosti na že obstoječih hidrofobnih tleh. V primeru, da fungicid nanesemo ob prvih znakih razširjanja gliv, lahko preprečimo razvoj vodoodbojnosti v tleh. Močilna sredstva so se izkazala kot učinkovita pri zmanjševanju vodoodbojnosti in so primarna sredstva za znižanje vodoodbojnosti tal (Karnok in Tucker, 2001).

## 2.11 VPLIV FUNGICIDOV IN BAKTERICIDOV NA MIKROBNO INDUCIRANO VODOODBOJNOST

Eden od glavnih razlogov za vodoodbojnost tal naj bi bili hidrofojni mikrobnii izločki, ki spremenijo kontaktni kot tla-voda.

Raziskave naravnih peščenih tal in tal na športnih zelenicah so identificirale glive kot glavno mikrobo skupino, ki povzroča vodoodbojnost tal, medtem ko bakterije zmanjšujejo vodoodbojnost s tem, ko uničujejo hidrofojne sestavine. Kmetijska tla imajo v primerjavi s športnimi zelenicami in peščenimi tlemi veliko bolj neizenačene mehanske in kemijske lastnosti. Zaradi teh razlogov še vedno ni znano, ali imajo glive in bakterije enak vpliv v kmetijskih tleh (Feeney in sod., 2006).

Hallett in Young (1999) sta odkrila, da se v primeru stimuliranja biomase s hranili lahko znatno poveča vodoodbojnost v kmetijskih tleh. Feeney je pred kratkim razširil svoje delo s poročilom, da je tesna povezava med biomaso gliv in vodoodbojnostjo. Vendar te študije niso izolirale vpliva nativnih bakterij in gliv na razvoj vodoodbojnosti (Feeney, 2004., cit. po Feeney in sod., 2006).

Študija, ki jo je vodil Hallett (Hallett in sod., 2001, cit. po Feeney in sod., 2006) na peščenem golf igrišču, je obravnavala, kakšen vpliv ima zaviranje gliv in bakterij z biocidi na tla. V poskusu z omejevanjem gliv se je razvoj vodoodbojnosti zmanjšal po 10 dneh inkubacije v tleh z dodanimi hranili. Zaviranje bakterij je močno povečalo raven vodoodbojnosti. Morda je vzrok v tem, da bakterije razgrajujejo hidrofojne komponente ali pa v tem, da so se močno razširile glive zaradi manjše kompeticije.

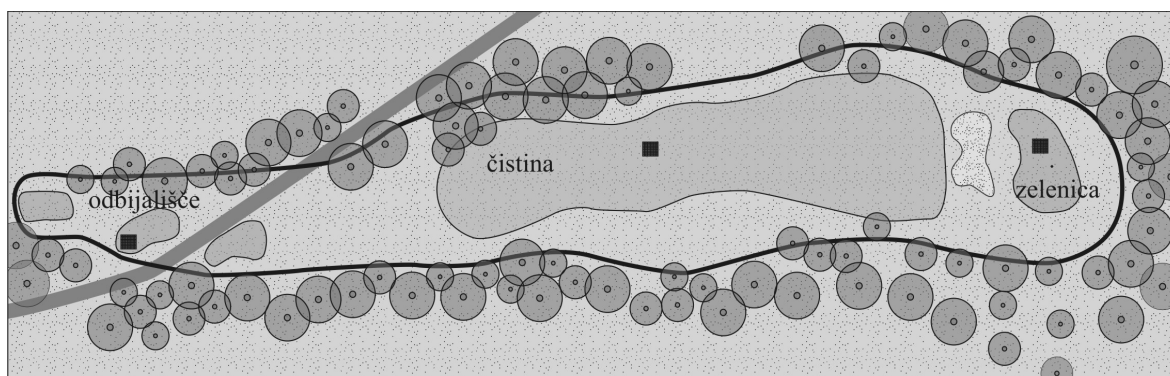
### 3 MATERIAL IN METODE DELA

#### 3.1 OPIS GOLF IGRIŠČA BLED

Blejsko igrišče za golf leži 4 kilometre od središča mesta Bled. Obsega Kraljevo igrišče z osemnajstimi igralnimi polji in Jezersko igrišče z devetimi igralnimi polji. V raziskavo je bilo vključeno Jezersko igrišče, ki je del bodočega turnirskega igrišča z osemnajstimi igralnimi polji. Obsega 30 hektarov, na katerih je 17 peščenih ovir in 3 vodne ovire. Vsako igralno polje ima urejeno štiri začetne točke na odbijališču, čistino in zelenico. Glede na začetno točko je dolžina igranja lahko med 2825 metrov in 3047 metrov. Najdaljše igralno polje meri 478 metrov in najkrajše 151 metrov.

#### 3.2 VZORČENJE

Odvzem vzorcev smo izvedli s travniško sondo. Vzorce smo odvzeli s treh delov naključno izbranega igralnega polja številka tri, in sicer z odbijališča, čistine in zelenice (Slika 3).



Slika 3: Vzorčna mesta za meritve vodoodbojnosti tal na golf igrišču Bled, igralno polje številka tri

Pri prvem vzorčenju 28.6.2006 smo jemali vzorce na takih lokacijah, kjer smo predvidevali, da bodo rezultati pokazali vodoodbojnost, saj smo želeli preveriti prisotnost dejanske vodoodbojnosti.

V raziskavi smo uporabili naslednje materiale:

- pečica za sušenje vzorcev,
- travniška sonda,
- destilirana voda,
- pipeta,
- plastične vrečke za jemanje vzorcev,
- mreža v velikosti 1m x 1m s 100 polji,
- mikroskop,
- pripomočki za mikroskopiranje.

Analiza zemlje na kemične in mehanske lastnosti je bila opravljena na Centru za pedologijo in varstvo okolja dne 12.6.2007 (Priloga A).

Za boljše razumevanje opravljenih meritev so vzorčenja razporejena po datumih v Preglednici 2.

Preglednica 2: Vzorčenje po datumih s prikazom števila odvzetih vzorcev na izbranih lokacijah za ugotavljanje prisotnosti vodoodbojnosti, določitev vsebnosti vode v tleh in ugotavljanje prisotnosti micelija glive

| Datum     | Vzorčenja                 | Število vzorcev |         |          |
|-----------|---------------------------|-----------------|---------|----------|
|           |                           | Odbijališče     | Čistina | Zelenica |
| 28.6.2006 | Prisotnost vodoodbojnosti | 11              | 12      | 11       |
|           | Vsebnost vode v tleh      | 11              | 12      | 11       |
| 27.6.2007 | Prisotnost vodoodbojnosti | 60              | -       | 60       |
|           | Vsebnost vode v tleh      | 60              | -       | 60       |
|           | Prisotnost vodoodbojnosti | 20              | -       | 20       |
|           | Prisotnost micelija glive | 20              | -       | 20       |
| 26.7.2007 | Prisotnost vodoodbojnosti | -               | -       | 60       |
|           | Vsebnost vode v tleh      | -               | -       | 60       |
|           | Prisotnost vodoodbojnosti | -               | -       | 20       |
|           | Prisotnost micelija glive | -               | -       | 20       |

### 3.3 MERJENJA IN ANALIZE

#### 3.3.1 Merjenje dejanske vodoodbojnosti na terenu

Prostorska raznolikost glede na stopnjo potencialne vodoodbojnosti je lahko odvisna od različne razporeditve vodoodbojnih huminskih substanc znotraj tal. Nasprotno od dejanske vodoodbojnosti, ki se lahko hitro spreminja zaradi različne vsebnosti vode v tleh, je potencialna vodoodbojnost manj časovno odvisna lastnost tal. Odvisna je le toliko, kolikor je potrebno časa, da se spremenijo lastnosti vodoodbojnih huminskih substanc v tleh.

Potencialno vodoodbojnost ugotavljamo na posušenih vzorcih, dejanska pa nam pokaže stanje v naravi.

Vzorci smo na terenu testirali z WDPT testom (pronicanje vodne kapljice v tla). Vzorci smo odvzeli s travniško sondo in na zglajeno površino nanegli kapljice destilirane vode (Slika 4).



Slika 4: Ugotavljanje dejanske vodoodbojnosti tal na terenu

Kapljice smo nanašali na 3 cm, 6 cm, 9 cm in 12 cm globine in spremljali čas, ki je pretekel, preden je zemlja vpila kapljico. V primeru, da je kapljica obstala na površini več kot 5 sekund, smo definirali tla kot vodoodbojna.

### 3.3.2 Meritev vsebnosti vode v tleh

V neposredni bližini vzorčnih mest smo nabrali še vzorce za gravimetrično meritev vsebnosti vode v tleh. Vzorci smo shranili v neprodušno zaprte plastične vrečke. V laboratoriju smo jih stekali in po tehtanju smo jih sušili v sušilni pečici 24 ur na 105 °C. Po sušenju smo jih pustili 24 ur, da se ohladijo na sobno temperaturo in jih zopet stekali.

Masni odstotek vode (m %) smo izračunali na podlagi naslednje formule:

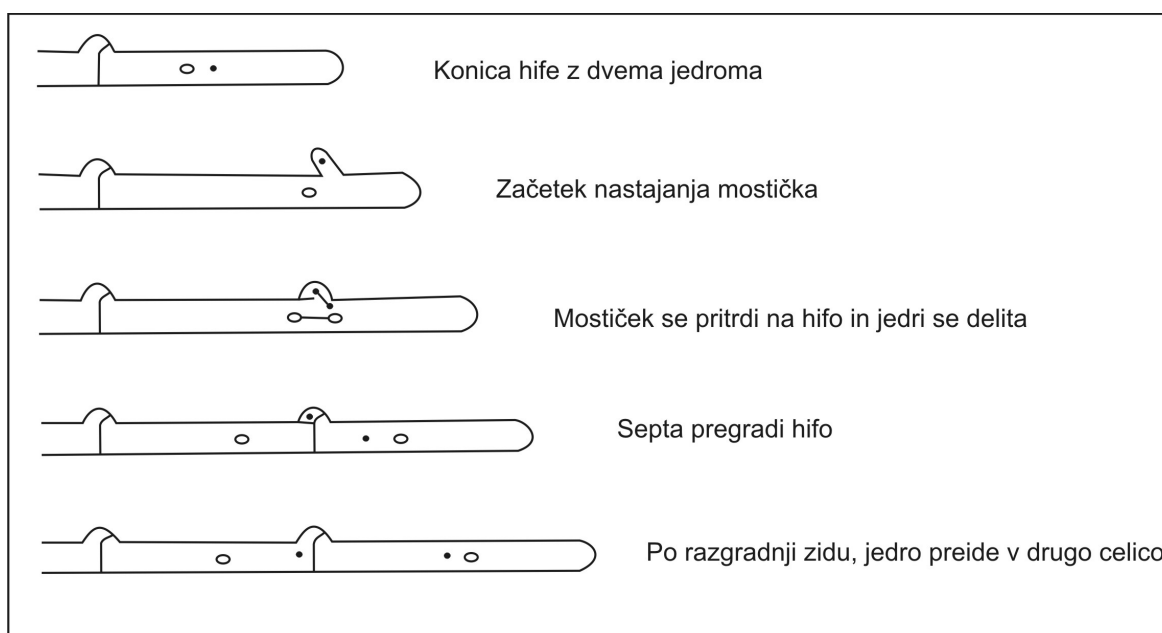
$$m \% = \frac{\text{masa vlažnega vzorca tal} - \text{masa suhega vzorca tal}}{\text{masa suhega vzorca tal}} \times 100 \quad \dots(1)$$

### 3.3.3 Ugotavljanje prisotnosti micelija gliv

Za ugotavljanje prisotnosti micelija gliv smo odvzeli vzorce s travniško sondo na globini od 0-9 cm. Vzorci smo inkubirali v laboratoriju. Dodali smo jim navlaženo vato in jih zaprli v plastične vrečke. V primeru, da je gliva prisotna, se je razvil micelij. Vzorci so bili inkubirani štiri tedne. Pod mikroskopom smo preverili, ali spada gliva v deblo Basidiomycota (prostotrošnice). Micelij gliv iz skupine prostotrošnic se od micelija gliv



ostalim debel razlikuje po tem, da med posameznimi septami hif tvori mostičke (spore), po katerih prehajajo jedra iz ene septe v drugo (Slika 5). Karakteristik, ki jih imajo prostotrošnice, pod mikroskopom nismo našli, zato smo v nadaljnjo obravnavo vzeli le dejstvo, ali se je micelij razvil oz. ne. V primeru, da se po štirih tednih inkubacije micelij ni razvil, smo vzorec pojmovali, kot da v vzorcu gliv ni. Nadaljnje klasifikacije gliv nismo izvajali, zaradi prezahtevnosti postopka. Za identifikacijo točno določene vrste je potrebno vzgojiti trosišče.



Slika 5: Prikaz nastajanja mostičkov (spon), po katerih lahko razlikujemo basidiomycete (prostotrošnice) od ostalih razredov gliv (Deacon, 1997)

### 3.3.4 Ugotavljanje povezanosti pojava vodoodbojnosti in prisotnosti gliv

Pri nadaljnjih vzorčenjih, ki so potekala 27.6.2007, smo želeli ugotoviti povezavo med prisotnostjo gliv iz debla Basidiomycota in pojavom vodoodbojnosti. Na čistini pojav ni bil prisoten, zato smo vzorce jemali le na odbijališču in na zelenici. Na teh dveh vzorčnih mestih smo naključno odvzeli po 20 vzorcev. Da smo zagotovili naključnost, smo iz mreže velikosti enega kvadratnega metra razdeljenega na sto polj, naključno izbrali dvajset polj (Slika 6). Vzorci so bili preverjeni z WDPT testom glede dejanske vodoodbojnosti na terenu in v nadaljevanju glede vsebnosti vode in prisotnosti gliv v laboratoriju. Pri naslednjem vzorčenju 26.7.2007, so bili vzorci odvzeti in preverjeni le na zelenici, ker so na drugih delih igrišča znaki vodoodbojnosti izginili.



Slika 6: Vzorčno mesto za meritve vodoodbojnosti tal na golf igrišču Bled z mrežo za zagotavljanje naključnega izbora

## 4 REZULTATI

### 4.1 DEJANSKA VODOODBOJNOST TAL NA GOLF IGRIŠČU BLED

Na odbijališču je bila trava tretirana podobno kot na zelenici, z edino razliko, da je bila manj zalivana. Obremenitev je enaka kot na zelenici. Na čistini so, prav tako kot na zelenici in na odbijališču, tla zelo plitva. Vodoodbojnost je na čistini težko najti. Suha mesta so manj pogosta in vodoodbojnost je manjkrat prisotna. S suhih mest na odbijališču, čistini in zelenici so bili odvzeti vzorci, kjer je bila vodoodbojnost prisotna vsaj v vrhnjih treh centimetrih, kljub dejstvu, da je bilo igrišče prejšnji večer zalivano.

Na odbijališču so bili vsi vzorci vodoodbojni. V zgornjem sloju od 0-3 cm je bila vsebnost vode največja (do 19,59 m %). V sloju od 3,1-6 cm se je vsebnost vode zmanjšala v povprečju za 12,13 m %. Z globino je vsebnost vode v povprečju zopet naraščala (Preglednica 3).

Preglednica 3: Vodoodbojnost in vsebnost vode v tleh (m %) na odbijališču na golf igrišču Bled, datum: 28.6.2006

| Globina [cm]  | Odbijališče 1 |                            | Odbijališče 2 |                            | Odbijališče 3 |                            | Povprečje                  |
|---------------|---------------|----------------------------|---------------|----------------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|
|               | VO            | Vsebnost vode v tleh [m %] | VO            | Vsebnost vode v tleh [m %] | VO            | Vsebnost vode v tleh [m %] | Vsebnost vode v tleh [m %] |
| 0-3           | +             | 17,27                      | +             | 19,59                      | +             | 10,42                      | 15,76                      |
| 3,1-6         | +             | 3,28                       | +             | 4,77                       | +             | 2,82                       | 3,63                       |
| 6,1-9         | +             | 3,63                       | +             | 7,13                       | +             | 6,64                       | 5,80                       |
| 9,1-12        | +             | 5,78                       | +             | 6,85                       |               |                            | 6,32                       |
| Povprečje 0-9 |               | 5,98                       |               | 10,50                      |               | 6,63                       |                            |

Opombe: VO = vodoodbojnost; + je prisotna; - ni prisotna

Na čistini so bili štirje vzorci vodoodbojni. Vodoodbojnost je bila prisotna v zgornjem sloju v vseh treh vzorcih. Vsebnost vode je bila v povprečju najvišja v zgornjem sloju (9,62 m %), v drugem najnižja (6,91 m %) in je zopet naraščala z globino (Preglednica 4).

Preglednica 4: Vodoodbojnost in vsebnost vode v tleh (m %) na čistini na golf igrišču Bled, datum: 28.6.2006

| Globina [cm]  | Čistina 1 |                            | Čistina 2 |                            | Čistina 3 |                            | Povprečje                  |
|---------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|----------------------------|
|               | VO        | Vsebnost vode v tleh [m %] | VO        | Vsebnost vode v tleh [m %] | VO        | Vsebnost vode v tleh [m %] | Vsebnost vode v tleh [m %] |
| 0-3           | +         | 8,68                       | +         | 6,92                       | +         | 13,26                      | 9,62                       |
| 3,1-6         | +         | 4,82                       | -         | 7,86                       | -         | 8,06                       | 6,91                       |
| 6,1-9         | -         | 7,80                       | -         | 7,90                       | -         | 9,22                       | 8,31                       |
| 9,1-12        | -         | 7,91                       | -         | 7,88                       | -         | 9,99                       | 8,59                       |
| Povprečje 0-9 |           | 7,10                       |           | 7,56                       |           | 10,18                      |                            |

Opombe: VO = vodoodbojnost; + je prisotna; - ni prisotna

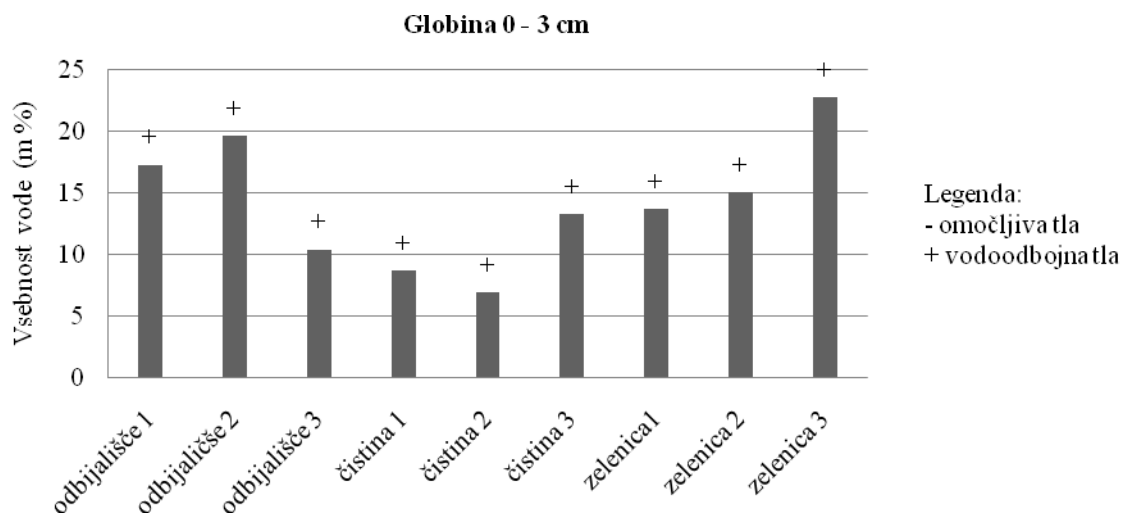
Na zelenici je bilo šest vzorcev vodoodbojnih. Največja vsebnost vode (22,73 m %) je bila zabeležena v sloju 0-3 cm. (Preglednica 5).

Preglednica 5: Vodoodbojnost in vsebnost vode v tleh (m %) na zelenici na golf igrišču Bled, datum: 28.6.2006

| Globina [cm]  | Zelenica 1 |                            | Zelenica 2 |                            | Zelenica 3 |                            | Povprečje                  |
|---------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|----------------------------|
|               | VO         | Vsebnost vode v tleh [m %] | VO         | Vsebnost vode v tleh [m %] | VO         | Vsebnost vode v tleh [m %] | Vsebnost vode v tleh [m %] |
| 0-3           | +          | 13,69                      | +          | 15,02                      | +          | 22,73                      | 17,15                      |
| 3,1-6         | -          | 7,52                       | +          | 8,82                       | +          | 10,31                      | 8,88                       |
| 6,1-9         | -          | 10,96                      | -          | 9,80                       | +          | 12,56                      | 11,11                      |
| 9,1-12        | -          | 22,07                      | -          | 20,10                      |            |                            | 21,09                      |
| Povprečje 0-9 |            | 10,73                      |            | 11,21                      |            | 15,20                      |                            |

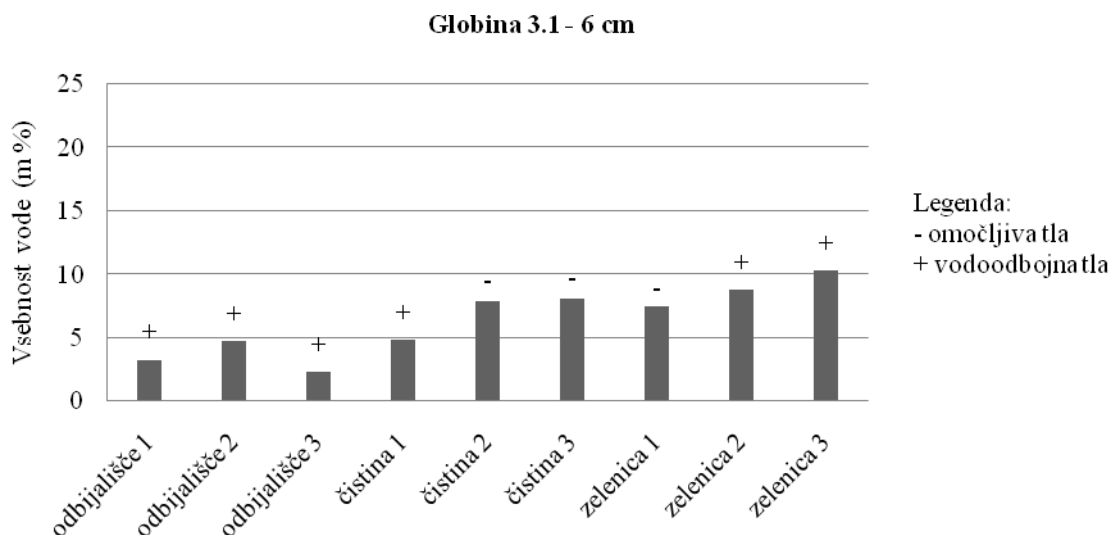
Opombe: VO = vodoodbojnost; + je prisotna; - ni prisotna

Vsebnost vode se je v sloju 0-3 cm gibala med 6,92 m % na čistini do 22,73 m % na zelenici. Vsi vzorci so bili vodoodbojni (Slika 7).



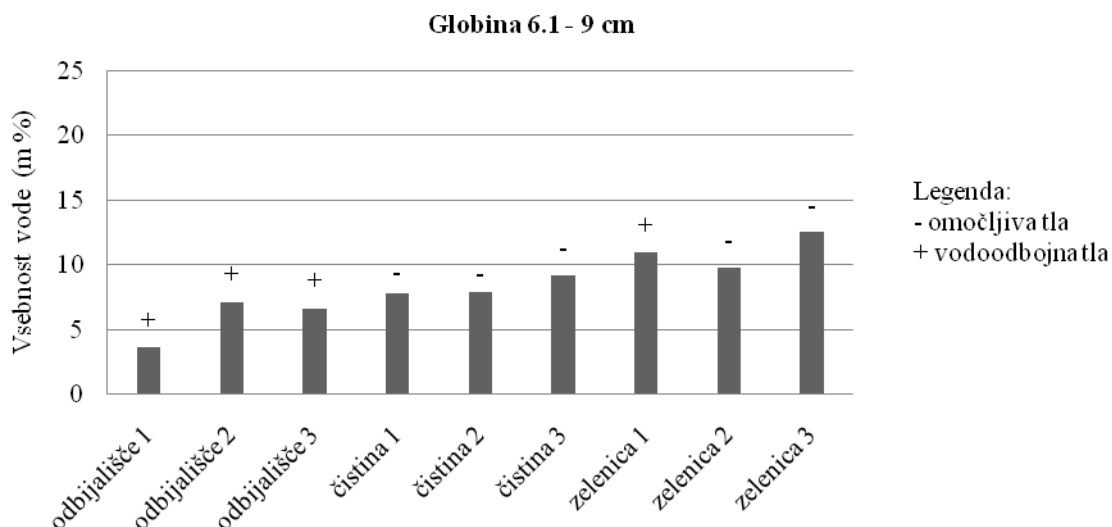
Slika 7: Vsebnost vode (m %) na golf igrišču Bled pri globini od 0 cm do 3 cm in oznaka omočljivosti tal (-) oz. vodoodbojnosti (+), datum: 28.6.2006

Na globini 3,1-6 cm so bili vodoodbojni vzorci z majhno vsebnostjo vode (pod 5 m %) in sicer vsi trije vzorci z odbijališča in en vzorec s čistine. Vodoodbojna sta bila tudi dva vzorca z zelenice, ki sta imela v tej globini največjo količino vode in sicer med 8 in 11 m % (Slika 8).



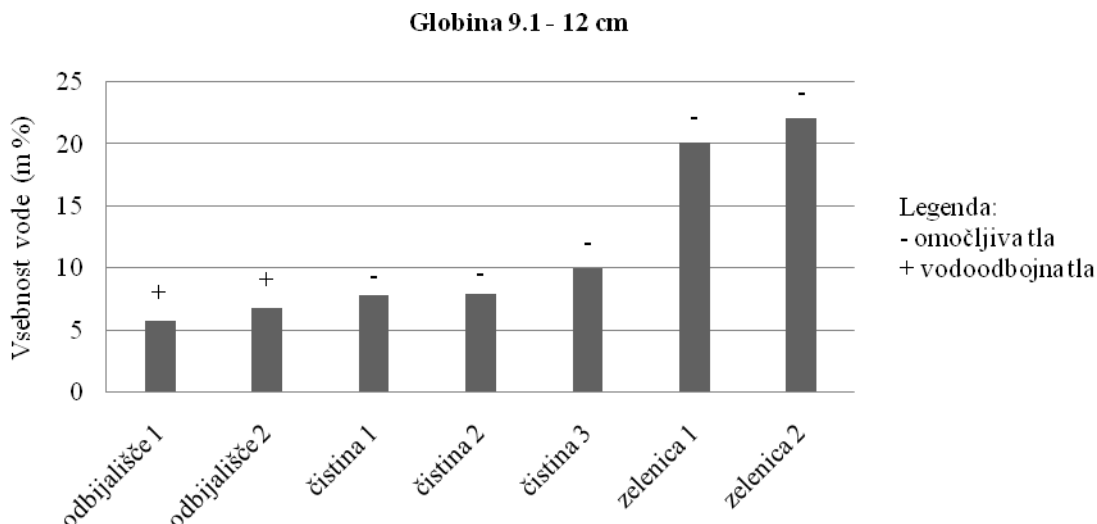
Slika 8: Vsebnost vode (m %) na golf igrišču Bled pri globini od 3,1 cm do 6 cm in oznaka omočljivosti tal (-) oz. vodoodbojnosti (+), datum: 28.6.2006

Na globini 6,1-9 cm so bili štirje vzorci vodoodbojni. Trije od teh so bili vzorci z odbijališča, katerih vsebnost vode je bila pod 8 m %. Vzorec z zelenice pri katerem je tudi bila zabeležena vodoodbojnost je imel vsebnost vode 12,56 m % (Slika 9).



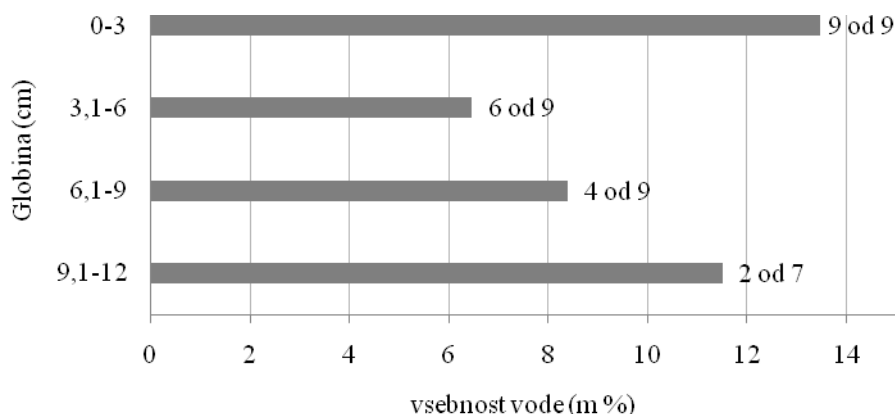
Slika 9: Vsebnost vode (m %) na golf igrišču Bled pri globini od 6,1 cm do 9 cm in oznaka omočljivosti tal (-) oz. vodoodbojnosti (+), datum: 28.6.2006

Na globini od 9,1-12 cm sta bila samo dva vzorca z odbijališča vodoodbojna. Vsebnost vode pri teh dveh vzorcih je bila pod 7 m %. Vsebnost vode je bila največja na zelenici in sicer nad 20 m % (Slika 10).



Slika 10: Vsebnost vode (m %) na golf igrišču Bled pri globini od 9,1 cm do 12 cm in oznaka omočljivosti tal (-) oz. vodoodbojnosti (+), datum: 28.6.2006

Slika 11 prikazuje povprečno vsebnost vode v tleh (m %) po globinah vzorčenja. Na prvih treh globinah je bilo odvzetih po devet vzorcev. Na globini od 9,1 cm do 12 cm je bilo odvzetih le sedem vzorcev. Najmanjše število vodoodbojnih vzorcev je bilo na globini 9,1-12 cm, kjer je bila povprečna vsebnost vode pod 12 m % in največje na globini 0-3 cm, kjer je bila povprečna vsebnost vode nad 13 m %.

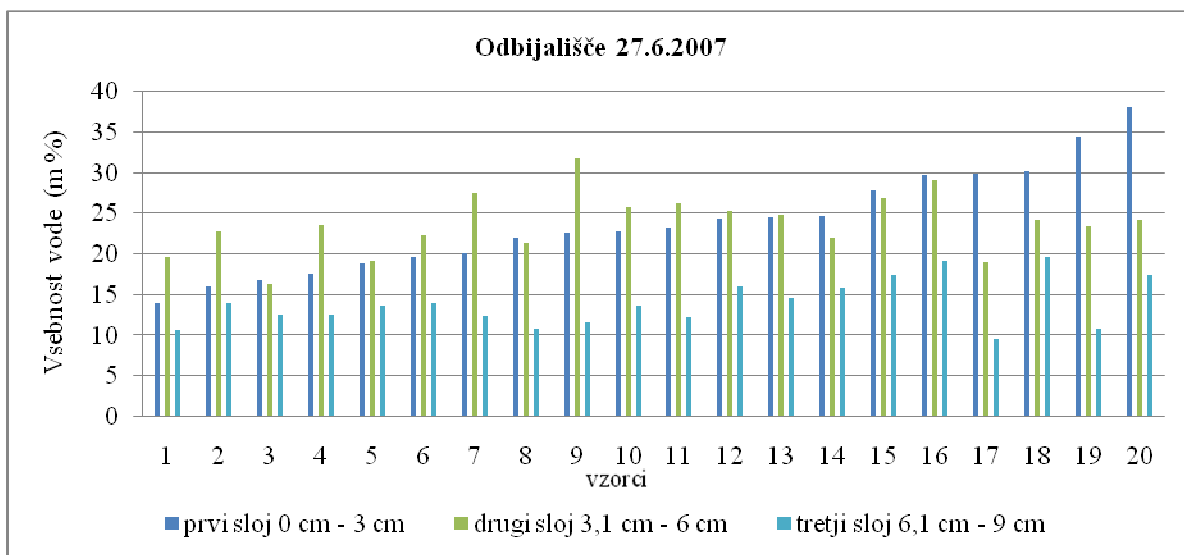


Slika 11: Vsebnost vode (m %) glede na globino na golf igrišču Bled in prikaz števila vodoodbojnih vzorcev, datum: 28.6.2006

## 4.2 UGOTAVLJANJE PRISOTNOSTI GLIV

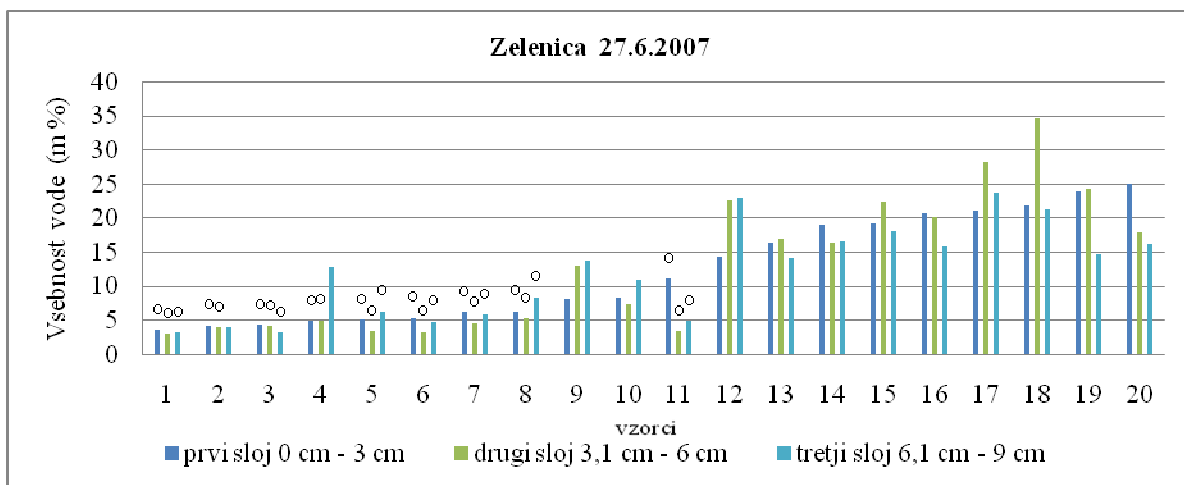
Pri vzorčenju, ki je potekalo 27.6.2007, smo želeli preveriti, ali obstaja povezava med pojavom vodoodbojnosti in prisotnostjo gliv. Vzorce smo odvzeli z odbijališča in zelenice. Na čistini vidnih mest, ki bi nakazovala vodoodbojnost ("suha mesta") tedaj ni bilo, zato na tem delu igrišča nismo vzorčili.

Na odbijališču so se v sloju od 0-3 cm vsebnosti vode gibale od 14-38 m %. V sloju od 3,1-6 cm so se vsebnosti vode gibale od 16-32 m %. V sloju od 6,1-9 cm so se vsebnosti vode gibale od 9-20 m %. Pri nobenem od vzorcev ni bila zabeležena vodoodbojnost (Slika 12).



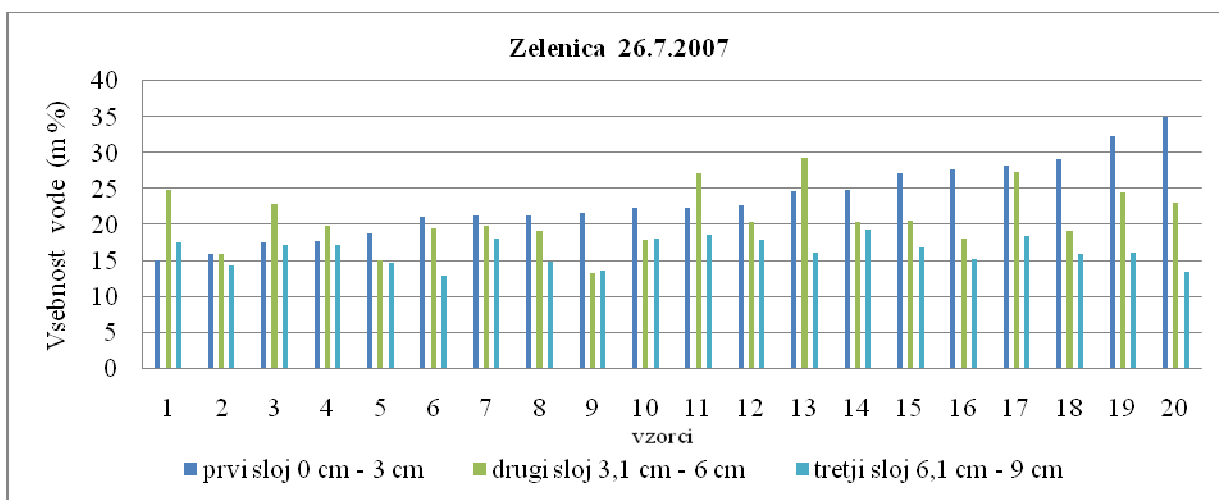
Slika 12: Vsebnost vode (m %) na odbijališču na golf igrišču Bled po globinah; 27.6.2007, noben od vzorcev tal ni bil vodoodbojen.

Na zelenici so se v sloju od 0-3 cm vsebnosti vode gibale od 3-25 m %. Vodoodbojnost se je pojavila pri devetih vzorcih. Pri osmih vzorcih je bila vsebnost vode nižja od 7 m %. V sloju od 3,1-6 cm so se vsebnosti vode gibale od 3-35 m %. Vodoodbojnost je bila zabeležena pri devetih vzorcih, pri katerih je bila vsebnost vode nižja od 5,5 m %. V sloju od 6,1-9 cm so se vsebnosti vode gibale od 3-24 m %. Vodoodbojnost je bila zabeležena pri sedmih vzorcih, pri katerih je bila vsebnost vode nižja od 8,5 m % (Slika 13).



Slika 13: Vsebnost vode (m %) na zelenici na golf igrišču Bled po globinah; 27.6.2007 Oznaka "o" prikazuje vzorce, ki so bili vodoodbojni.

Vzorčenje, ki smo ga izvajali 26.7.2007, je bilo izvedeno na zelenici. Na ostalih delih ni bilo znamenj vodoodbojnosti. V sloju od 0-3 cm so se vsebnosti vode gibale od 15-35 m %. V sloju od 3,1-6 cm so se vsebnosti vode gibale od 13-30 m %. V sloju od 6,1-9 cm so se vsebnosti vode gibale od 12-20 m %. Vodoodbojnost ni bila zabeležena pri nobenem od vzorcev (Slika 14).



Slika 14: Vsebnost vode (m %) na zelenici na golf igrišču Bled po globini tal; 26.7.2007, noben od vzorcev tal ni bil vodoodbojen.



Pri vzorcih, odvzetih na odbijališču dne 27.6.2007, so se vsebnosti vode na globini od 0-9 cm gibale od 14-25 m %. Vodoodbojnost ni bila zabeležena. Micelij gliv se je razvil v dveh primerih, pri vsebnosti vode 17,64 m % in 22,04 m % (Preglednica 6).

Preglednica 6: Vsebnost vode (m %), prisotnosti micelija gliv in prisotnosti vodoodbojnosti za vzorčno mesto odbijališče na globini od 0-9 cm, na golf igrišču Bled, datum: 27.6.2007

| Odbijališče |                     |                          |                           |                      |
|-------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|
| št. vzorca  | vsebnost vode (m %) | prisotnost micelija gliv | prisotnost vodoodbojnosti | ujemanje prisotnosti |
| 1           | 14,86               | -                        | -                         | --                   |
| 2           | 15,28               | -                        | -                         | --                   |
| 3           | 17,27               | -                        | -                         | --                   |
| 4           | 17,64               | +                        | -                         | +-                   |
| 5           | 17,96               | -                        | -                         | --                   |
| 6           | 18,11               | -                        | -                         | --                   |
| 7           | 18,67               | -                        | -                         | --                   |
| 8           | 19,50               | -                        | -                         | --                   |
| 9           | 20,04               | -                        | -                         | --                   |
| 10          | 20,67               | -                        | -                         | --                   |
| 11          | 20,75               | -                        | -                         | --                   |
| 12          | 20,91               | -                        | -                         | --                   |
| 13          | 21,38               | -                        | -                         | --                   |
| 14          | 21,94               | -                        | -                         | --                   |
| 15          | 22,04               | +                        | -                         | +-                   |
| 16          | 22,92               | -                        | -                         | --                   |
| 17          | 24,10               | -                        | -                         | --                   |
| 18          | 24,74               | -                        | -                         | --                   |
| 19          | 26,09               | -                        | -                         | --                   |
| 20          | 26,59               | -                        | -                         | --                   |

Opombe:

|     |                                |     |                               |
|-----|--------------------------------|-----|-------------------------------|
| -   | - pojav ni prisoten            | +   | - pojav je prisoten           |
| - - | - noben od pojavov ni prisoten | + - | - prisoten le eden od pojavov |

Micelij gliv se je razvil v 2 od 20 primerov, ko vodoodbojnost ni bila prisotna (Preglednica 7).

Preglednica 7: Ujemanje prisotnosti micelija gliv in prisotnosti vodoodbojnosti za vzorčno mesto odbijališče na globini od 0-9 cm, na golf igrišču Bled, datum: 27.6.2007

|                          | Prisotnost vodoodbojnosti |    | Skupaj |
|--------------------------|---------------------------|----|--------|
| Prisotnost micelija gliv | +                         | -  |        |
| +                        | 0                         | 2  | 2      |
| -                        | 0                         | 18 | 18     |
| Skupaj                   | 0                         | 20 | 20     |

Pri vzorcih, odvzetih na zelenici dne 27.6.2007, so se vsebnosti vode na globini od 0-9 cm gibale od 3-26 m %. Vodoodbojnost je bila zabeležena pri devetih vzorcih, pri katerih je bila vsebnost vode manjša od 8 m %. Micelij glive se je razvil v osemnajstih primerih. V dveh primerih, ko se ni razvil, prav tako ni bil prisoten pojav vodoodbojnosti (Preglednica 8).

Preglednica 8: Vsebnost vode (m %), prisotnosti micelija gliv in prisotnosti vodoodbojnosti za vzorčno mesto zelenica na globini od 0-9 cm, na golf igrišču Bled, datum: 27.6.2007

| Zelenica   |                     |                          |                           |                      |
|------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|
| št. vzorca | vsebnost vode (m %) | prisotnost micelija gliv | prisotnost vodoodbojnosti | ujemanje prisotnosti |
| 1          | 3,21                | +                        | +                         | ++                   |
| 2          | 3,85                | +                        | +                         | ++                   |
| 3          | 4,04                | +                        | +                         | ++                   |
| 4          | 4,43                | +                        | +                         | ++                   |
| 5          | 4,88                | +                        | +                         | ++                   |
| 6          | 5,52                | +                        | +                         | ++                   |
| 7          | 6,42                | +                        | +                         | ++                   |
| 8          | 6,61                | +                        | +                         | ++                   |
| 9          | 7,54                | +                        | +                         | ++                   |
| 10         | 8,84                | +                        | -                         | + -                  |
| 11         | 11,61               | -                        | -                         | - -                  |
| 12         | 15,80               | +                        | -                         | + -                  |
| 13         | 17,24               | +                        | -                         | + -                  |
| 14         | 18,82               | +                        | -                         | + -                  |
| 15         | 19,63               | +                        | -                         | + -                  |
| 16         | 19,87               | +                        | -                         | + -                  |
| 17         | 19,96               | +                        | -                         | + -                  |
| 18         | 20,91               | +                        | -                         | + -                  |
| 19         | 24,25               | +                        | -                         | + -                  |
| 20         | 25,88               | -                        | -                         | - -                  |

Opombe:

- |     |                               |     |                                |
|-----|-------------------------------|-----|--------------------------------|
| -   | - pojav ni prisoten           | +   | - pojav je prisoten            |
| +   | - oba pojava sta prisotna     | - - | - noben od pojavov ni prisoten |
| + - | - prisoten le eden od pojavov |     |                                |

Prisotnost micelija glive se v devetih primerih pokriva s prisotnostjo in odsotnostjo vodoodbojnosti. V dveh primerih nismo zabeležili niti micelija gliv niti vodoodbojnosti (Preglednica 9).

Preglednica 9: Ujemanje prisotnosti micelija gliv in prisotnosti vodoodbojnosti za vzorčno mesto zelenica na globini od 0-9 cm, na golf igrišču Bled, datum: 27.6.2007

| Prisotnost micelija gliv | Prisotnost vodoodbojnosti |    | Skupaj |
|--------------------------|---------------------------|----|--------|
|                          | +                         | -  |        |
| +                        | 9                         | 9  | 18     |
| -                        | 0                         | 2  | 2      |
| Skupaj                   | 9                         | 11 | 20     |

Pri vzorcih, odvzetih na zelenici dne 26.7.2007, so se vsebnosti vode na globini od 0-9 cm gibale od 15-25 m %. Prisotnost vodoodbojnosti ni bila zabeležena. Micelij gliv se je razvil v petnajstih primerih (Preglednica 10).

Preglednica 10: Vsebnost vode (m %), prisotnosti micelija gliv in prisotnosti vodoodbojnosti za vzorčno mesto zelenica na globini od 0-9 cm, na golf igrišču Bled, datum: 26.7.2007

| Zelenica   |                     |                          |                           |                      |
|------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|
| Št. vzorca | vsebnost vode (m %) | prisotnost micelija gliv | prisotnost vodoodbojnosti | ujemanje prisotnosti |
| 1          | 15,41               | +                        | -                         | + -                  |
| 2          | 16,10               | +                        | -                         | + -                  |
| 3          | 16,18               | -                        | -                         | - -                  |
| 4          | 17,77               | +                        | -                         | + -                  |
| 5          | 18,18               | +                        | -                         | + -                  |
| 6          | 18,41               | +                        | -                         | + -                  |
| 7          | 19,05               | +                        | -                         | + -                  |
| 8          | 19,16               | +                        | -                         | + -                  |
| 9          | 19,41               | +                        | -                         | + -                  |
| 10         | 19,72               | +                        | -                         | + -                  |
| 11         | 20,32               | +                        | -                         | + -                  |
| 12         | 20,35               | +                        | -                         | + -                  |
| 13         | 21,39               | +                        | -                         | + -                  |
| 14         | 21,46               | -                        | -                         | - -                  |
| 15         | 21,54               | +                        | -                         | + -                  |
| 16         | 22,74               | -                        | -                         | - -                  |
| 17         | 23,32               | +                        | -                         | + -                  |
| 18         | 23,82               | +                        | -                         | + -                  |
| 19         | 24,34               | -                        | -                         | - -                  |
| 20         | 24,60               | -                        | -                         | - -                  |

Opombe:

- pojav ni prisoten

+      – pojav je prisoten

- - – noben od pojavov ni prisoten

+ - – prisoten le eden od pojavov

Micelij gliv se je razvil v 15 od 20 primerov, ko vodoodbojnost ni bila prisotna (Preglednica 11).

Preglednica 11: Ujemanje prisotnosti micelija gliv in prisotnosti vodoodbojnosti za vzorčno mesto zelenica na globini od 0-9 cm, na golf igrišču Bled, datum: 26.7.2007

|                             |                              |    |        |
|-----------------------------|------------------------------|----|--------|
|                             | Prisotnost<br>vodoodbojnosti |    | Skupaj |
| Prisotnost<br>micelija gliv | +                            | -  |        |
| +                           | 0                            | 15 | 15     |
| -                           | 0                            | 5  | 5      |
| Skupaj                      | 0                            | 20 | 20     |

#### 4.3 TEKSTURA TAL NA GOLF IGRIŠČU BLED

Vodoodbojnost v veliko primerih povezujejo s teksturo tal. Na golf igriščih se deli igrišča razlikujejo med seboj po teksturnih razredih. Na zelenici in odbijališču tla spadajo v peščeni teksturni razred, medtem ko so na čistini tla v vrhnjih slojih v meljasto - ilovnatem razredu in v nižjih v ilovnatem. Peščena tla imajo manjšo površino na enoto volumna v primerjavi z meljastimi oz. ilovnatimi tlemi in zaradi tega lahko hidrofobne substance hitreje pridejo do izraza v tleh z večjim deležem peska.

## 5 RAZPRAVA

### 5.1 DEJANSKA VODOODBOJNOST TAL

Večina raziskovalce se strinja z dejstvom, da do vodoodbojnosti tal pride zaradi organske snovi, ki izvira iz živih ali razkrajajočih se rastlin in mikroorganizmov. Točen izvor te organske snovi še ni popolnoma razumljen. V nekaterih primerih kaže na to, da je izvor povezan z določenim tipom vegetacije in z njenim razkrojem. V drugih primerih je vodoodbojnost povezana z rastjo gliv in drugih talnih organizmov. Čarovniški krogi je ime, ki ga pogosto nadenejo krogom gob ali obsežnim zelenim okroglim pasovom, ki jih opazujejo na zelenicah golf igrišč. Pogosto je z njimi povezan razvoj območja vodoodbojnih tal. V številnih primerih se skupaj s pojavom čarovniških krogov pojavijo tudi suha mesta. Glive, ki tvorijo čarovniške kroge v večini primerov spadajo med basidiomycete (prostotrosnice) in te lahko povzročajo suha mesta na različne načine. Razkroj organskih snovi na druge organske sestavine, ki povzročajo vodoodbojnost, je lahko vzrok za simptome suše, ki so povezani s čarovniškimi krogi. Prisotnost debelega sloja micelija gliv, ki lahko preprečuje prehajanje vode v tla, je tudi eden od možnih vzrokov. Najbolj verjetno je, da so suha mesta posledica kombinacije vseh treh razlogov.

Prednost meritvam dejanske vodoodbojnosti pred potencialno smo dali zaradi tega, ker lahko s temperaturo vplivamo na spremembo hidrofobnih substanc. Tla, posušena na temperaturi 65 °C imajo višjo potencialno vodoodbojnost v primerjavi s tlemi, ki so posušena na temperaturi 25 °C (Dekker in sod., 1998). Kakšno je stanje v naravi, lahko torej najbolje preučimo z meritvami dejanske vodoodbojnosti.

Po prvem jemanju vzorcev (28.6.2007) je bilo ugotovljeno v skladu s pričakovanji, da je vodoodbojnost najbolj izrazita na odbijališču in zelenici (Preglednice 3, 4 in 5). Talna podlaga je na teh dveh mestih pripravljena drugače kot na čistini. Ima večji odstotek peščenih delcev in zaradi tega manjšo površino na enoto volumna. Vodoodbojni delci pridejo lažje in bolj do izraza.

Iz preglednic 3, 4, 5 in slik 7, 8, 9, ki prikazujejo vsebnosti vode na odbijališču, čistini in zelenici, je razvidno, da je vsebnost vode v prvih treh centimetrih večja v primerjavi s plastjo, ki se nahaja pod njo. Z globino vsebnost vode zopet narašča. Dejanska vodoodbojnost je bila pri vseh vzorcih prisotna v zgornjem sloju do 3 cm globine ne glede na vsebnost vode (Slika 8). Na povezavo med vsebnostjo vode in pojavom vodoodbojnosti iz danih rezultatov ne moremo sklepati, saj vodoodbojnost ni prisotna v nižjih plasteh na čistini, kljub nižjim vsebnostim vode. Lahko sklepamo na druge dejavnike, kot je prisotnost delcev organske snovi, izločkov korenin, bakterij in drugih mikroorganizmov.

Vzorci na odbijališču so bili vsi vodoodbojni, ne glede na globino tal (Preglednica 3). Masni odstotki vode so bili v večini primerov nižji v primerjavi z vzorci, vzeti iz drugih dveh vzorčnih mest. Kljub temu, da je bil masni odstotek vode v vrhnjih treh centimetrih

velik (22,73 m %) (Preglednica 5), lahko na zelenici najdemo dejansko vodoodbojnost. Na čistini je pojav omejen na vrhno plast tal. Z globino tla na čistini preidejo iz meljasto - ilovnatih v ilovnat teksturni razred, kjer je vodoodbojnost le malokrat prisotna.

## 5.2 UGOTAVLJANJE PRISOTNOSTI GLIV

Pri vzorčenju, ki smo ga izvajali leta 2007, so bile vsebnosti vode v tleh v primerjavi z letom 2006 višje (Preglednice 6, 8 in 10). Lokalna suha mesta so bila prisotna na odbijališču in na zelenici, medtem ko jih na čistini ni bilo. Vodoodbojnost je bila v največji meri razširjena na zelenici. Od dvajsetih vzorčnih točk s tremi različnimi globinami je bila vodoodbojnost zabeležena 22 krat. Zabeležili smo jo do vlažnosti tal 12,83 m % (Slika 12).

Pri tretjem vzorčenju, 26.7.2007, je bila vsebnost vode v tleh na zelenici večja od prejšnjega vzorčenja (Preglednica 10). V vzorcu ni bilo ugotovljenega pojava vodoodbojnosti. Masni odstotki vode so se tudi v spodnjih slojih tal gibali nad 13 %. V letu 2006 smo zabeležili vodoodbojnost v vrhnjem sloju (0-3 cm) ne glede na vsebnost vode v tleh. V letu 2007 se je vodoodbojnost pojavila pri vsebnostih vode, nižjih od 7 m %. Le v dveh primerih se je pojavila pri rahlo višjih vsebnostih vode (slika 12).

Določevanje določene vrste glive se je izkazalo za prezahtevno, saj jo lahko identificiramo le v fazi, ko se spolno razmnožuje in je videti njeno trosišče ali basidiokarp.

V nasprotju s pričakovanji se je 26.7.2007 micelij gliv pojavil le v dveh primerih na odbijališču (Preglednica 6). Na zelenici je bila vodoodbojnost prisotna, kjer se je razvil micelij gliv (Preglednica 8). Verjetno zaradi prevelike vsebnosti vode v tleh, pojav vodoodbojnosti v juliju 2007 med vzorci ni bil zabeležen. Micelij gliv se je razvil pri petnajstih od dvajsetih vzorcev.

Od šestdesetih vzorcev se pojava ujema pri štirinajstih, največkrat ni bil prisoten noben od njiju. Ne moremo narediti ustrezne primerjave, ker je bila vodoodbojnost zabeležena le pri vzorčenju dne 27.6.2007 na zelenici. Dne 26.7.2007 pojava nismo zabeležili (Preglednica 10). Na vzorčnem mestu zelenica (Preglednica 6) se pojava ujema v enajstih primerih. Micelij glive se je razvil tudi v primeru, ko vodoodbojnosti nismo zabeležili.

Ujemanje pojava vodoodbojnosti in pojava micelija gliv smo želeli testirati s korelacijo. Zaradi odsotnosti vodoodbojnosti na odbijališču dne 27.6.2007 in na zelenici dne 26.7.2007, korelacije ni mogoče izračunati. Zaradi evidentne neodvisnosti ujemanja pojavov na zelenici dne 27.6.2007 korelacije ni smiselno računati.

Vodoodbojnost je pojav, ki je odvisen od velikega števila dejavnikov in njihovega medsebojnega vpliva. Za učinkovito preučevanje je potrebno poznati vpliv klime in mikroklimе, vpliv vegetacije, koreninskega sistema, mikrobiološko sestavo in fizično ter kemijsko sestavo tal. Organske snovi vplivajo v različni meri na vodoodbojnost, ki je odvisna od njihove kemijske sestave.

Različni deli golf igrišč spadajo v različne teksturne razrede. Na odbijališčih in zelenicah delež peska v tleh presega 90 % (Priloga A), kar pomeni, da hidrofozne substance hitreje pridejo do izraza. Prav tako je na teh dveh delih igrišč košenje bolj intenzivno kot na čistini, česar rezultat je večje število organskih delcev, ki povzročajo hidrofoznost.

Na golf igrišču se morajo zavzemati za to, da obdržijo vsebnost vode v tleh nad mejo, ko se začne pojavljati vodoodbojnost. Pojav je lažje preprečiti kot pa odpraviti. Pri odpravljanju je najbolj učinkovit način s prezračevanjem in hkratnim dodajanjem omočil, ki odpravljajo vodoodbojnost.

## 6 SKLEPI

V raziskavi smo potrdili, da se vodoodbojnost pojavlja na vseh delih golf igrišča Bled. Na zelenici in na odbijališču je pojav najbolj opazen. Pojavlja se tudi na čistini vendar v veliko manjšem obsegu. V sloju od 0-3 cm je vodoodbojnost najpogostejša. Pri vzorčenju 28.6.2006 se je pojavila pri vseh vzorcih ne glede na vsebnost vode v tleh. Z globino vsebnost vode upada, vendar je tudi pojav vodoodbojnosti manj pogost.

Pri vzorčenjih, ki so potekala v letu 2007 smo ugotovili, da se vodoodbojnost pojavlja v večini primerov, ko je pod 10 m % vode v tleh. Nad to stopnjo vlažnosti tal vodoodbojnosti ni.

Bolj kot prisotnost gliv je za vodoodbojnost pomembna količina vode v tleh. Vodoodbojni vzorci tal v globini od 0-9 cm imajo vsebnost vode pod 8 m %. Micelij gliv se je razvil tako v primerih, ko je bila vsebnost vode pod in nad to vsebnostjo vode v tleh.

Na vodoodbojnost močno vpliva mehanska sestava tal. Na zelenici tla spadajo v peščeni teksturni razred z deležem peska nad 90 %.



## 7 POVZETEK

Vodoodbojnost tal je pojav, ki ga lahko opišemo kot oteženo sprejemanje vode v tla. Tla so splošno pojmovana kot hidrofilen medij, vendar se lahko pod določenimi pogoji lahko spremenijo. Posledice vodoodbojnosti vodijo k neenakomerni porazdelitvi vode v tleh, odtekanju vode po površju, eroziji, sušenju površinskega sloja itd. Intenziteta pojava je odvisna od tipa tal, organske snovi v tleh in različnih abiotskih in biotskih dejavnikov. Vodoodbojnosti je bilo v preteklosti posvečeno premalo pozornosti. Med daljšimi obdobji suše je to eden pomembnejših procesov, ki vplivajo na tla. Vodoodbojnost predstavlja problem pri vzdrževanju športnih zelenic, saj vodi k zmanjšanju kakovosti zelenic, k nepravilni razporeditvi vode v tleh in razvoju preferenčnih tokov, ki lahko povzročajo pospešeno izpiranje hranil v podtalnico. V Sloveniji do sedaj še ni bilo opravljenih raziskav v zvezi z vodoodbojnostjo na golf igriščih.

S testom vpijanja vodne kapljice v tla (WDPT test) smo identificirali pojav na golf igrišču Bled in skušali dokazati, da obstaja povezava med vodoodbojnostjo in prisotnostjo glive *Marasmius oreades* (Bolt ex. Fr). Odvzem vzorcev tal smo izvedli s travniško sondo na odbijališču, čistini in zelenici. Vzorce smo analizirali glede vsebnosti vode ter z glivnim gojiščem glede na prisotnost micelija gliv iz skupine basidiomycete (prostotrošnice). Vzorčenje smo izvedli 28.6.2006, 27.6.2007 in 26.7.2007.

V raziskavi smo potrdili, da se vodoodbojnost pojavlja na vseh delih golf igrišč. Na zelenici in na odbijališču je pojav najbolj opazen. Pojavlja se tudi na čistini, vendar v veliko manjšem obsegu. V sloju od 0-3 cm je vodoodbojnost najpogostejša. Pri vzorčenju 28.6.2006 se je pojavila pri vseh vzorcih ne glede na vsebnost vode v tleh. Z globino vsebnost vode upada, vendar je tudi pojav vodoodbojnosti manj pogost.

Pri vzorčenjih, ki so potekala v letu 2007, smo ugotovili, da se vodoodbojnost pojavlja v večini primerov pod 10 m % vode v tleh. Nad to vsebnostjo vode vodoodbojnosti ni.

Bolj kot prisotnost gliv je za vodoodbojnost pomembna količina vode v tleh. Vodoodbojni vzorci tal v globini od 0-9 cm imajo vsebnost vode pod 8 m %. Micelij gliv se je razvil tako v primerih, ko je bila vsebnost vode pod in nad to vsebnostjo vode v tleh.

Določevanje določene vrste glive se je izkazalo za prezahtevno, saj jih lahko identificiramo le v fazi, ko se spolno razmnožuje in je videti njeno trosišče ali basidiokarp.

Vodoodbojnost je pojav, ki je odvisen od velikega števila dejavnikov in njihovega medsebojnega vpliva. Za učinkovito preučevanje je potrebno poznati vpliv klime in mikroklime, vpliv vegetacije, koreninskega sistema, mikrobiološko sestavo in fizično in

kemijsko sestavo tal. Organske snovi vplivajo v različni meri na vodoodbojnost, ki je odvisna od njihove kemijske sestave.

Na golf igrišču se morajo zavzemati za to, da obdržijo vsebnost vode v tleh nad mejo, ko se začne pojavljati vodoodbojnost. Pojav je lažje preprečiti kot pa odpraviti. Pri odpravljanju je najbolj učinkovit način s prezračevanjem in hkratnim dodajanjem omočil, ki odpravljajo vodoodbojnost.

## 8 VIRI

### 8.1 CITIRANI VIRI

- Czarnes S., Hallett P. D., Bengough A. G., Young I. M. 2000. Root- and microbial-derived mucilages affect soil structure and water transport. *European Journal of Science*, 51: 435-443
- Deacon J. W. 1997. *Modern mycology*. 3. Izdaja. Anglija, Blackwell Science: 303 str.
- DeBano L. F. 2000. Water repellency in soils: a historical overview. *Journal of Hydrology*, 231/232: 4-32
- Dekker L. W., Ritsema C. J. 2000. Wetting patterns and moisture variability in water repellent Dutch soils. *Journal of Hydrology*, 231/232: 148-164
- Dekker L. W., Ritsema C. J., Oostindie K., Boersma O. H. 1998. Effect of drying temperature on the severity of soil water repellency. *Soil Science*, 163, 10: 780-795
- Feeney D. S., Hallett P. D., Rodger S., Bengough A. G., White N. A., Young I. M. 2006. Impact of fungal and bacterial biocides on microbial induced water repellency in arable soil. *Geoderma*, 11: 72-80
- Franco C. M. M., Clarke P. J., Tate M. E., Oades J. M. 2000. Hydrophobic properties and chemical characterisation of natural water repellent materials in Australian sands. *Journal of Hydrology*, 231/232: 47-58
- Hallett P. D., Young I. M. 1999. Changes to water repellence of soil aggregates caused by substrate-induced microbial activity. *European Journal of Soil Science*, 50: 33-40
- Harper R. J., McKissock I., Gilkes R. J., Carter D. J., Blackwell P. S. 2000. A multivariate framework for interpreting the effects of soil properties, soil management and landuse on water repellency. *Journal of Hydrology*, 231/232: 371-383
- Horne D.J., McIntosh J.C. 2000. Hydrophobic compounds in sands in New Zealand—extraction, characterisation and proposed mechanisms for repellency expression. *Journal of Hydrology*, 231/232: 35-46
- Karnok K. J., Tucker K. A. 2001. Effects of flutolanil fungicide and primer wetting agent on waterrepellent soil. *Hort Technology*, 11,3: 437-440
- Ritsema C. J., Dekker L. W. 1996. Water repellency and its role in forming preferred flow paths in soil. *Australian Journal of Soil Research*, 34: 475-487
- York C. A., Canaway P. M. 2000. Water repellent soils as they occur on UK golf greens. *Journal of Hydrology*, 231/232: 126-133

## 8.2 DRUGI VIRI

- Blackwell P.S. 2000. Management of water repellency in Australia, and risks associated with preferential flow, pesticide concentration and leaching. *Journal of Hydrology*, 231/232: 384-395
- Cann M. A. 2000. Clay spreading on water repellent sands in the south east of South Australia—promoting sustainable agriculture. *Journal of Hydrology*, 231/232: 333-341
- Dekker L. W., Ritsema C. J., Oostindie K. 2000. Extent and significance of water repellency in dunes along the Dutch coast. *Journal of Hydrology*, 231/232: 112-125
- Dekker L. W., Ritsema C. J., Oostindie K. 2004a. Dry Spots in Golf Courses: Occurrence, Amelioration and Prevention. *Acta Horticulturae*, 661: 99-104
- Dekker L. W., Ritsema C. J., Oostindie K. 2004b. Principles of Flow and Transport in Turfgrass Profiles and Consequences for Management. *Acta Horticulturae*, 661: 137-144
- Oostindie K., Dekker L. W., Wesseling J. G., Ritsema C. J., Pintar M., Zeiliger A. 2007. Effects of three surfactants on soil wetting and turf performance of a fairway at Dutch golf course De Pan. Alterra report 1498. Wageningen, Alterra: 77 str.
- Ritsema C. J., Dekker L. W. 2000. Preferential flow in water repellent sandy soils: principles and modeling implications. *Journal of Hydrology*, 231/232: 308-319
- Scott D. F. 2000. Soil wettability in forested catchments in South Africa; as measured by different methods and as affected by vegetation cover and soil characteristics. *Journal of Hydrology*, 231/232: 87-104
- Wang Z., Wu L., Wu Q. J. 2000. Water-entry value as an alternative indicator of soil water-repellency and wettability. *Journal of Hydrology*, 231/232: 76-83
- White N. A., Hallett P. D., Feeney D., Palfreyman J. W., Ritz K. 2000. Changes to water repellence of soil caused by the growth of white-rot fungi: studies using a novel microcosm system. *FEMS Microbiology Letters*, 184: 73-77

## **ZAHVALA**

Najlepše bi se rad zahvalil mentorici izr. prof. dr. Marini Pintar, da mi je ves čas pisanja diplome dajala napotke, strokovne nasvete, mi nudila pomoč pri izdelavi diplomske naloge in pokazala veliko potrpežljivosti.

Zahvaljujem se tudi somentorju izr. prof. dr. Franciju Celarju, za vse napotke, strokovne nasvete, pomoč pri izdelavi diplomske naloge in za slastno rdeče jabolko.

Zahvaljujem se prof. dr. Antonu Vidrihu za koristne popravke in komentarje.

Zahvalil bi se rad tudi kolegom in profesorjem z Nizozemske Univerze v Wageningenu. Še posebej bi se rad zavalil Coenu Ritsema, Louisu Dekkerju in Chatelaine Stoof, za vso prijaznost in pomoč.

Zahvalil bi se Boštjanu Luznarju za pomoč pri izpeljavi poskusa.

Rad bi se zahvalil Vesni Zupanc za vse prijazne besede, pomoč in nasmejan obraz.

Zahvaljujem se tudi Vesni Miličič. Res si super in hvala ti za vse ☺

Hvala vam starši, ker ste mi stali ves čas ob strani in me prenašali.

Zahvaljujem se tudi vsem prijateljem in sošolcem, ki ste mi pomagali pri učenju in pri sprostivni.

Zahvaljujem se Miškotu, ker je med pisanjem naloge večino časa prespal v košari.

Zahvaljujem se univerzumu, za vse čarobne trenutke.

## PRILOGA A

Analitski podatki prinešenih vzorcev s Centra za pedologijo in varstvo okolja dne 12.6.2007

| Seznam vz. - Bled | Globina   | pH v $\text{CaCl}_2$ | $\text{P}_2\text{O}_5$ AL<br>mg/100g | $\text{K}_2\text{O}$ AL | Org.<br>snov % | C % | CN raz | N skup. % |
|-------------------|-----------|----------------------|--------------------------------------|-------------------------|----------------|-----|--------|-----------|
| P1 Zelenica       | 0 – 5 cm  | 5.7                  | 9.9                                  | 5.7                     | 4.4            | 2.5 | 19.2   | 0.13      |
| P2 Zelenica       | 5 – 28 cm | 7.1                  | 5.9                                  | 7.0                     | 0.6            | 0.3 | 15.0   | 0.02      |
| A1 Čistina        | 0 – 7 cm  | 6.9                  | 10.1                                 | 58.8                    | 7.7            | 4.5 | 10.7   | 0.42      |
| B1 Čistina        | 7 – 17 cm | 7.3                  | 3.9                                  | 18.2                    | 4.8            | 2.8 | 11.7   | 0.24      |

| Seznam vz. - Bled | Pesek % | Melj grobi % | Melj fini % | Melj skup % | Glina % | Tekst. razred |
|-------------------|---------|--------------|-------------|-------------|---------|---------------|
| P1 Zelenica       | 93.6    | 2.5          | 3.1         | 5.6         | 0.8     | P             |
| P2 Zelenica       | 90.6    | 0.4          | 3.3         | 3.7         | 5.7     | P             |
| A1 Čistina        | 28.1    | 17.9         | 37.0        | 54.9        | 17.0    | MI            |
| B1 Čistina        | 29.8    | 20.0         | 27.6        | 47.6        | 22.6    | I             |