

UNIVERZA V NOVI GORICI  
FAKULTETA ZA ZNANOSTI O OKOLJU

**SPREMEMBE V LIŠAJSKI FLORI NA GORIŠKEM IN  
PREIZKUŠANJE INTERAKTIVNEGA  
DOLOČEVALNEGA KLJUČA**

DIPLOMSKO DELO

**Barbara Rudolf**

Mentorica: dr. Jana Laganis

Nova Gorica, 2014

## **IZJAVA**

Izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Rezultati, ki so nastali v okviru skupnega raziskovanja z drugimi raziskovalci ali so jih prispevali drugi raziskovalci (strokovnjaki), so eksplicitno prikazani oziroma navedeni (citirani) v diplomskem delu.

Barbara Rudolf

## **Zahvala**

Iskreno se zahvaljujem mentorici dr. Jani Laganis, ki me je s svojim znanjem, izkušnjami in potrpežljivostjo podpirala in usmerjala od zasnove diplomskega dela do končnega izdelka.

Hvala prof. dr. Francu Batiču iz Biotehniške fakultete v Ljubljani, Oddelka za agronomijo, ki mi je posređoval vse potrebne podatke iz popisa lišajev v letu 2007.

Hvala študentom in njihovim profesorjem na Fakulteti za znanosti o okolju v Novi Gorici, Pedagoški fakulteti v Ljubljani in Pedagoški fakulteti v Kopru, ki so z veseljem sodelovali pri testu in anketi.

Na koncu bi se zahvalila še svoji družini, ki mi je stala ob strani in me spodbujala pri študiju in pripravi diplomskega dela.

## **POVZETEK**

Epifitski lišaji so znani kot dobri in učinkoviti kazalniki (bioindikatorji) za zaznavanje sprememb v okolju. Pokrovnost in pestrost lišajskih vrst na določenem območju je dober pokazatelj onesnaženja s plinastimi onesnaževali. Na popisnih točkah med Novo Gorico in Razdrtim je bila uporabljena slovenska (SI) metoda. Zaznane razlike v pokrovnosti so majhne v primerjavi s popisom iz leta 2007. Popisanih je bilo 18 vrst, najpogostejše so bile *Lepraria incana*, *Candelaria subdeflexa*, *Lecanora expallens*, *Xanthoria parietina* in *Physcia adscendens*. Poleg popisa je bil opravljen tudi test določevanja lišajev s pomočjo dihotomnega določevalnega ključa in ankete o odnosu do učenja biologije ter o uporabnosti bioloških ključev med študenti naravoslovnih fakultet. Raziskava je potrdila uporabnost in razumljivost določevalnega ključa, prav tako se je ključ pri eksperimentalnem delu izkazal kot zelo priročen za delo na terenu.

**Ključne besede:** epifitski lišaji, monitoring lišajev, SI metoda, določevalni ključ, IKT.

## **SUMMARY**

Epiphytic lichens are known as good and efficient indicators (bioindicators) for perception of changes in the environment. Coverage and variety of lichen sorts at the specific area is a good indicator of pollution with gas pollutants. Between Nova Gorica and Razdrto has been used the Slovene (SI) method at the inventory spots. The measured differences are small in comparison to the inventory in the year 2007. There have been 18 species surveyed, the most frequent have been: *Lepraria incana*, *Candelaria subdeflexa*, *Lecanora expallens*, *Xanthoria parietina* in *Physcia adscendens*. Besides that there has been a test for defining lichen done with the help of dythomen defining key and a questionnaire about a relationship towards learning biology and usefulness of biological keys among the students of the science students. The research has shown usefulness and understanding of determining key. There has been a really nice and handy work done.

**Keywords:** epiphytic lichens, monitoring of lichens, SI method, determining key, ICT.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>1</b>
1.1	Namen dela	2
1.2	Hipoteze	2
<b>2</b>	<b>TEORETIČNE OSNOVE</b>	<b>3</b>
2.1	Lišaji	3
2.2	Biologija lišajev	4
2.3	Vzorčenje lišajev	7
2.3.1	Metode popisa	7
2.3.2	Raziskave	8
2.4	<b>Pogostejše lišajske vrste na raziskovalnem območju</b>	<b>8</b>
2.4.1	Nitrofilne vrste	9
2.4.2	Druge pogosto popisane vrste	10
2.5	<b>Vpliv onesnaževal na lišaje</b>	<b>12</b>
2.6	<b>Privzem onesnaževal</b>	<b>13</b>
2.6.1	Žveplo	13
2.6.2	Dušik	14
2.6.3	Druga onesnaževala	14
2.7	<b>Določevalni ključi</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>METODE DELA</b>	<b>16</b>
3.1	Opis raziskovanega območja	16
3.2	Popis pokrovnosti in vrstne sestave lišajev	18
3.3	Testiranje razumevanja in uporabe določevalnega dihonomnega ključa med študenti	20
3.4	Analiza ankete o zanimanju za biologijo in uporabnosti ključa	21
<b>4</b>	<b>REZULTATI IN RAZPRAVA</b>	<b>23</b>
4.1	Popis pokrovnosti lišajev po SI metodi	23
4.2	Popis lišajskih vrst	25
4.3	Testiranje razumevanja in uporabe določevalnega dihonomnega ključa med študenti	27
4.4	Analiza anket o zanimanju za biologijo in uporabnosti ključa	29
<b>5</b>	<b>ZAKLJUČEK</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>VIRI</b>	<b>33</b>

## SEZNAM PREGLEDNIC

Preglednica 1: Skupine drevesnih vrst.....	19
Preglednica 2: Primerjava deleža pokrovnosti na posameznih točkah za popis leta 2007 in 2014.....	24
Preglednica 3: Prisotnost vrst epifitskih lišajev na popisnih točkah med Novo Gorico in Razdrtim.....	26
Preglednica 4: Korelacije pred in potesta z vprašanji v prvem delu ankete.....	31
Preglednica 5: Najvišje in najnižje korelacije pred in potesta z vprašanji v drugem delu ankete.....	31

## SEZNAM SLIK

Slika 1:Različne rastne oblike steljk lišajev: skorjasti, listasti in grmičasti (Vir: Batič in sod., 2011: 316).....	5
Slika 2:Pozitivna reakcija (leva stran): C+ rumen disk na apoteciju, negativna reakcija (desna stran): tekočina ne spremeni barve (Vir: Nimis, 2013b).....	7
Slika 3:Xanthoria parietina (Vir: Rudolf, 2014).....	9
Slika 4:Xanthoria parietina prerez apotecija 400x povečava (Vir: Rudolf, 2014).....	9
Slika 5:Physcia adscendens (Vir: Laganis, 2014).....	10
Slika 6:Candelariella subdeflexa z razpršenimi apoteciji (Vir: Rudolf, 2014).....	10
Slika 7:Lecanora expallens (Vir: Rudolf, 2014).....	11
Slika 8:Lepraria incana (Vir: Rudolf, 2014).....	11
Slika 9:Lokacije, kjer je bil opravljen popis epifitskih lišajev (Vir: Geopedia, 2014).....	17
Slika 10:Postavitev vzorčne mreže na deblo drevesa za popis vrst in pokrovnost lišajske vegetacije (Vir: Rudolf, 2014).....	18
Slika 11:Primer strani iz dihrotnega ključa (Vir: Nimis, 2013b).....	21
Slika 12:Primerjava pokrovnosti lišajskih tipov na popisani točki 876 (prikazana je tudi SD).....	23
Slika 13:Primerjava pokrovnosti lišajskih tipov na popisanih točkah 2526, 2528, 3623, 2527,7013, 7015, 879 in 880 (prikazana je tudi SD).....	24
Slika 14:Pojavnost lišajskih vrst, ki so značilne za onesnaženo okolje .....	25
Slika 15:Delež pravilnih odgovorov pri predtestu in potestu med anketiranimi študenti (prikazana je tudi SD) .....	27
Slika 16: Primerjava števila doseženih točk na predtestu in na potestu po posameznih nalogah.....	27
Slika 17:Spremembe deležev pravilnih odgovorov med predtestom in potestom po posameznih nalogah vprašalnika (izraženo v %) .....	28
Slika 18:Povprečno število doseženih točk na predtestu in potestu glede na fakulteto, ki jo študentje obiskujejo.....	28
Slika 19:Povprečno število doseženih točk v prvem delu ankete o uporabnosti ključev.....	29
Slika 20:Povprečno število doseženih točk v drugem delu ankete .....	30



## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

C = komercialno belilo  
CO = ogljikov monoksid  
GPS = globalno pozicioniranje sistema  
IAP = indeks atmosferske čistosti  
IKT= informacijsko-komunikacijska tehnologija  
K = vodna raztopina KOH  
NO<sub>x</sub> = dušikovi oksidi  
O<sub>3</sub> = ozon  
P = parafenolendiamil  
Pb = svinec  
SD = standardna deviacija (standardni odklon)  
SI metoda = slovenska metoda popisa lišajev  
SO<sub>2</sub> = žveplov dioksid  
VOC = lahkohlapni ogljikovodiki

## 1 UVOD

Onesnaževanje ekosistemov predstavlja enega najpomembnejših okoljskih problemov, saj je neposredno (vpliv na zdravstveno stanje in vitalnost osebkov) ter posredno (zmanjševanje primernosti habitatov ter posledica degradacije njihove kakovosti) negativno deluje na žive organizme, vključno z ljudmi. Zaradi intenzivnega širjenja cestnega omrežja in vsakodnevnega naraščanja števila vozil predstavlja promet zelo pomembno globalno onesnaževanje okolja. Največje posledice promet pušča v okolju zaradi notranjega izgorevanja fosilnih goriv. Slovenija pri onesnaževanju ni nobena izjema. Upoštevanje prometa kot pomemben razpršen emisijski vir je bilo najbolj problematično anorgansko onesnažilo svinec (Pb); do sredine devetdesetih let prejšnjega stoletja je bil namreč največji vir emisij svinca v okolje prav promet. Z zmanjševanjem in odpravljanjem svinčenih dodatkov bencinu so se emisije tega elementa bistveno zmanjšale. Vendar je dandanes zrak vzdolž cest še vedno onesnažen (kljub izboljšavam motorjev z notranjim izgorevanjem), vendar z drugimi plinastimi, anorganskimi in organskimi onesnažili, kot so dušikovi oksidi ( $\text{NO}_x$ ), ogljikov monoksid (CO), lahkohlapni ogljikovodiki (VOC), prašni delci in težke kovine (Poličnik in sod., 2010). Na Goriškem je po izgradnji avtoceste in zaradi splošnih trendov naraščanja transporta prišlo do sprememb v onesnaženju zraka zaradi prometa. Po drugi strani se je zmanjšalo onesnaženje zraka zaradi prehoda na ogrevanje z energenti, ki manj obremenjujejo okolje. Spremembe so nastale tudi v industriji, ki z upoštevanjem zakonov zmanjšuje izpuste škodljivih snovi. Do teh sprememb prihaja tudi v sosednji Italiji, katere vpliv močno čutimo tudi na Goriškem (ARSO, 2013).

Lišaji so znani kot zelo dobri in učinkoviti kazalniki (bioindikatorji) za zaznavanje znakov spreminjajočega se okolja v ekosistemih, saj poleg občutljivosti na različna onesnaževala tudi zelo hitro kopičijo kovine, ki se nanje usedajo. S kemijsko analizo steljk lahko določimo obremenjenost ozračja s kovinami in nekaterimi drugimi onesnaževali. Lišaji hitro propadejo, ko rastejo v okolju z nizkim pH-jem in ob prisotnosti  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  in  $\text{O}_3$ . Uporaba lišajev kot bioindikatorjev se je razvila na podlagi dolgotrajnih opazovanj odnosa med zračnim onesnaženjem in pojavljanjem različnih vrst lišajev. Vse od prvih opažanj pojavnosti epifitskih lišajev v Parizu in njegovi okolici v povezavi z zračnim onesnaženjem so potekale številne raziskave na mnogih območjih, s poudarkom na bioindikaciji onesnaženosti z  $\text{SO}_2$  in kislimi padavinami (Poličnik in sod., 2010). V Sloveniji se je začelo uporabljati lišaje kot bioindikatorje v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja (Batič in sod., 2011).

Pokrovnost in pestrost lišajskih vrst na določenem območju je dober kazalnik onesnaženja s plinastimi onesnažili, hitro se namreč odzovejo na poslabšanje kakovosti zraka, ob izboljšanih rastnih razmerah pa že v nekaj letih ponovno naselijo območja. Na podlagi vrstne sestave prisotnih lišajev (ali posamezne rastne oblike) na nekem območju lahko sklepamo na vrsto oz. tip onesnaženja in na stopnjo onesnaženja, ki so jim bili lišaji v bližnji ali daljni preteklosti izpostavljeni (Poličnik in sod., 2010).

Najbolj so občutljivi na onesnaženje z  $\text{SO}_2$ , ki v zadnjem desetletju upada zaradi prehoda na čistejše vire energentov. Po drugi strani pa zaradi naraščajoče eutrofikacije (onesnaženje zraka z naravnimi in mineralnimi gnojili) in sprememb okolja upada število vrst, občutljivih na povečane koncentracije mineralnih snovi in tistih, ki so vezane na posamezna življenjska okolja (Batič in Kralj, 1995; Poličnik, 2008).

Lišaji so pomembni za izobraževanje ljudi, predvsem mladih, saj jih preko lišajev lahko seznanimo s stanjem onesnaženosti zraka v njihovem okolju. Problem je pomanjkanje primerne literature in splošno nepoznavanje lišajev med ljudmi. Za določevanje različnih vrst lišajev si lahko pomagamo z določevalnimi ključi, s pomočjo katerih ugotovimo vrsto lišaja in njegove lastnosti. Večina določevalnih ključev je težko razumljivih, prav tako niso dostopni v slovenščini. Določevalni dihonomni ključ, razvit na Univerzi v Novi Gorici v okviru čezmejnega projekta SiiT, je bil testiran na populaciji študentov. S testom je bilo potrebno ugotoviti, kako učinkovito pripomore k procesu učenja, kako ga uporabniki sprejemajo in kako vplivajo na motivacijo za spoznavanje lišajev. Hkrati so se ob testiranju odkrivale morebitne napake v ključu (Nimis, 2013a).

## **1.1 Namen dela**

V raziskavi sem želela preveriti spremembe v vrstni sestavi in pogostosti lišajev na vzorčnih točkah v okolici Nove Gorice in v Vipavski dolini po izgradnji avtoceste skozi Vipavsko dolino in ob hkratnih spremembah glede industrijskega onesnaževanja. Da je bila zagotovljena primerljivost s preteklimi meritvami, je bila raziskava opravljena na istih točkah, na katerih je bil opravljen popis lišajev leta 2007 (Batič in sod., 2011), dodala sem še dodatno točko, da bi preverila vpliv na novo zgrajenega odseka avtoceste Vrtojba – Razdrto na pojavnost lišajev.

V okviru raziskave sem izvedla tudi krajšo raziskavo digitalnega dihonomnega ključa za lišaje, ki smo ga razvili v našem laboratoriju. Želela sem preučiti njegovo razumljivost, uporabnost ter vpliv na proces učenja in uporabnost ključa kot učnega pripomočka za študente naravoslovnih smeri študija Pedagoške fakultete v Ljubljani in Kopru ter Okolja v Novi Gorici. Testirala sem razumljivost ključa, njegov vpliv na znanje o zgradbi in ekologiji lišajev.

## **1.2 Hipoteze**

- V okolici prometnih cestnih odsekov se vrstna pestrost in pokrivnost lišajev zmanjšata. Vpliv prometa upada z oddaljenostjo od ceste.
- Pokrivnost in vrstna pestrost lišajev (predvsem občutljivejših vrst) se v zadnjem obdobju povečujeta zaradi zmanjševanja izpustov SO<sub>2</sub>.
- Ključ je za napredne uporabnike razumljiv, uporaben in je zelo priročen za določanje vrst na terenu.
- Ključ omogoča uspešno osvajanje in utrjevanje znanj o lišajih (njihovi morfologiji in ekologiji).

## 2 TEORETIČNE OSNOVE

### 2.1 Lišaji

Lišaji so organizmi, ki s svojo zgradbo, delovanjem in razširjenostjo odražajo stanje okolja, onesnaženje zraka in spremembe podnebja, spremembe v rabi tal, načina gospodarjenja z gozdovi, vplive prometa na drevesih v parkih itd. Pri tem so lišaji lahko akumulacijski in odzivni indikatorji, bioindikacija stanja okolja z njimi je lahko pasivna ali aktivna. Kazalniki se odzivajo na delovanje onesnažil v okolju, kar se odraža v njihovi zgradbi, delovanju in razširjenosti (Batič in sod., 2011).

Spremljanje stanja onesnaženosti zunanjega zraka z epifitskimi lišaji je ena od najstarejših in v svetu največkrat uporabljenih bioindikacijskih metod, ki se uporabljajo v te namene še danes (Batič in Kastelec, 2009). Večina vrst lišajev v zelo onesnaženem zraku propade. Ob manjšem vnosu onesnažil se spremeni vrstna sestava, na steljkah se pojavljajo značilne poškodbe, zmanjšana sta rast in razmnoževanje. Vzroki za veliko občutljivost epifitskih lišajev za zračna onesnažila in s tem za uporabo pri bioindikaciji so predvsem v njihovi biologiji. Lišaji so avtotrofne steljčnice brez uravnavanja izmenjave plinov in s tem tudi privzema onesnažil iz zraka. Kot celoto jih lahko prištevamo k rastlinam, čeprav niso enotni organizmi, ampak sestavljeni iz gliv in alg oz. cianobakterij. Pri lišaju gre za zapleten odnos med dvema partnerjema, zato lišaj propade že, če je prizadet en od partnerjev (Batič in sod., 2011).

Kisla narava številnih zračnih onesnažil ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , fluoridi itn.) je odločilna za povzročanje motenj v presnovi, privzemu snovi in vzdrževanju zgradbe.  $\text{SO}_2$ , sulfit in sulfat so največkrat dokazana škodljiva onesnažila. Škodljivi učinki onesnažil so povezani z generacijo protonov (zakisovanje), delno tudi z oksidacijo disulfida in sulfita v sulfat in s tem povezano tvorbo prostih radikalov. V lišajski simbiozi sta s tem prizadeta oba partnerja, alga večkrat še bolj. Škodljivi učinek onesnažil je večji v vlažnem stanju steljke, zato so lišaji pozimi bolj izpostavljeni v zimski polovici leta, ko je tudi onesnaženje zraka večje, predvsem v zmerno toplem in polarnem delu obeh polobel. V neprevetrenih kotlinah sta pozimi transport zraka in razredčenje onesnažil zaradi vremenskih pojavov manjša (temperaturna inverzija), kar povzroča večje onesnaženje. Po drugi strani pa so dotoku onesnaženega zraka izpostavljena višje ležeča privetrna pobočja. Kljub občutnemu zmanjšanju emisij žveplovih spojin in klasičnih onesnažil v bolj razvitem svetu, ostajajo le-te še vedno problem revnih dežel, torej lišaji še naprej ostajajo dobri kazalniki tudi za nove vrste onesnažil (depozicija kovin, onesnaženje z dušikovimi spojinami, organskimi onesnažili zraka) (Batič in sod., 2011).

Pomen bioindikacije pri spremljanju stanja okolja je v tem, da so stalno prisotni in ne merijo le trenutnega stanja (meritve fizikalnih in kemičnih dejavnikov, ki so pomembni za življenje, ter njihov medsebojni vpliv). Uporaba bioindikatorjev, rastlin, živali, gliv, lišajev, v realnih pedoklimatskih razmerah omogoča ugotavljanje kritičnih vsebnosti onesnažil v okolju, obremenitev posameznih segmentov okolja, preseganje zakonsko dopustnih koncentracij onesnažil in geografski obseg onesnaženja. Uporaba rastlin kot kazalnikov stanja okolja je bila najprej v največji meri upoštevana v fitocenologiji, kjer so uporabili rastlinske vrste in njihove združbe kot kazalnike rastiščnih razmer. Za sledenje vplivov onesnaževanja okolja so kazalnike najprej uporabili pri spremljanju stanja voda, kmalu za tem tudi za spremljanje onesnaženja zraka.

Prednosti metod sledenja stanja okolja z kazalniki so še relativno nizka cena, možnost vzorčenja v gostih mrežah, česar si z merilnimi napravami ne moremo privoščiti. Kot je bilo že omenjeno, z uporabo kazalnikov zajamemo vse okoljske in polucijske danosti hkrati, kar je nemogoče z večino merilnih naprav. V odročnih območjih je to pogosto zaradi manjkajoče infrastrukture edina izvedljiva tehnika spremljanja stanja okolja. Pri tem se moramo zavedati, da različna opazovanja in meritve stanja okolja glede na odziv kazalnikov zelo dobro dopolnjujejo opis stanja okolja in s tem ogroženosti organizmov (Batič in sod., 2011).

## 2.2 Biologija lišajev

Lišaji so avtotrofne steljčnice brez uravnavanja izmenjave plinov in s tem tudi privzema onesnažil iz zraka. Kot celoto jih lahko prištevamo k rastlinam, čeprav niso enotni organizmi, ampak sestavljeni iz gliv (mikobiont) in alg oz. cianobakterij (fotobiont), kjer v steljki lišaja heterotrofna gliva tvori večji del biomase in se zaradi večje občutljivosti gliv za onesnažila v stresnih razmerah onesnaženja poruši občutljiva simbioza (Batič in sod., 2011).

Epifitski lišaji rastejo na lesnatih rastlinah, predvsem na deblu in vejah dreves in grmov. V teh razmerah so še posebej prilagojeni za prevzemanje vode in hranil iz zraka, v primeru onesnaženega zraka tudi zračnih onesnažil. Lišaji so počasi rastoče steljčnice, ki kopičijo škodljive snovi v daljših časovnih obdobjih kot višje rastline. Vsi ti dejavniki, poleg še nekaterih drugih (razmerje v biomasi med mikobionti in fikobionti, način razmnoževanja ...), so vzrok, da lišaji v onesnaženem zraku propadejo prej kot višje rastline. Občutljivost lišajev na onesnaženi zrak je povezana z rastno obliko njihove steljke, delno pa tudi z občutljivostjo posameznih vrst gliv, alg in cianobakterij, ki tvorijo lišaj (Batič in Kastelec, 2009).

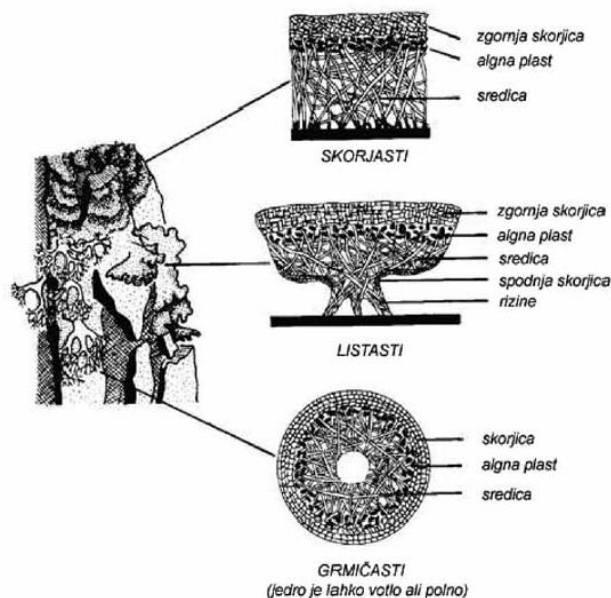
Za simbiozo lišajev je značilna tesna fiziološka povezava obeh partnerjev. Heterotrofen mikrobiont, potrebne ogljikove substance dobi od fotobionta. Če so v lišaju prosojne cianobakterije od njih dobi tudi dušik. Rezultat tesne fiziološke povezave obeh partnerjev je tudi pojav velikega števila različnih sekundarnih metabolitov. Gliva ščiti fotobionta pred izsuševanjem in preveliko intenziteto svetlobe (Poličnik, 2008).

Splošno lišaje delimo glede na rastno obliko na skorjaste, listaste in grmičaste.

Skorjasti lišaji imajo steljko popolnoma vraslo s podlago oziroma predstavlja steljko prašnat popr. Na skorji dreves se pojavijo kot lise različnih barv (sive, bele, sivozelene, rjavozelene, rumeno-zelene itd.), včasih pa so debla popolnoma prekrita z njimi. Za njihovo podrobnejše opazovanje potrebujemo povečevalno steklo, za določanje tudi nekaj kemikalij in včasih mikroskop. Ta skupina lišajev je najmanj občutljiva na onesnažen zrak, ker je zraku izpostavljena najmanjša površina steljke (FITO-INFO, 2013; Nimis, 2013b).

Listasti lišaji imajo steljko, ki je podobna listu. Na skorjo drevja so pritrjeni s koreninam podobnimi tvorbami – rizinami ali pa z nagubano spodnjo površino steljke. S podlage jih lahko brez težav odluščimo. Barva steljk je različna (rumena, siva, sivozelena, rjava, rjavozelena, modrikastosiva, črna). Ker so nekatere steljke zelo majhne, je tudi pri ločevanju le-teh od skorjastih potrebno povečevalno steklo. Njihova občutljivost na onesnažen zrak je srednje velika, saj je površina steljke po velikosti vmesna med grmičastimi in skorjastimi lišaji (FITO-INFO, 2013; Nimis, 2013b).

Grmičasti lišaji imajo steljko v obliki grmička ali brade. Pri njih je največja površina steljke izpostavljena onesnaženemu zraku in zato so najbolj občutljivi na onesnaževala. Na podlago so pritrjeni s pritrjevalno ploščico ali bazalnimi luskami. Barva steljke je tudi pri teh zelo različna od svetlo rumene, sive, zelene do sivorjave in črne. Nekateri grmičasti lišaji začenjajo svoj razvoj kot listasti (FITO-INFO, 2013; Nimis, 2013b).



**Slika 1:** Različne rastne oblike steljk lišajev: skorjasti, listasti in grmičasti (Vir: Batič in sod., 2011: 316)

V določevalnem ključu (Nimis, 2013b) lišaje delimo po obliki rasti in splošnem videzu nekoliko podrobneje. Ločujemo grmičaste, listaste, skorjaste, leprozne oziroma praškaste, galertaste in sestavljene lišaje.

Grmičasti lišaji so razviti v treh dimenzijah. So zelo raznolikih oblik: lasasti, bradasti, čašasti, paličasti, grmičasti (Nimis, 2013b).

Listasti lišaji se razvijejo v dveh dimenzijah, spodnja stran se pritrdi na podlago z rizinami (koreninam podobne strukture). Posamezne krpe so lahko vsaj na njihovem končnem delu dvignjene (Nimis, 2013b).

Skorjasti lišaji so kot listasti lišaji, saj se tudi ti razvijejo v dveh dimenzijah, vendar je lišaj vrasel v podlago in ga lahko poberejo le skupaj s podlago (Nimis, 2013b).

Luskasti lišaji imajo steljko (talus), ki je sestavljena iz majhnih lusk, ki se včasih prekrivajo kot strešniki na strehi (Nimis, 2013b).

Leproznimi ali praškasti lišaji imajo steljko, ki je v obliki mehke praškaste mase, ki jo je možno enostavno odstraniti s podlage (Nimis, 2013b).

Galertasti lišaji so skupina, ki vključuje tako listaste kot skorjaste lišaje. Vsebujejo cianobakterije in nediferencirano steljko (so homeomerni). Mokri postanejo zelo želatinasti, suhi pa so črni in trdi (Nimis, 2013b).

Sestavljeni lišaji so nekateri lišaji, zlasti iz rodu jelenovcev (*Cladonia*), ki imajo steljko iz dveh delov. Osnovna listasta steljka je podlaga, iz katere izrašča dvignjeni del (podeciji) z apoteciji. Slednji je pri različnih vrstah različno oblikovan (Nimis, 2013b).

V simbiotskem odnosu v lišaju se lahko spolno razmnožuje le gliva. Strukture spolnega razmnoževanja (peritecije in apotecije) tako tvori le gliva, v njih se razvijejo mejospore (spore, ki nastajajo z mejozo). Lišaji, ki imajo razvite strukture za spolno razmnoževanje, običajno nimajo vegetativnih razmnoževalnih struktur. Periteciji so prva oblika tvorbo za spolno razmnoževanje. So stekleničaste oblike, ugreznjene v steljko ali celo v podlago, z majhno odprtino na vrhu, da se skozi lahko sproščajo mejospore. Apoteciji so navadno diskaste tvorbe spolnega razmnoževanja, pri katerih se mejospore sproščajo s površine, ki je izpostavljena zraku (Nimis, 2013b).

Lišaji se lahko vegetativno razmnožujejo z izidiji, solediji in fragmenti steljke kot celota. Vrste, ki se razmnožujejo vegetativno, običajno nimajo spolnega razmnoževanja, obstajajo pa tudi izjeme. Izidiji so izrastki steljke na gornji površini, prekrti s skorjo (korteksom). Vsebujejo tudi celice fotobionta in se na svojem spodnjem delu lahko ločijo od steljke. So precej "težki" in lahko so različnih oblik (valjasti, razvejani, ploščati, kroglasti). Zaradi lišajskih snovi v njihovi skorjici so pogosto temnejši od steljke lišaja. Solediji so skupki iz hif, ki vsebujejo nekaj sto celic fotobionta. So precej "lažji" od izidijev in izvirajo iz sredice lišaja. Vidimo jih kot fin prah. Pomemben je način, kako so solediji razporejeni na steljki v soralijah. Njihova razporeditev je pomemben znak pri določevanju vrst (razpršeni soraliji, solediji v točkastih soralijah, solediji v ustnatih soralijah ali solediji v linearnih soralijah) (Nimis, 2013b).

Lišaji za razliko od višjih rastlin ne vzdržujejo stalnega vodnega potenciala in so klasični primer poikilohidnih organizmov, saj se njihov vodni potencial pasivno spreminja glede na okoljske spremembe (lahko pride do hitre izsušitve). Prav zaradi tega je večina lišajev močno odvisna od padavin (dež ali taljenje snega), nekatere vrste lišajev so sposobne dobiti vodo tudi iz vodne pare iz zraka pri nizkih temperaturah in visoki vlažnosti (Poličnik, 2008). Lišaji so znani po počasni rasti in dolgoživosti (tudi do tisoč let). Nimajo centralnega vaskularnega sistema, po katerem bi se lahko prenašala hrana, hormoni in druge življenjske substance. Ta heterogena zgradba in pomanjkanje fiziološke celovitosti se odraža v ponavadi nepravilni in nepredvidljivi rasti. Oglikovi hidrati, ki jih gliva dobi od fotobionta, in okoljski dejavniki močno vplivajo na samo rast (Poličnik, 2008).

V steljki lišaja potekajo trije pomembni metabolni procesi, to so dihanje, fotosinteza in fiksacija dušika (samo pri vrstah, kjer je fotobiont cianobakterija). Procesji so prilagojeni na različne razmere glede na dolžino dneva, svetlobe, temperature in količine vode, ki jim je dosegljiva. Prav voda je najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na rast lišajev. Rast je najhitrejša ob oblačnih dnevih in padavinah (dež in taljenje snega). Zelo pomemben dejavnik je tudi njihova toleranca na visoke temperature. Zaradi previsokih ali prenizkih temperatur (ekstremi) so lahko moteni osnovni metabolni procesi lišajev, ki počasi pripeljejo do propada lišajske steljke, vendar so kljub temu lišaji dobri pokazatelji stanja tudi pozimi. Nekatere vrste se zelo hitro prilagodijo tudi na različne intenzitete svetlobe, kar tem vrstam omogoča optimalno fotosintezo ob prisotnosti in tudi ob odsotnosti sončne svetlobe (Poličnik, 2008).

Lišaji se razlikujejo tudi po tem, na kakšni podlagi rastejo. Odvisni so predvsem od tega, kakšna je struktura in pH podlage (kislja, bogata z minerali in bazična) (Poličnik, 2010).

Lišaji so večinoma kozmopolitski. Njihova razširjenost (po vsem svetu) omogoča primerjalne študije onesnaženosti zraka, podnebnih sprememb, sprememb v rabi tal in gospodarjenja z gozdovi (Batič in sod., 2011).

## 2.3 Vzorčenje lišajev

### 2.3.1 Metode popisa

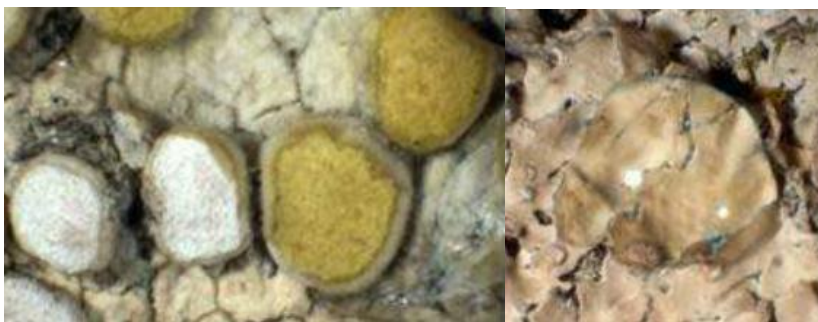
Za potrebe kvantifikacije okoljskih razmer z uporabo lišajev so v zgodovini razvili več metod. S kvantitativnim pristopom so določili indekse atmosferske čistosti (IAP – *Index of Atmospheric Purity*), ki združujejo podatke o številčnosti vrst z njihovo občutljivostjo in o okoljskih stresorjih. Celotno sestavo lišajev na lokaciji se preko formule reducira na eno samo vrednost, ki izraža stanje. Prvi so metodo razvili Kanadčani in od njih jo je prevzel Nemeč Kirschbaum leta 1973. Tudi v Sloveniji so bile razvite modifikacije te izvirne IAP formule (Batič in Kralj, 1995), vendar je bila v tem primeru modifikacija večja, saj se za določitev IAP indeksov ne upošteva več vrstne sestave, temveč prisotnost posameznih rastnih oblik lišajev (Poličnik, 2008).

Prisotnost posameznih rastnih oblik poteka istočasno kot določanje lišajev na terenu s pomočjo digitalnega dihotomnega ključa (Nimis, 2013), nameščenega na tabličnem računalniku. Vsako steljko se podrobno ogleda in opazuje njene znake, po katerih se lišaje prepozna. Določi se rastno strukturo (grmičasti, listasti, skorjasti, luskast ali praškast), barvo steljke, strukture spolnega (periteciji, apoteciji) in vegetativnega razmnoževanja (izidiji, sorediji in soraliji). V veliko pomoč so tudi reagenti, ki povzročijo barvne spremembe. Na lišaj se nanese zelo majhno kapljico reagenta, točno na določeno mesto (korteks, sredica, rob ali disk apotecija, soralij), pri čemer se zabeleži vse spremembe v barvi, ki so lahko hitre, počasne, kratkotrajne, trajne ali minljive. Uporablja se reagente:

**K:** Z vodo razredčen kalijev hidroksid (10–35 %).

**C:** Komercialno belilo (vsebuje aktivni klorov ion).

**P:** Parafenilendiamin raztopljen v alkoholu (zelo strupen reagent, ki se ga uporablja le v digestoriju). Pri zahtevnejših vrstah se odvzame vzorec in dodatno določitev opravi v laboratoriju s pomočjo mikroskopa (opazovanje oblike in barve spor itd.) (Nimis, 2013b).



**Slika 2:** Pozitivna reakcija (leva stran): C+ rumen disk na apoteciju, negativna reakcija (desna stran): tekočina ne spremeni barve (Vir: Nimis, 2013b)



Druga možnost je kvalitativni pristop, kjer je za oceno kakovosti zraka uporabljena sinekološka informacija vrste, skupine vrst ali združb. Osnovni element je vrsta, ki ima vsaka razpon tolerance na onesnaženje, ki je lahko izražena z ekološko indikatorsko vrednostjo. Tako je nastala kvalitativna skala za ocenjevanje onesnaženja z SO<sub>2</sub> (Poličnik, 2008).

### 2.3.2 Raziskave

Vsi raziskovalci ne uporabljajo enakih vrst organizmov za namene biomonitoringa okolja, saj je to nemogoče zaradi raznolikih geografskih in klimatskih razmer po vsem svetu. Prav zaradi tega je pomembno, da sta čim bolj usklajena tako pristop zbiranja vzorcev kot tudi analitika (Poličnik, 2008).

Pasivni biomonitoring je uporabljen pri raziskavah onesnaženosti zraka s težkimi kovinami na podlagi določevanja njihove vsebnosti v lišajih, ki se jih nabere v naravi. Navadno takšen biomonitoring poteka na obsežnejših območjih, kjer so v naravi še prisotni epifitski lišaji. S takšnim pristopom se ugotavlja onesnaženost posameznih predelov raziskovalnega območja (Poličnik, 2008).

Aktivni biomonitoring je uporaben v primerih, ko lišaji na določenem območju zaradi prevelike onesnaženosti ne uspevajo ali če se spremlja odlaganje elementov v točno določenem časovnem obdobju. Aktivni biomonitoring je presaditev lišajev na raziskovalno območje za določeno obdobje. Ugotavlja se lahko kopičenje težkih kovin in/ali radionuklidov v steljkah izpostavljenih lišajev in na podlagi njihove vsebnosti sklepamo na njihovo prisotnost v okolju. Zelo pogosta je uporaba aktivnega biomonitoringa na območjih večjih točkovnih virov onesnaževanja (npr. v okolici termoenergetskih objektov ali v okolici večjih industrijskih središč). Pri uporabi aktivnega monitoringa je potrebno upoštevati več različnih dejavnikov, ki lahko vplivajo na odlaganje težkih kovin in na njihovo kopičenje. Predvsem je potrebno biti pazljiv pri izbiri vrste lišaja, ki se ga izbere kot kazalnik. Zaradi možnega vpliva lege izpostavljenih lišajev in neposrednega vpliva padavin so pri raziskavah kopičenja težkih kovin v presajenih lišajih preučili tudi ta vidika. Ugotovljeno je bilo, da na kopičenje težkih kovin vpliva predvsem orientacija izpostavljenih lišajev in nekoliko manj neposredna izpostavljenost padavinam (Poličnik, 2008).

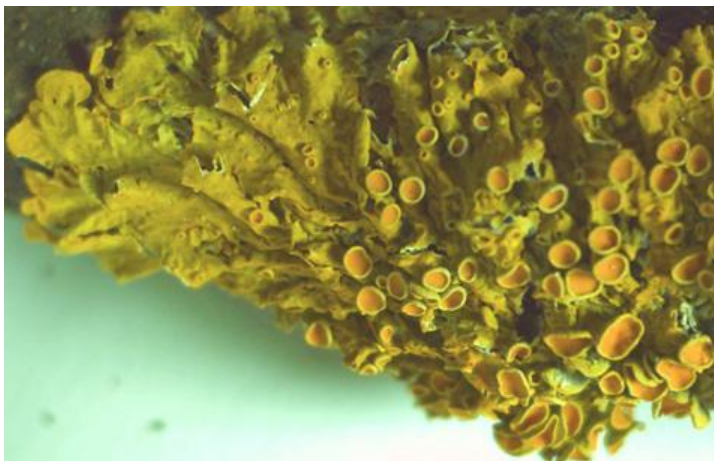
## 2.4 Pogostejše lišajske vrste na raziskovalnem območju

Glede na prisotnost posameznih vrst na določenem območju lahko sklepamo na vrsto onesnaženja: kislo onesnaženje (SO<sub>2</sub>), bazično ali nitrofilno onesnaženje (NO<sub>x</sub>). Na podlagi očitnega povečanja nitrofilnih vrst lahko sklepamo na večje onesnaževanje z onesnaževali predvsem s strani prometa (Poličnik in sod., 2010).

Dušikoljubni lišaji so tisti lišaji, ki tolerirajo visoke vrednosti dušika in pH. Na območjih odsotnosti človeškega delovanja te vrste poseljujejo evtrofne podlage (kot je lubje pod vejami), ki so bile v stiku z živalskim urinom (Jovan, 2008).

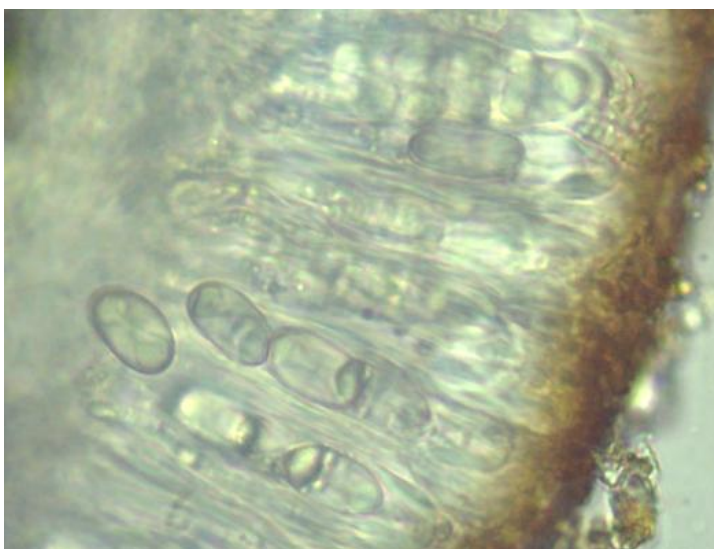
### 2.4.1 Nitrofilne vrste

*Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr. in *Physcia adscendens* (Fr.) H.Olivier veljata za vrsti, ki se pojavljata v najbolj onesnaženih območjih, predvsem ob cestah in na območjih z emisijami bazičnih onesnaževal (Poličnik in sod., 2010). V skupino nitrofilnih rodov epifitskih lišajev poleg *Xanthoria* in *Physcia* spadata še *Michaux* in *Phaeophyscia* (Gaio-Oliveira, 2001; Vicol, 2011).



**Slika 3:** *Xanthoria parietina* (Vir: Rudolf, 2014)

*X. parietina* spada med listaste lišaje, njena značilna barva je svetlo do zlato rumena ali oranžna. Na steljki so prisotni apoteciji z oranžnimi diski. Raste predvsem na starejšem lubju ali obalnih skalah. Njena prisotnost v okolju potrjuje onesnaženje ozračja predvsem z nitrati. Reakcija: K<sup>+</sup> škrlatno rdeča (Silverside, 2008d; Seawright, 2009b).



**Slika 4:** *Xanthoria parietina* prevez apotecija 400x povečava (Vir: Rudolf, 2014)

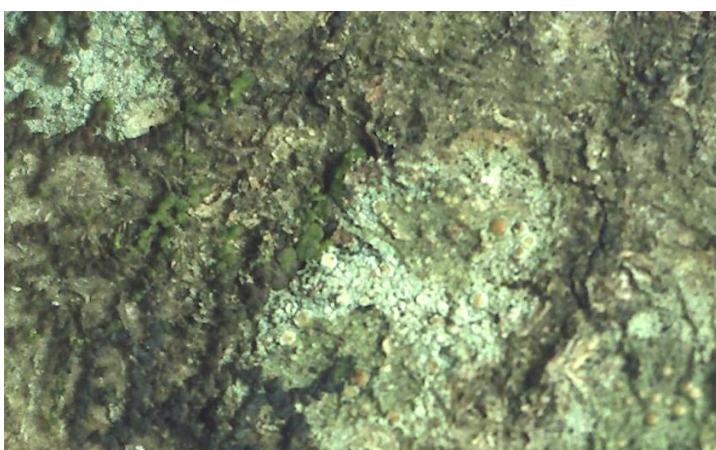
*P. adscendens* spada med listaste lišaje in ima majhno svetlo sivo steljko z dolgimi, črnimi cilijami in s sorali na konicah. Vrsta je predvsem razširjena na vejah, lubju, zidovih, betonu in pogosto v družbi vrste *X. parietina*. Prisotnost vrste potrjuje povečane koncentracije dušika v ozračju. Reakcije: korteks K+ rumena, sredica K- (Silverside, 2008c; Seawright, 2009a).



Slika 5: *Physcia adscendens* (Vir: Laganis, 2014)

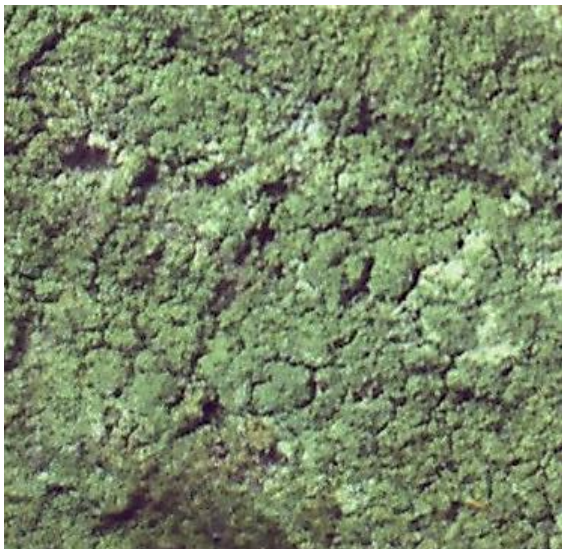
#### 2.4.2 Druge pogosto popisane vrste

*Candelariella subdeflexa* (Nyl.) Lettau spada med skorjaste lišaje in ima sivo steljko z razpršenimi apoteciji. Najpogosteje vrsto najdemo na lubju široko listnatih dreves. Reakcija: diski K+ rdeči (Esslinger, 2007).



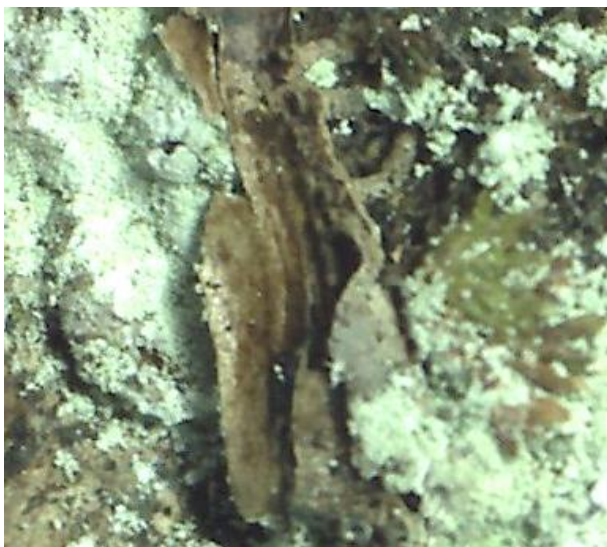
Slika 6: *Candelariella subdeflexa* z razpršenimi apoteciji (Vir: Rudolf, 2014)

*Lecanora expallens* Ach. spada med skorjaste lišaje in je svetlo-zelene do rumeno-zelene barve. Na robu steljke se pojavljajo praškasti sorediji. Raste predvsem na štorih, olupljenem lesu in stenah. Reakcija: C+ temno rumena do rdeča (Silverside, 2008a).



*Slika 7: Lecanora expallens (Vir: Rudolf, 2014)*

*Lepraria incana* (L.) Ach. spada med praškaste lišaje in ima steljko tanko in praškasto svetlo sive do izrazito modro-sive barve. Raste na zasenčenih mestih in na kisljih deblih. Reakcija: K+ vijolično-rdeča (Silverside, 2008b).



*Slika 8: Lepraria incana (Vir: Rudolf, 2014)*

## 2.5 Vpliv onesnaževal na lišaje

Lišaji veljajo predvsem za splošne kazalce dolgotrajne onesnaženosti zraka, saj stalne in visoke koncentracije onesnažil v zraku omejujejo številčnost epifitskih lišajev (Batič in Kralj, 1995). Večina študij se sicer osredotoča na žveplov dioksid ( $\text{SO}_2$ ), na katerega so lišaji nasploh najbolj občutljivi in dušikove okside ( $\text{NO}_x$ ). Toda lišaje uporabljajo tudi za monitoring številnih drugih onesnažil, kot so fluoridi, kovine, fosfor, radionuklidi, ozon, dioksini in druge organske zmesi (Poličnik, 2008). Nekatere lišajske vrste so tudi dobri kazalniki evtrofikacije, to je onesnaženja zraka z naravnimi in mineralnimi gnojili, ki so v ozračju posledica kmetijskih dejavnosti. Koncentracije, pri katerih so različna onesnažila škodljiva, se za posamezne vrste lišajev razlikujejo. Nekateri lišaji so celo značilni za precej onesnažena območja, območja z veliko  $\text{NO}_x$  in je njihova prisotnost znak povečane obremenitve s temi onesnaževali (najpogosteje zaradi prometa) (Kolenc, 2012).

Informacije o onesnažilih in njihovem delovanju so sicer skope, a do sedaj so znanstveniki opisali številne vplive, ki jih imajo onesnažila na lišaje. Na nivoju celotne steljke so raziskovalci opazili upad velikosti steljke, rasti in rodovitnosti, pojavljanje značilnih poškodb, bledenje in gubanje steljke, večina vrst v zelo onesnaženem zraku propade, ob manjšem vnosu onesnažil pa se spremeni tudi vrstna sestava. Večina zračnih onesnažil je po svoji naravi kislila, kar pa povzroča motnje v presnovi, privzemu snovi in vzdrževanju zgradbe (Blett in sod., 2003; Batič in sod., 2011).

Upadanje številčnosti in raznolikosti lišajev je v okolici urbanih, industrijskih in drugih onesnaženih območjih še vedno prisotno, kar nakazuje na to, da so antropogeni dejavniki (industrija, promet, kmetijstvo) še vedno odgovorni za zmanjševanje raznolikosti lišajev, ne glede na naravne sukcesije epifitskih skupnosti. Na razporeditev, količino in združbo epifitskih lišajev vplivajo tudi drugi dejavniki, kot so vlažnost, svetloba, temperatura, sestava lubja in zemlje, pomanjkanje primernih dreves in neugodne mikroklimatske razmere (Batič in Kastelec, 2009; Kolenc, 2012).

## 2.6 Privzem onesnaževal

Usedanje delcev poteka, ko so lišaji suhi ali mokri (Berryman in sod., 2009). Suhi lišaji so manj občutljivi na onesnažila, škodljiv učinek onesnažil pa je mnogo večji, ko je steljka vlažna in s tem metabolno aktivna. Lišaji so večje izpostavljenosti onesnaževalom deležni v zimskem času, ko je tudi onesnaženje zraka večje zaradi ogrevanja bivalnih prostorov (Blett in sod., 2003; Batič in sod., 2011). Ker nimajo zaščitnih tkiv in celic, potrebnih za vzdrževanje notranje konstantne količine vode, se voda in plini izmenjujejo prek celotne steljke. Ko so lišaji mokri, se odložena onesnažila prek celotne površine absorbirajo in kasneje koncentrirajo v lišajih. Med suhim obdobjem se hranila in številna onesnažila z absorpcijo zbirajo v celičnih stenah, v notranjih organelih ali kristalizirajo med celicami (Blett in sod., 2003; Berryman in sod., 2009).

Elementi onesnaževal vstopajo v notranjost lišajske steljke skozi površino v obliki mokrega ali suhega useda iz zraka, v manjši meri pa tudi s spiranjem onesnaževal s površine listov, debel in vej ali neposredno s podlage. Na sprejem delcev vpliva več dejavnikov (vlažnost, zgradba in površina steljke), odvisen je tudi od velikosti delcev, kemijske oblike in morfoloških razmer (padavine, pH, veter), vrste lišaja, njegove starosti, hitrosti rasti in morfološke zgradbe. Pomembno vlogo pri lišajih ima zgornja povrhnjica, ki je zgrajena iz hif, ki so navadno odebeljene in izločajo polisaharide. Na povrhnjici tako nastane lipofilna hidrokarboksilna prevleka (sestava le-te je odvisna od vrste lišaja, nadmorske višine in meteoroloških razmer) (Poličnik, 2008).

Ko se (oziroma če se) kvaliteta zraka izboljša, nivo onesnažil čez čas upade, spremembe kakovosti zraka v tkivih lišajev pa zaznamo šele v obdobju več let. Čeprav lahko traja več desetletij, da se obnovi prvotno stanje, so spremembe vidne iz leta v leto, saj se onesnažila iz starejših tkiv spirajo, obenem pa rastejo novi deli steljke (Blett in sod., 2003).

### 2.6.1 Žveplo

V zadnjih letih so bili glavni viri izpustov žveplovega dioksida ( $\text{SO}_2$ ) velike toplotne in termoelektrarne, v naseljenih predelih tudi individualne peči na premog.  $\text{SO}_2$  nastaja pri nekaterih industrijskih procesih (npr. tovarne celuloze) ter pri izgorevanju drugih goriv, ki vsebujejo žveplo. Svoj delež doda tudi vse večje število prometnih vozil (Plevnik, 2008).

Prvi znaki poškodb zaradi zračnega onesnaženja s  $\text{SO}_2$  so inhibicija fiksacije dušika, poškodbe celičnih membran, ki lahko vodijo v zmanjšanje biosinteze proteinov ali negativno vplivajo na izmenjavo hranil med simbiotoma, povečana izguba elektrolitov, spremenjena koncentracija klorofila a + b, zmanjšana fotosinteza in respiracija, čemur sledi razbarvanje (kloroza) in smrt alge. Odpornejše vrste sicer tolerirajo območja z višjimi koncentracijami onesnažil, a lahko privede do spremenjene notranje in/ali zunanje morfologije (Batič in sod., 2011; Kolenc, 2012). Obenem ima  $\text{SO}_2$  neposredni inhibitorski (toksični) vpliv na lišaje, ki povzroči zmanjšanje številčnosti lišajev in vrstne pestrosti (Kolenc, 2012).

## 2.6.2 Dušik

Dušikovi oksidi ( $\text{NO}_x$ ) pridejo v ozračje večinoma iz prometa in velikih termoenergetskih objektov, ki za gorivo uporabljajo premog. Med dušikovimi oksidi v izpuhu prometnih vozil z 80 do 90 odstotki prevladuje dušikov monoksid (Bolte, 2008), vendar na zraku s pomočjo ozona hitro oksidira v dušikov dioksid (Maguš, 2012).

Na manjšo pestrost lišajev v mestih vpliva predvsem promet, vsekakor pa tudi industrija. Dušik lahko na lišaje vpliva posredno s spreminjanjem pH lubja ali neposredno s poseganjem v fiziološke lastnosti. Lišaji se ne odzivajo vedno neposredno na koncentracije dušika v zraku, ampak na zvišan pH lubja, ki je posledica prisotnosti amonijaka ( $\text{NH}_3$ ) v okolju. Zvišanje pH lubja je značilno za amonijak, medtem ko je za dušikovo kislino ( $\text{HNO}_3$ ) značilno znižanje pH. Prisotnost dušikovih oksidov se lahko kaže v povečanju koncentracije klorofila a + b. Dušik lahko spodbuja naselitev in rast nekaterih dušikoljubnih vrst lišajev, s čimer posega v naravno poselitev lišajev in sestavo lišajske združbe povzroči pa tudi propadanje streljk občutljivih vrst lišajev, kar se opazi v bledenju le-teh (Conti in Cecchetti, 2001; Poličnik in sod., 2011).

## 2.6.3 Druga onesnaževala

Kakšne posledice imajo povišane ravni drugih onesnažil na stanje in preživetje lišaja, ni povsem jasno. Učinek je v veliki meri vrstno specifičen in je odvisen od vrste onesnaževala. Vpliv kovin na lišaje je razviden iz škodljivih učinkov, ki jih imajo na celično membrano, vsebnost klorofila, fotosintezo in dihanje, fotokemično učinkovitost fotosistema II, proizvodnjo etilena ob stresu, ultrastrukturo, odpornost na sušo, sintezo številnih encimov, sekundarnih metabolitov in molekul za prenos energije (Blett in sod., 2003).

Ozon povzroča poškodbe celičnih membran in encimskih sistemov, vpliva na povečanje količin oksidacijskih produktov v lišajih, poškodovan je tudi fotokemični aparat, kar povzroči upad fotosinteze. Informacije o vplivu fluoridov na lišaje so skope, znano pa je njihovo negativno delovanje na celice fotobionta (Conti in Cecchetti, 2001).

## 2.7 Določevalni ključi

Število poznanih živalskih in rastlinskih vrst je vsak dan večje in čeprav je na vsem svetu opisanih že več kot 2 milijona vrst živih bitij, jih ne poznamo niti polovico. Slovenija je po površini majhna, po številu vrst živali in rastlin pa med vodilnimi v Evropi (Nimis, 2013a).

Z raziskovanjem lišajev je začel Scopoli leta 1722, ki je popisal 64 taksonov. Do leta 2000 so v Sloveniji lihenologi našli kar 860 taksonov (Agencija RS za okolje, 2001).

Pri prepoznavanju živih bitij si pomagamo s priročniki, ki jih imenujemo določevalni ključi. Tradicionalni določevalni ključi temeljijo v glavnem na uvrščanju v sistem (klasifikacija). Določevalni ključi, uporabljeni v naši raziskavi, so digitalni, dihonomni, prosto dostopni ključi, namenjeni uporabi na prenosnih elektronskih napravah, kot so napredni mobilni telefoni, tablični računalniki in prenosni računalniki, uporabni so pa seveda tudi na običajnih računalnikih. Določevalne ključe izdelujemo v okviru čezmejnega projekta SiiT (Slovenija-Italija 2007–2013; [www.siiit.eu](http://www.siiit.eu)). Niso narejeni na principu uvrščanja v sistem, zato ne zahtevajo prepoznavanja zahtevnih znakov, ki so običajno potrebni za razlikovanje sistematskih družin in rodov. Nabor različnih vrst in izrazoslovje se lahko prilagodi glede na potrebe, ki jih potrebujemo v danem trenutku. Spremljevalno slikovno in tekstovno gradivo ponazorita posamezne znake ter omogočata uporabo tudi popolnim začetnikom. Ključ za določevanje epifitskih lišajev Slovenije so razvili na Univerzi v Novi Gorici v Laboratoriju za raziskave okolja v letu 2013, in sicer s pomočjo vodilnega partnerja projekta SiiT. Vse besedilo je recenziral prof. Batič, vodilni slovenski lihenolog, s čimer ključi predstavljajo tudi prvo obsežnejše gradivo za preučevanje lišajev v Sloveniji.

Spletne aplikacije določevalnih ključev so brezplačno dostopne z vsakim računalnikom, ki je povezan s svetovnim spletom. Spletna oblika vodnika se lahko prilagodi tudi za shranjevanje na CD- ali DVD-ROM, kar omogoča uporabniku, da vodnik uporablja tudi na računalniku, ki nima dostopa do spleta (Nimis, 2013a).

Vsak dihonomni ključ vsebuje kratek opis (priročnik za spoznavanje osnovnih zgradb lišajev in znakov, ki so pomembni za določevanje) ter navodila za uporabo določevalnih ključev. Dihonomni ključ na vsakem koraku v določevalnem ključu uporabniku ponuja na izbiro dve možnosti. Vsaka možnost je podana opisno (z besedilom) in slikovno, kar olajša uporabniku izbiro. Korak za korakom ostaja v ključu manj možnih vrst, dokler ne pride uporabnik do zadnjega koraka in s tem imena vrste, ki jo določa. Vsaka vrsta je predstavljena na svoji strani, kjer je poleg imena vrste in številnih fotografij lahko tudi bolj ali manj natančen opis vrste, podatki o razširjenosti vrste, povezava do drugih spletnih strani in spletnih arhivov fotografij (Nimis, 2013a).

Ključ je dostopen na povezavi:

[http://dbiodbs.univ.trieste.it/carso/chiavi\\_pub21?sc=566](http://dbiodbs.univ.trieste.it/carso/chiavi_pub21?sc=566).



### 3 METODE DELA

#### 3.1 Opis raziskovanega območja

Popis lišajev je potekal na območju med Novo Gorico in Razdrtim, kot je prikazano na Sliki 9. Izbranih 11 točk je bilo popisanih že v letu 2007 (Batič in sod., 2011), dodala sem še eno točko, ki sem jo izbrala sama, saj sem želela narediti primerjavo s točko 880, ki se nahaja v bližini avtoceste. Lokacijo točk sem našla s pomočjo GPS naprave, v katero sem vnesla koordinate popisnega mesta. Lišajске vrste niso bile popisane na točno istih drevesih kot pred sedmimi leti, ampak na istih drevesnih vrstah (razen na točki 870) primerne starosti in debeline debla.

Kratek opis lokacij vzorčenja.

Točka 2526: gozdnati sestoj je v neposredni bližini hitre ceste pri Volčji Dragi na 92 m nadmorske višine. V letu 2007 je bil na tej točki šestkrat popisani rdeči hrast (*Quercus rubra* L.), ista drevesna vrsta je bila popisana tudi tokrat (pri vseh točkah velja, da ne gre nujno za ista drevesa).

Koordinate: Lat: 45°55'10.9" Lon: 13°41'32.83"

Točka 869: gozdnati sestoj je v bližini vasi Ravne na 447 m nadmorske višine. V letu 2007 je bil na tej točki štirikrat popisani hrast graden (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), dvakrat črni bor (*Pinus nigra* J.F. Arnold). Isti drevesni vrsti sta bili popisani tudi tokrat.

Koordinate: Lat: 45°55'15.8" Lon: 13°45'42.92"

Točka 2528: gozdnati sestoj je v bližini vasi Selo na 113 m nadmorske višine. V letu 2007 so bile na tej točki dvakrat popisana robinja (*Robinia pseudacacia* L.), dvakrat hrast dob (*Quercus robur* L.), dvakrat beli gaber (*Carpinus betulus* L.); iste drevesne vrste so bile popisane tudi tokrat. Koordinate: Lat: 45°53'4.79" Lon: 13°47'53.25"

Točka 3623: gozdnati sestoj je v bližini vasi Brje na 310 m nadmorske višine. V letu 2007 je bil na tej točki trikrat popisani mali jesen (*Fraxinus ornus* L. subsp. *ornus*) in enkrat črni bor (*P. nigra*); isti drevesni vrsti sta bili popisani tudi tokrat.

Koordinate: Lat: 45°50'55.92" Lon: 13°47'49.67"

Točka 870: gozdnati sestoj je jugozahodno od vasi Predmeja, na 913 m nadmorske višine. V letu 2007 so bili na tej točki dvakrat popisani mokovec (*Sorbus aria* (L.) Crantz), dvakrat mali jesen (*F. ornus*), dvakrat črni bor (*P. nigra*). Tokrat sta bili popisani enkrat črni bor (*P. nigra*) in petkrat javor (*Acer pseudoplatanus* L.), saj drevesnih vrst iz prejšnjega popisa na tej lokaciji nismo našli. Sklepam, da so jih odstranili pri vmesnih gozdnogospodarskih ukrepih.

Koordinate: Lat: 45°55'14.56" Lon: 13°50'53.04"

Točka 876: gozdnati sestoj je v bližini vasi Predmeja na 852 m nadmorske višine. V letu 2007 je bila na tej točki šestkrat popisana bukev (*Fagus sylvatica* L. s. *str.*); ista drevesna vrsta je bila popisana tudi tokrat.

Koordinate: Lat: 45°55'19.62" Lon: 13°57'1.55"

Točka 2527: gozdnati sestoj je v bližini vasi Otlica na 768 m nadmorske višine. V letu 2007 sta bili na tej točki trikrat popisani robinja (*R. pseudoacacia*), trikrat črni bor (*P. nigra*); isti drevesni vrsti sta bili popisani tudi tokrat.

Koordinate: Lat: 45°55'18.94" Lon: 13°53'55.26"

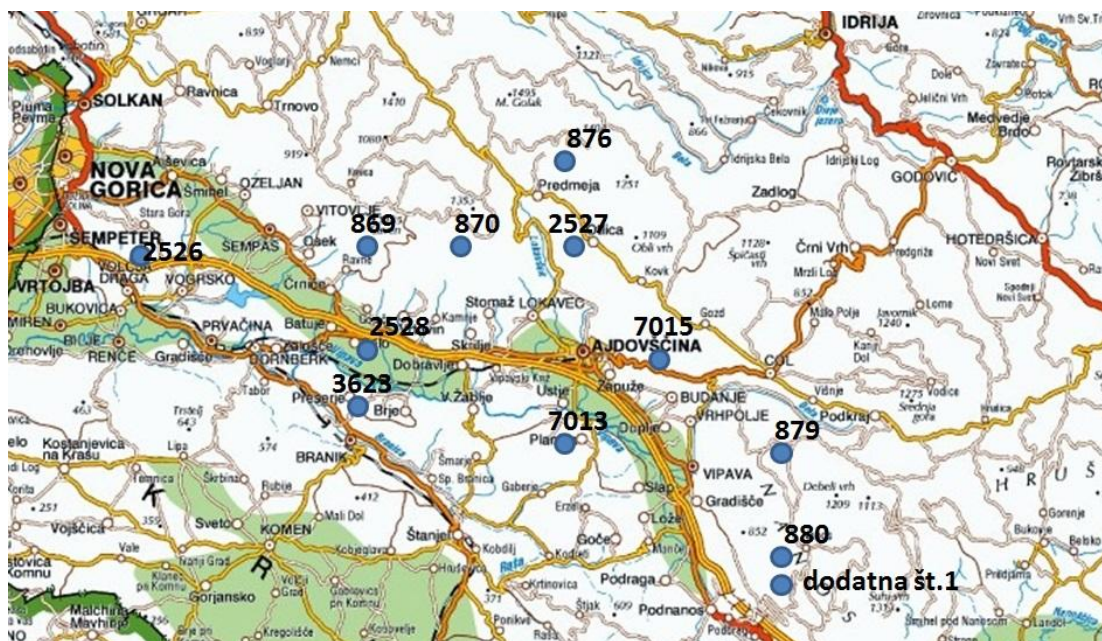
Točka 7013: popisana drevesa so na robu med gozdom in travnikom v bližini vasi Planina na 319 m nadmorske višine. V letu 2007 so bili na tej točki trikrat popisani domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), enkrat robinja (*R. pseudoacacia*), dvakrat hrast dob (*Quercus robur* L.). Iste drevesne vrste so bile popisane tudi tokrat.  
Koordinate: Lat: 45°50'59.62`` Lon: 13°54'0.56``

Točka 7015: gozdnati sestoj v bližini Ajdovščine ob regionalni cesti med Ajdovščino in Colom na 523 m nadmorske višine. V letu 2007 je bil dvakrat popisani puhasti hrast (*Quercus pubescens* Willd.); ista drevesna vrsta je bila popisana tudi tokrat.  
Koordinate: Lat: 45°53'11.26`` Lon: 13°57'2.99``

Točka 879: gozdnati sestoj v bližini vasi Sanabor na 470 m nadmorske višine. V letu 2007 je bil šestkrat popisani rdeči bor (*Pinus sylvestris* L.); ista drevesna vrsta je bila popisana tudi tokrat.  
Koordinate: Lat: 45°51'3.67`` Lon: 14°0'11.23``

Točka 880: gozdnati sestoj v bližini vasi Nanos na 833 m nadmorske višine. V letu 2007 je bila na tej točki šestkrat popisana bukev (*F. sylvatica*); ista drevesna vrsta je bila popisana tudi tokrat.  
Koordinata: Lat: 45°48'53.3`` Lon: 14°0'13.04``

Dodatna točka št.1: gozdnati sestoj v bližini vasi Nanos in nekoliko južneje od točke 880 na 723 m nadmorske višine, šestkrat je bila popisana bukev (*F. sylvatica*).  
Koordinate: Lat: 45°50'28.0`` Lon: 13°59'15.7``



Slika 9: Lokacije, kjer je bil opravljen popis epifitskih lišajev (Vir: Geopedia, 2014)

### 3.2 Popis pokrovnosti in vrstne sestave lišajev

Popise pokrovnosti in vrstne sestave lišajev sem opravila skupno na enajstih lokacijah od Nove Gorice do Razdrtega, ki so bile vključene že v popisu leta 2007 (Batič in sod., 2011), dodala sem še eno točko v bližini avtoceste na odseku Vipava-Razdrto. Na vsaki ploskvi so popisani lišaji na šestih izbranih drevesih. Lega ustreznih točk za ponovitev popisa iz leta 2007 je bila določena s pomočjo znanih koordinat in GPS naprave. Na lokaciji z ustreznimi koordinatami sem poiskala drevesa enakih vrst, kot so bila izbrana v preteklem popisu.

Dodatna lokacija je bila izbrana, da bi dobila podrobnejši vpogled na spreminjanje lišajske flore glede na oddaljenost od avtoceste. Pri izboru lokacij sem upoštevala tudi prevladujočo smer vetra.

Pri raziskavi sem se odločila za popis po slovenski (SI) metodi (Batič in Kralj, 1995). To metodo sem izbrala zato, da sem omogočila primerjavo s predhodno raziskavo iz leta 2007 (Batič in sod., 2011). Metoda je bila razvita v Sloveniji in je kljub preprostosti dober pokazatelj onesnaženosti zraka (Poličnik in sod., 2010).

Na izbrano drevo se namesti vzorčno mrežo velikosti 20 x 50 cm, razdeljeno na deset kvadratov velikosti 10 x 10 cm. Popisno mrežo pritrdimo na drevo (Slika 10) tako, da je spodnji rob v višini 1 m od tal. Za popis se izbere stran, ki je najbolj obrasla z lišaji. Če je drevo poraslo z mahovi, se postavi vzorčno mrežo tako, da je znotraj mreže prisotnega čim manj mahu. Obraslosti z mahovi mora biti na popisnih površinah vedno manjša od 20 % (Batič in sod., 2011).



*Slika 10: Postavitev vzorčne mreže na deblo drevesa za popis vrst in pokrovnost lišajske vegetacije (Vir: Rudolf, 2014)*

Pri popisu sem sledila metodologiji, ki je bila uporabljena za popis leta 2007. Ocenjevala sem pokrovnosti treh osnovnih ravnih tipov lišajev – skorjaste, listaste in grmičaste. Pokrovnost z lišaji na posameznem opazovanem drevesu predstavlja odstotek površine popisne mreže, ki je prekrita z lišaji. Pokrovnost je bila ocenjena za vsakega od treh tipov lišajev posebej. Ob hkratni prisotnosti skorjastih in listastih lišajev sem pokrovnost ocenila tako, da je bil seštevek lahko največ 100 %, medtem ko skupna pokrovnost skorjastih in grmičastih oziroma listastih in grmičastih teoretično lahko znaša več kot 100 % zaradi plastovitosti in medsebojnega prekrivanja (Batič in sod., 2011).

Kot reprezentativno vrednost za celotno ploskev sem izračunala mediano vrednosti, izmerjenih na drevesih iste drevesne skupine (Preglednica 1). V drevesne skupine so razporejene drevesne vrste glede na kemične lastnosti skorje. Za mediano sem se odločila, ker je v primeru, ko imamo na ploskvah posamezna izstopajoča drevesa glede pokrovnosti z lišaji, bolj primerna mera sredine kot povprečje. Na posamezni ploskvi je bila pokrovnost z lišaji ocenjena na najmanj dveh in največ šestih drevesih iz iste drevesne skupine, kar pomeni, da sem za nekatere opazovalne ploskve izračunala dve mediani: vsako na podlagi dveh dreves iz iste drevesne skupine. Kot oceno variabilnosti podatkov za posamezno drevesno skupino na opazovalni ploskvi sem izbrala variacijski razmik: (maksimum – minimum) pokrovnosti z lišaji (Batič in sod., 2011).

**Preglednica 1:** Skupine drevesnih vrst

Skupina	Ime drevesne skupine in vključene drevesne vrste
I	Bukev (navadna bukev, navadni beli gaber)
II	Smreka (navadna smreka, navadni macesen in ostali macesni, duglazija)
III	Jelka (bela jelka)
IV	Hrasti (dob, graden, cer, puhasti hrast, pravi kostanj, črni gaber, rdeči hrast, ostali hrasti)
V	Javorji, lipe, jeseni (gorski, ostrolistni, poljski in topokrpi javor, lipa, lipovec, širokolistna lipa, mali in veliki jesen)
VI	Vrbe in topoli (trepetlika, topol, vrba, črni topol, topol klon, bela vrba), oreh
VII	Bor (rdeči bor, črni bor, zeleni bor, drugi bori)
VIII	Robinja in bresti
IX	Češnja, brek, mokovec, jerebika, negnoj, jablana, hruška in sliva
X	Črna jelša, siva jelša, navadna breza, druge breze

Poleg ocenjevanja pokrovnosti sem v vsakem izmed desetih kvadratov znotraj mreže iskala različne vrste lišajev. Vsa okenca vzorčne mreže se natančno ogleda s povečevalnim steklom, saj je večina steljk majhnih dimenzij.

Določitev lišajev je potekala na terenu s pomočjo digitalnega dihotomnega ključa, nameščenega na tabličnem računalniku. Vsako steljko sem si podrobno ogledala in sem bila pozorna na znake, po katerih lišaje prepoznavamo. Določila sem ravnostno strukturo (grmičasti, listasti, skorjasti, luskasti ali praškasti), barvo steljke, strukture spolnega (periteciji, apoteciji) in vegetativnega razmnoževanja (izidiji, sorediji in soroliji). V veliko pomoč so mi bili tudi reagenti, ki povzročijo barvne spremembe. Pri zahtevnejših vrstah sem odvzela vzorce in dodatno določitev opravila v laboratoriju s pomočjo mikroskopa (opazovanje oblike in barve spor itd.).

### 3.3 Testiranje razumevanja in uporabe določevalnega dihonomnega ključa med študenti

Raziskavo sem izvedla s študenti 1. in 2. letnika študijskega programa Okolje 1. stopnje Univerze v Novi Gorici (18 študentov), 1. letnika 2. stopnje Pedagoške fakultete Univerze v Ljubljani (12 študentov) in 2. letnika 1. stopnje Pedagoške fakultete Univerze na Primorskem (23 študentov). Skupno je v vseh štirih preizkusih sodelovalo 53 študentov. Izmed tega je bilo 6 fantov in 47 deklet. Anketiranci so bili stari med 19 in 26 let. Študentje so epifitske lišaje določali v parih (izjemoma posamič ali v trojicah), in sicer na tabličnih računalnikih brez povezave z internetom. Vsi študentje so bili predhodno seznanjeni z uvodom o lišajih, njihovem razlikovanju in delovanju dihonomnega ključa, ki ga je predavala mentorica dr. Jana Laganis.

Namen mojega dela je bil poleg same predstavitve ključa predvsem preizkus učinkovitosti ključev pri pridobivanju znanja. Študenti so najprej prisluhnili uvodu, v katerem jim je mentorica prikazala pomembnejše znake, po katerih razlikujemo lišaje. Potem so opravili predpreizkus znanja v trajanju približno 10 minut. Zatem so z digitalnimi ključi vodeno določili izbran primer lišaja, da so se seznanili s samim delovanjem ključa in osnovnimi vprašanji. Pri tem je bila vedno izbrana vrsta *Punctelia subrudecta* (Nyl.) Krog. Ugotovitve so bile prepuščene samim študentom in jim mentorica ni ničesar dodatno razlagala, jih je pa usmerjala z ustreznimi vprašanji. Za tem pa so študentje sami določili še vsaj dva izbrana lišaja. Vsi so določili vrsto rumenček (*X. parietina*), preostale vrste pa so si sami izbrali iz naše zbirke lišajev. Določanje je trajalo približno 25 minut. Sledil je popreizkus znanja z enakimi vprašanji, kot so bili uporabljeni v predtestu. S tem sem želela določiti spremembo znanja, do katere je prišlo zgolj z uporabo ključa.

V preizkusih znanja so študentje odgovarjali na deset vprašanj odprtega in izbirnega tipa. Vprašanja so se nanašala na različne značilnosti in razločevalne znake epifitskih lišajev. Pri enem vprašanju so bili pozvani, da pravilno skicirajo rizine (koreninam podobne strukture) in jim označijo pravi položaj na steljki. Celoten preizkus znanja je priložen v Prilogi B.

Praktična uporaba določevalnih ključev je potekala v predavalnici z vnaprej pripravljenimi primerki lišajev. Študentje so imeli na voljo vzorce steljke za postopek določanja. Pri delu so uporabljali tablične računalnike, na katerih je bil naložen Interaktivni vodnik za določanje epifitskih lišajev Slovenije (2013).



*Slika 11: Primer strani iz dihonomnega ključa (Vir: Nimis, 2013b)*

Podatke iz vseh štirih preizkusov sem vnesla v tabelo programa Excel. Pri tem sem uporabila naslednje šifriranje: pri nalogah, kjer je bil možen en odgovor, je bila povsem pravilnemu odgovoru pripisana vrednost 1, delno pravilen ali napačen pa je bil označen z 0 točkami. Pri nalogah z več pravnimi odgovori sem za pravilen odgovor dodala točko, za vsak nepravilen pa jo odvzela do vrednosti 0. Za vsako nalogo sem nato seštel skupno število točk vseh študentov ter primerjala rezultate vseh štirih testov, določila standardno varianco doseženih točk pri predtestu in potestu ter podatke prikazala v grafu (Torkar in sod., 2013).

### 3.4 Analiza ankete o zanimanju za biologijo in uporabnosti ključa

Anketa (Priloga C) je sestavljena iz dela, ki preučuje odnos do učenja in posebej odnos do učenja biologije, ter dela, ki se nanaša na uporabo ključa (razumljivost, enostavnost rabe, spodbujanje k vedoželjnosti).

Iskala sem korelacije med uspešnostjo učenja pri uporabi ključa ter med odnosom učenja in kako uporaben se anketirancu zdi dihonomni ključ.

Vse zbrane rezultate analiz sem uredila s pomočjo programa Microsoft Office Excel. Podatke sem statistično obdelala in ovrednotila z naslednjimi statističnimi parametri:

- aritmetična sredina – povprečje,
- standardni odklon (SD),
- koeficient variacije (KV).

Aritmetična sredina: izračunamo jo tako, da seštejemo vrednosti spremenljivk statističnih enot ( $x_i$ ) in vsoto delimo s številom enot ( $n$ ) (Adamič, 1989):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Standardni odklon: pozitivna mera za razpršenost posameznih vrednosti. Najpogosteje uporabljena mera variacije je varianca ( $\sigma$ ), ki je enaka kvadratu srednjega odklona. Varianca je povprečje kvadratov odklonov posameznih vrednosti od aritmetične sredine, izračunamo jo po enačbi (3) (Adamič, 1989):

$$SD = \sqrt{\sigma^2} \quad (2)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (3)$$

Koeficient variacije: relativna mera variabilnosti. Izračunamo ga lahko tako, da standardni odklon delimo z aritmetično sredino in to izrazimo kot odstotek (Adamič, 1989):

$$KV(\%) = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100 \quad (4)$$

Medsebojno zvezo dveh spremenljivk ( $x$  in  $y$ ) preučujemo z metodo korelacij. Na ta način lahko preučujemo odnos med spremenljivkama, ali obstaja povezanost in kakšne vrste je, ali pa poizkušamo na osnovi ene spremenljivke napovedano vrednost druge (Adamič, 1989).

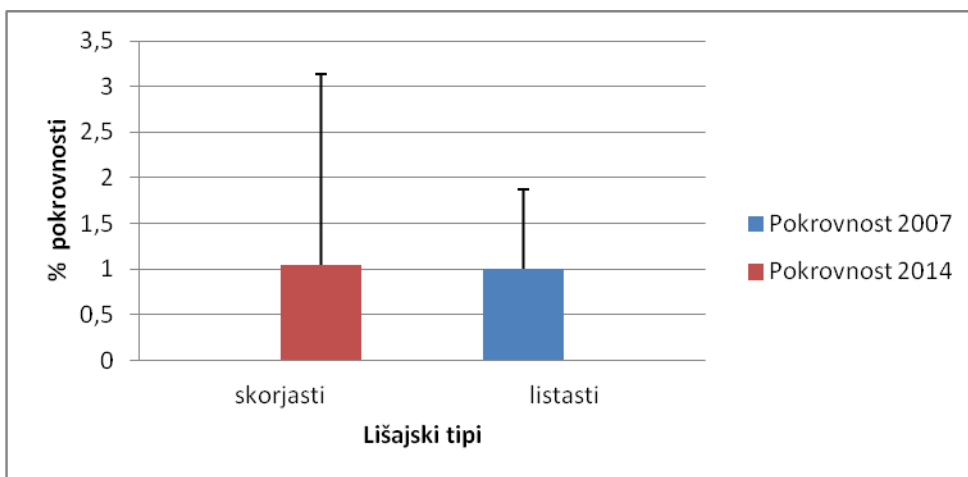
Korelacija je prav tako metoda za statistično analizo dveh spremenljivk, pri tem pa obe spremenljivki obravnava kot neodvisni. To pomeni, da vrednosti spremenljivk ne moremo izbrati vnaprej, sta naključni, odvisni od napak pri merjenju, na obe delujejo biološki in drugi dejavniki variabilnosti. Korelacija je lahko pozitivna ali negativna, velika ali majhna ali pa sploh ne obstaja (Adamič, 1989).

## 4 REZULTATI IN RAZPRAVA

### 4.1 Popis pokrovnosti lišajev po SI metodi

Iz rezultatov je razvidno, da je stanje epifitske lišajske vegetacije ob mojem popisu na območju od Nove Gorice do Razdrtega zelo podobno stanju ob popisu iz leta 2007 (*Preglednica 2*). Lišajska vegetacija je relativno slaba, izboljšanja so vidna samo na točki 876 (*Slika 12*) pri skorjastih lišajih. Obenem ugotovim, da se je pokrovnost na točki 876 pri listastih lišajih poslabšala v primerjavi s popisom iz leta 2007. Točka 876 je po legi najvišja med vsemi popisanimi točkami in tam nisem pričakovala vpliva ceste. Na višjih nadmorskih višinah je sicer možno pričakovati bolj čisto ozračje, delno pa gre lahko tudi za odstopanja v okviru naravnih variacij med posameznimi drevesi. Na vseh drugih točkah so rezultati enaki kot pred sedmimi leti (*Slika 13*). Na točki 869 je bil delež pokrovnosti za skorjaste in listaste lišaje nič tako letos kot pred sedmimi leti. Rezultat je možno razložiti preko večje izpostavljenosti tokovom onesnaženega zraka ali poletnega ozona, možno pa je tudi, da je lokacija dokaj sušna in s tem manj primerna za rast lišajev. Grmičasti lišaji niso bili popisani na prav nobeni točki, prav tako je bilo tudi leta 2007. To lahko delno pripišem močnim vplivom onesnaženega zraka iz Padske nižine in ozona v poletnih mesecih, v veliki meri pa tudi dejavnosti na sami lokaciji (kmetijstvo in vinogradništvo)

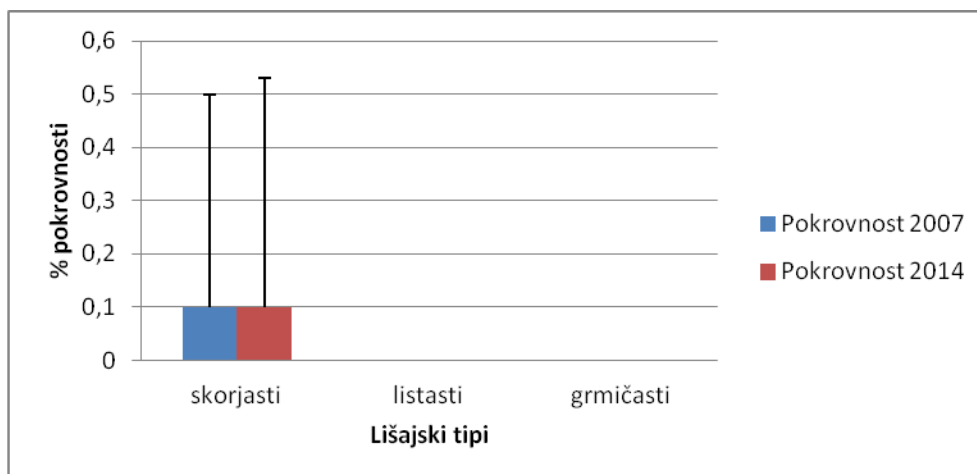
Na rezultate popisa vplivajo tudi individualne razlike med popisovalci ter izbor dreves (lahko so bila izbrana druga drevesa istih vrst). Zavedati se je potrebno tudi, da sem popisala dokaj majhno število točk, kar ima za posledico velike variacije v statistični analizi.



**Slika 12:** Primerjava pokrovnosti lišajskih tipov na popisani točki 876 (prikazana je tudi SD)

\*Pokrovnost 2007 skorjastih lišajev je bila 0, pokrovnost 2014 listastih lišajev je bila 0.





**Slika 13:** Primerjava pokrovnosti lišajskih tipov na popisanih točkah 2526, 2528, 3623, 2527, 7013, 7015, 879 in 880 (prikazana je tudi SD).

Na pokrovnost posameznih ravnih tipov lišajev vplivajo poleg onesnaženega zraka predvsem lastnosti drevesnih vrst, na katerih sem lišaje opazovala (lastnosti drevesne skorje, tip krošnje, razširjenost drevesne vrste glede na naravne danosti in gospodarjenje z godovi in z vsem tem povezan tipičen razvoj epifitske lišajske vegetacije na posameznih skupinah drevesnih vrst).

Pomembne so še svetlobne razmere in vlažnost. Grmičastih lišajev, ki so indikatorji čistega zraka, skoraj ni, z izjemo skromne obrasti posameznih primerkov na hrastih. Razlog je delno gotovo predvsem v onesnaženju, delno pa tudi v lokaciji opazovanja. Večina grmičastih vrst je bolj svetlobo ljubnih, zato jih na primer na deblih v strnjених sestojih bukve ni (Batič in sod., 2011).

**Preglednica 2:** Primerjava deleža pokrovnosti na posameznih točkah za popis leta 2007 in 2014

Popisane točke	Skorjasti lišaji 2007	Skorjasti lišaji 2014	Listasti lišaji 2007	Listasti lišaji 2014	Grmičasti lišaji 2007	Grmičasti lišaji 2014
869	0	0	0	0	0	0
876	0	1,05	1	0	0	0
879	0,1	0,1	0	0	0	0
880	0,1	0,1	0	0	0	0
2526	0,1	0,1	0	0	0	0
2527	0,1	0,1	0	0	0	0
2528	0,1	0,1	0	0	0	0
3623	0,1	0,1	0	0	0	0
7013	0,1	0,1	0	0	0	0
7015	0,1	0,1	0	0	0	0

\*izzeti sta točki 870 (leta 2014 niso bile popisane iste drevesne vrste) in dodatna št.1 (popisana samo leta 2014).

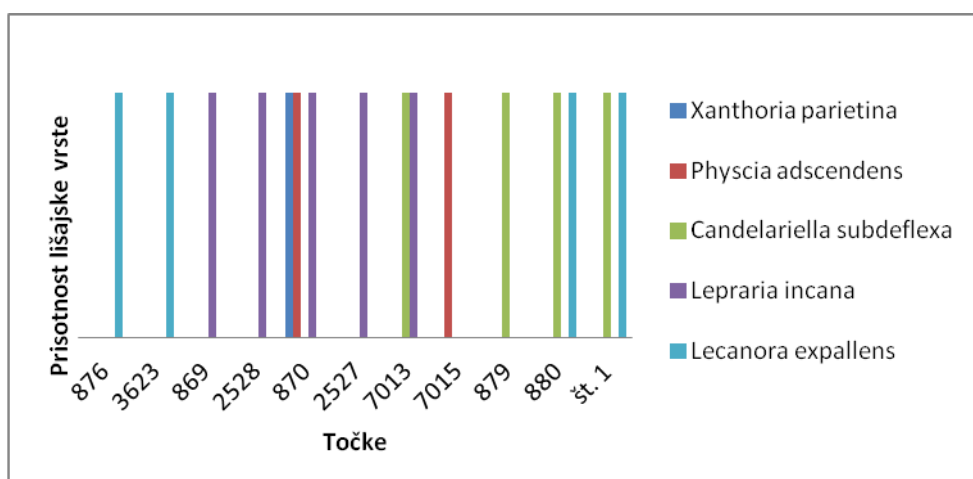
Listastih lišajev je največ v gorskih smrekovih gozdovih, največ na smreki in nekoliko manj na bukvi. Odsotnost listastih lišajev lahko razložimo z lokalnim onesnaženjem ali z daljinskim transportom onesnaževal (Batič in sod., 2011).

Skorjasti lišaji so najbolj razviti na bukvi, kar je gotovo povezano s tipom skorje. Bukev in navadni beli gaber lubja ne razvijeta, ampak se skorja razteza z večanjem debeline premera. To omogoča precej boljše ohranjanje in rast skorjastih streljk, od katerih mnoge vrste uspevajo v odmrlem peridermu. Skorja ne poka in odpada, kar se prej ko slej zgodi na vseh drugih drevesnih vrstah (Batič in sod., 2011).

## 4.2 Popis lišajskih vrst

Iz rezultatov popisa lišajskih vrst (*Preglednica 3*) je razvidno pojavljanje vseh 18-ih vrst, ki so se pojavile na popisanih točkah. Na največ popisanih točkah (na petih) se je pojavila vrsta *Lepraria incana*, štirikrat pa sta se pojavili *C. subdeflexa* in *L. expallens*. *L. incana* in *L. expallens* sta vrsti, ki sta značilni za onesnažena območja (Whelan, 2008). Iz tega lahko sklepam, da je moje popisano območje precej onesnaženo.

Nitrofilni vrsti *X. parietina* in *P. adscendens* sta se pojavili na dveh točkah (7015 blizu vasi Selo in 870 blizu vasi Predmeja), kar nakazuje, da je na teh dveh območjih največ onesnaženja z NO<sub>x</sub>. Vzrok za onesnaženje z NO<sub>x</sub> na točki 7015 se lahko razloži z bližino hitre ceste. Iz rezultatov popisa na točki 870 pa je razvidno, da bolj kot lokalni vplivi hitre ceste na stanje lišajske flore vpliva daljinsko onesnaževanje.



*Slika 14: Pojavnost lišajskih vrst, ki so značilne za onesnaženo okolje*

Pri popisu sem dodala še dodatno točko (št. 1) pri vasi Nanos in jo primerjala s točko 880, ki se nahaja v njeni bližini. Na obeh točkah sem vzorčila na enaki drevesni vrsti, in sicer na bukvi (*F. sylvatica*). Na obeh točkah je bil enak delež pokrovnosti in so bile popisane iste vrste *C. subdeflexa*, *Graphis scripta* (L.) Ach. (vrsta, ki je značilna za rahlo onesnažena območja) in *L. expallens* (vrsta, ki je značilna za onesnažena območja) (Whelan, 2008). Iz tega lahko sklepam, da lišaji ne nakazujejo, da bi se obe točki razlikovali glede onesnaženosti. To bi lahko pomenilo, da prevladujoč vir onesnaženja ni promet, ampak drugi, daljinski viri. Vsekakor pa na tem območju v poletnem času na lišajske vrste vpliva tudi ozon, kar bi prav tako lahko vplivalo na pokrovnost pri mojem popisu (ARSO, 2013).

**Preglednica 3:** Prisotnost vrst epifitskih lišajev na popisnih točkah med Novo Gorico in Razdrtim

Popisane točke												
Popisane vrste	2526	869	2528	3623	870*	876	2527	7013	7015**	879	880	št.1***
Candelaria concolor			X									
Cladonia coniocraea		X										
Cladonia sp.	X											
Candelariella subdeflexa Δ								X		X	X	X
Flavoparmelia caperata		X										
Flavopunctelia flaventior			X									
Graphis scripta	X										X	X
Lecanora expallens Δ				X		X					X	X
Lecanora symmicta		X										
Lepraria elobata		X		X								
Lepraria incana Δ		X	X		X		X	X				
Megalaria grossa			X									
Menegazzia terebrata			X		X			X				
Normandina sp.							X					
Parmelinopsis horrescens		X	X				X					
Physcia adscendens □					X				X			
Phlyctis argena	X											
Xanthoria parietina □					X							

\*na dani lokaciji niso bile popisane iste drevesne vrste kot leta 2007

\*\*na točki je bil opažen tudi listasti lišaj, ki ga nisem uspela določiti

\*\*\*dodatna točka, ki smo si jo izbrali sami

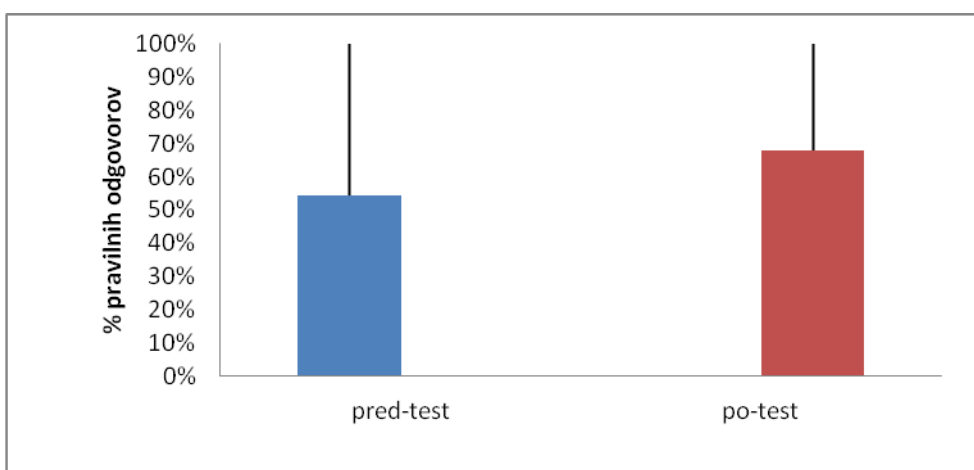
Δ vrsta, značilna za onesnažena območja

□ nitrofilna vrsta

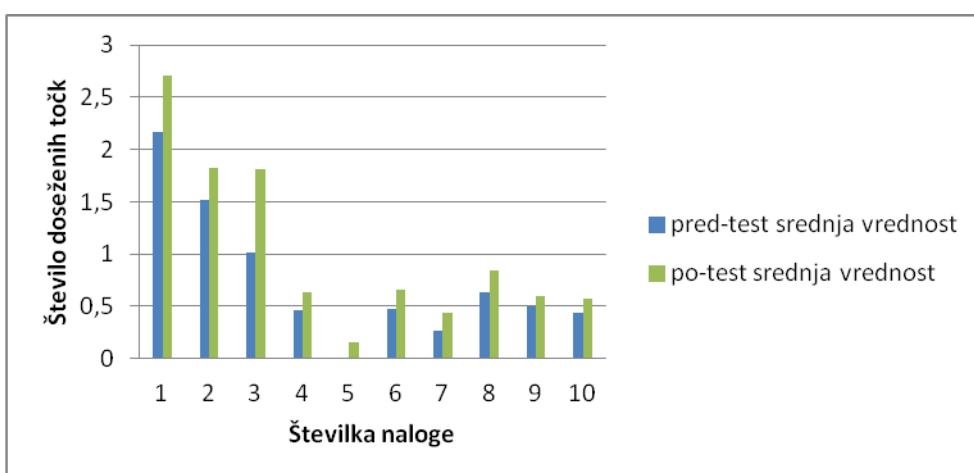
### 4.3 Testiranje razumevanja in uporabe določevalnega dihonomnega ključa med študenti

Znotraj para so študentje enakovredno sodelovali, oba sta opazovala steljko in se odločala, katera izmed trditev v dihonomnem ključu je pravilna. Ob nesoglasjih ali težavah pri prepoznavanju struktur lišaja je na pomoč priskočila mentorica. Študentom je bil način dela zanimiv, ker so spoznavali nove stvari na nov način. Po prvem samostojnem določenem lišaju pa se je le-ta velikokrat še povečala. Pri motiviranosti za vzorčenje smo med študenti opazili velike razlike: nekateri so opravili le toliko določitev, kolikor jim jih je bilo izrecno naročeno, drugi so opravili še kup samostojnih določitev in smo jih morali pri določanju zaustaviti zaradi poteka razpoložljivega časa.

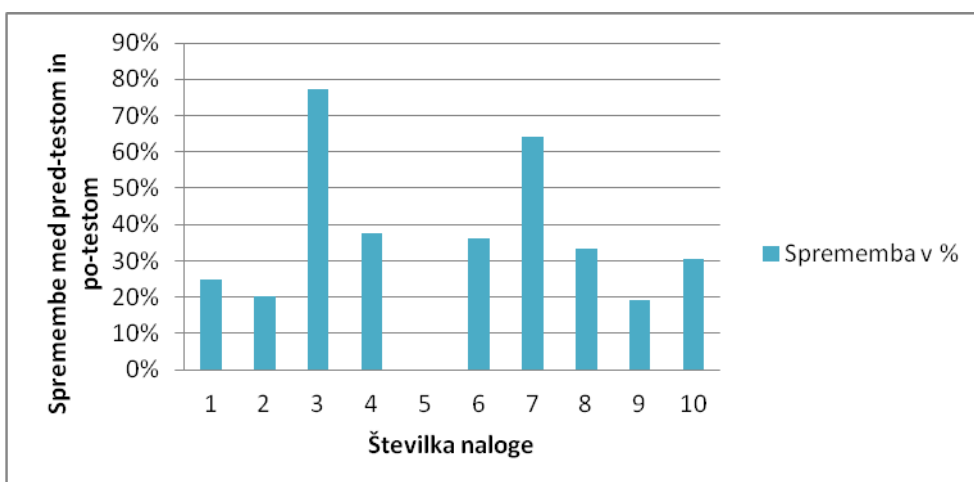
Rezultati raziskave kažejo, da so študentje v povprečju dosegli na potestu 13,4 % več točk kot na predtestu (Slika 15). Takšni rezultati so bili pričakovani, saj je kombinacija uporabe virtualnega okolja in konkretnih izkušenj lahko uspešna pri ustvarjanju novega znanja (Torkar in sod., 2013).



Slika 15: Delež pravih odgovorov pri predtestu in potestu med anketiranimi študenti (prikazana je tudi SD)

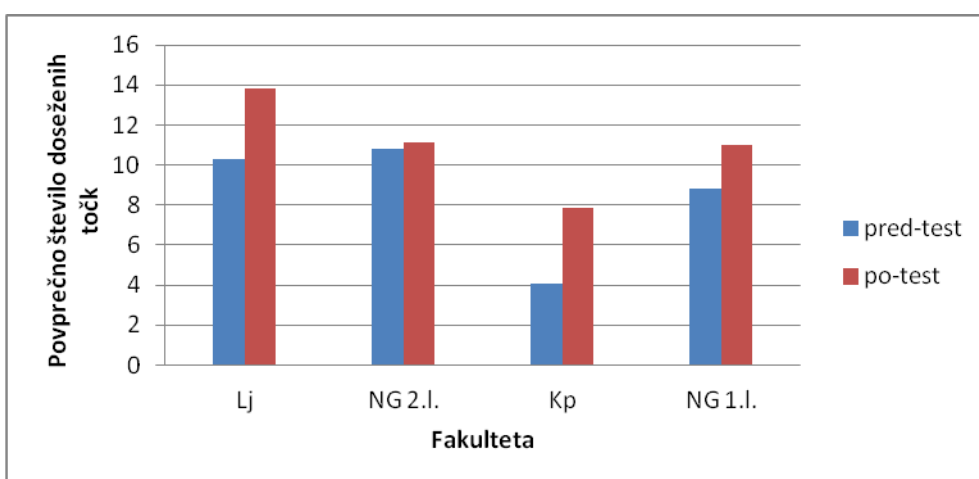


Slika 16: Primerjava števila doseženih točk na predtestu in na potestu po posameznih nalogah



*Slika 17: Spremembe deležev pravih odgovorov med predtestom in potestom po posameznih nalogah vprašalnika (izraženo v %)*

Na sliki 16 in 17 so vidne najmanjše spremembe v deležu pravih odgovorov pri razlikovanju značilnosti lišajev (2. naloga) in deveti nalogi, kjer je bilo potrebno označiti sliko s točkastimi soralijsi. Verjetnost za tako nizke spremembe je v tem, da so večino razlikovalnih značilnosti poznali že prej, v uvodu, soralijev pa dejansko niso dobro prepoznali med določanjem. Največje spremembe so vidne pri reakciji K<sup>+</sup> (3. naloga). To je možno razložiti s pogostostjo tega vprašanja v ključu, znak je tudi jasen in test je večini udeležencev zanimiv (lastna opažanja). Pri pseudoficelah (7. naloga) je veliko izboljšanje znanja možno razložiti s prisotnostjo pseudoficel na lišaju, ki so ga določali. Pri poimenovanju strukture apotecija (4. naloga) in kaj so apoteciji (6. naloga) razmeroma visoko izboljšavo lahko pojasni dejstvo, da je ta struktura pogosta in zelo dobro prepoznavna. Najslabše znanje so študentje pokazali pri prepoznavanju izidijev (5. naloga). Pri predtestu pravih odgovorov na to vprašanje ni bilo, čeprav smo jim strukturo v uvodnih predavanjih prikazali. Tudi med določanjem jih številni očitno niso jasno prepoznali. Možna razlaga so tudi problemi s pravilno uporabo ročne lupe, ki so bili po naših opažanjih med študenti pogosti.

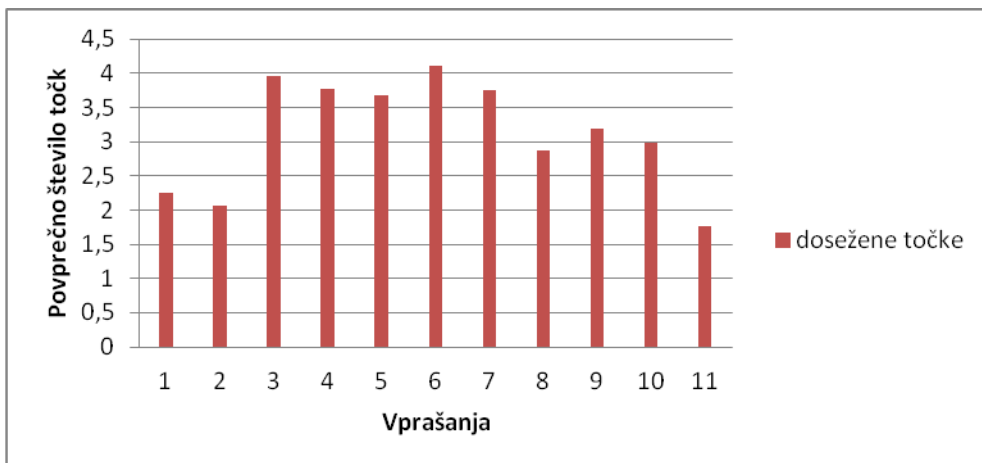


*Slika 18: Povprečno število doseženih točk na predtestu in potestu glede na fakulteto, ki jo študentje obiskujejo*

Slika 18 prikazuje povprečno število doseženih točk (od možnih 21) na predtestu in potestu, in sicer glede na to, katero fakulteto študentje obiskujejo. Največje število točk so na predtestu dosegli študentje 2. letnika programa Okolje, povprečno 10,83 točk, na potestu pa 11,16 točk. Izboljšanje rezultata je bilo za 3 %. Nekoliko presenetljiv je rezultat potesta, saj smo glede na visoko motivacijo pričakovali večje izboljšanje. Študentke 1. letnika 2. stopnje Pedagoške fakultete v Ljubljani so največ točk zbrale na potestu, povprečno 13,81. Na predtestu so v povprečju dosegle 10,27 točk in tako je bilo njihovo izboljšanje 35 %. Najnižjo motivacijo med razlago smo zaznali med študenti Pedagoške fakultete v Kopru (lastna opažanja). Ustrezni so tudi rezultati testa, saj so v predtestu zbrali povprečno 4,08 točk, v potestu pa povprečno 7,86 točk. To je pomenilo 95 % izboljšanje, kar nakazuje na to, da lahko učenje preko uporabe določevalnega ključa predstavlja zelo učinkovit način za posredovanje znanja pri študentih z nizko lastno motivacijo. Študentje 1. letnika programa Okolje v Novi Gorici so v povprečju dosegli 25 % izboljšanje rezultatov, saj so v predtestu dosegli povprečno 8,83 točk, v potestu pa povprečno 11 točk. Pri njih smo zaznali visoko motivacijo že med samim uvodom, čemur ustrezajo dobri rezultati predtesta.

#### 4.4 Analiza anket o zanimanju za biologijo in uporabnosti ključa

Slika 19 prikazuje povprečno število doseženih točk v prvem delu ankete, kjer sem študente spraševala o njihovem odnosu do učenja. Največje število točk (4,11) je bilo doseženo pri 6. vprašanju (želim biti ponosen/-a na svoje delo in dosežke), le nekoliko manj (3,96 točke) pa pri 3. vprašanju (mi je pomembno, da to znam). To nakazuje na visoko notranjo motivacijo, predvsem do zanimanja in želje po novem biološkem znanju. Najmanjše število točk je bilo doseženih pri 2. vprašanju (2,05 točke; da me ne bi bilo sram oz. da ne bi imeli sošolci boljših ocen od mene). Le nekoliko boljši rezultat (2,25 točk) je bil pri 1. vprašanju (da zadovoljim pričakovanja drugih). Iz tega lahko sklepam, da je med študenti bolj prisotna notranja motivacija.



Slika 19: Povprečno število doseženih točk v prvem delu ankete o uporabnosti ključev

Slika 20 prikazuje rezultate povprečno doseženih točk v drugem delu ankete, kjer sem spraševala študente o uporabnosti dihotomnega ključa. Največje število točk je bilo doseženo pri 23. vprašanju (4,59 točke; ključ me spodbuja k iskanju drugih virov). Le nekoliko slabši rezultat je bil pri 25. vprašanju (4,17 točke; s fotografijami organizmov v ključu je določanje enostavno) ter pri 19. vprašanju (4,15 točke; na zanimiv način spoznavam veliko različnih lastnosti organizmov). Najvišji rezultati nakazujejo na to, da je določevalni ključ zanimiv študentom, da jih spodbuja k pozornemu opazovanju in je privlačen medij za spoznavanje organizmov. Najnižje število točk je bilo zaznано pri 27. vprašanju (zapleteno določanje organizmov s pomočjo ključev), in sicer 2,03 točke. Za odtenek boljši rezultat je bil pri 18. vprašanju (zahtevna uporaba ključa; 2,65 točke). Rezultati anket kažejo, da se je ključ izkazal za zanimiv in dober pripomoček pri učenju, saj študente spodbuja k dodatnemu iskanju informacij in k pozornemu opazovanju organizmov. Študenti so večkrat izrazili, da so ključ spodbudili njihovo radovednost in podrobno opazovanje, kar sovpađa tudi z našimi opažanji med testiranjem. Kot manj učinkovit se je ključ izkazal pri pomnjenju imen organizmov. Pri tem je za uporabljeni ključ oteževalna okoliščina še to, da so v uporabljeni verziji navedena le latinska imena lišajev.



Slika 20: Povprečno število doseženih točk v drugem delu ankete

Zelo visokih korelacij sicer v raziskavi nisem odkrila, se je pa pokazalo nekaj zanimivih soodvisnosti. V prvem delu (odnos do učenja) je bila najvišja korelacija (0,62) zaznana med rezultati predtesta in anketnim vprašanjem 10 (*Preglednica 4*), torej z izraženo visoko motivacijo do bioloških znanj. Takšni rezultati niso presenetljivi, saj je pri študentih z visokim zanimanjem za biologijo pričakovati boljše rezultate predtesta, podrobnejše sledenje razlagi. Praktično vse prikazano znanje so osvojili pri uvodu, tako da je to pričakovano močno odvisno od njihove motivacije za učenje o organizmih. Druge korelacije so bile nižje, opazno pa je bilo še sovpadanje med:

- Rezultati predtesta in vprašanjem 5 (učim se zaradi želje razumeti; korelacija 0,44) ter za isto vprašanje z rezultati potesta (korelacija 0,43). Tudi ta korelacija kaže na velik pomen notranje motivacije za proces učenja.
- Rezultati pred/potesta z rezultati vprašanj 4 (učim se, ker me snov zanima; korelacijski koeficient 0,34) in 7 (učim se, ker je dobro znanje biologije pomembno; korelacija 0,36). K boljšemu izidu testov pripomore večja notranja motivacija za učenje in hkrati povečuje razumevanje obravnavane snovi (v našem primeru lišajev).

**Preglednica 4:** Korelacije pred in potesta z vprašanji v prvem delu ankete

Korelacija	Zaporedno vprašanje v anketi										
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Predtest	-0,10	-0,01	0,19	0,34	0,44	0,10	0,35	0,05	-0,01	0,62	0,13
Potest	-0,15	0,02	0,26	0,34	0,43	0,17	0,36	-0,01	0,19	0,47	0,14

V drugem delu (uporabnost bioloških ključev) so korelacije v splošnem dokaj nizke (*Preglednica 5*). Najvišja korelacija (0,40) je bila med rezultati potesta in vprašanjem 23 (ključi me spodbujajo k iskanju dodatnih informacij). To kaže na dejstvo, da so študenti ključ sprejeli kot pripomoček, ki jim zelo približa spoznavanje organizmov in dodatno iskanje informacij. Druge korelacije so bile nižje, opazno pa je bilo še sovpadanje:

- Korelacija 0,31 med rezultati predtesta in vprašanjem 23 (rad/-a uporabljam ključe, saj tako lahko živali in rastline bolje spoznam).
- Korelacija 0,30 do 0,35 za rezultate pred/po-testa z rezultati vprašanj:
  - 12 (z uporabo ključev razvijam natančno opazovanje),
  - 13 (z uporabo ključev spoznavam značilnosti organizmov in razlike med njimi),
  - 14 (z uporabo ključev bolje razumem, kako raznoliki so organizmi),
  - 18 (zame je uporaba ključev zelo zahtevna),
  - 19 (z uporabo ključev lahko na zanimiv način spoznam veliko različnih lastnosti organizmov).

Z izjemo vprašanja 18, katerega rezultat je nekoliko težje razložljiv, vsa druga vprašanja nakazujejo na to, da k boljšemu izidu testov pripomorejo večja notranja motivacija, zanimanje za biologijo in dejstvo, da so ključ sprejeli kot kanal, preko katerega lahko na zanimiv način spoznajo veliko zanimivega o organizmih.

- Nizke korelacije so bile zaznane med rezultatom pred/potesta in rezultatom vprašanj:
  - 24 (z uporabo ključev si nisem nič bolj zapomnil/-a organizmov po imenih, ki sem jih določil/-a).
  - 21 (pri določanju organizma zelo enostavno sledim tekstu v ključu).

Do takšnih rezultatov je najverjetneje prišlo zaradi dejstva, da ključ ne spodbuja pomnjenja imen in zaradi zapletenih izrazov struktur lišajev, s katerimi so se študentje dejansko prvič srečali.

**Preglednica 5:** Najvišje in najnižje korelacije pred in potesta z vprašanji v drugem delu ankete

Korelacije	Zaporedno vprašanje v anketi										
	12.	13.	14.	18.	19.	20.	21.	23.	24.	27.	28.
Predtest	0,30	0,23	0,21	0,16	0,26	-0,02	-0,14	0,31	-0,05	-0,05	0,37
Potest	0,35	0,31	0,32	0,35	0,35	0,16	-0,10	0,40	-0,04	0,13	0,27



## 5 ZAKLJUČEK

S popisom lišajske flore na območju med Novo Gorico in Razdrtim sem določala morebitne spremembe med tokratnim popisom in popisom pred sedmimi leti. Popisovala sem po SI metodi, razlikovala sem torej med skorjastimi, listastimi in grmičastimi lišaji.

Razlike v pokrovnosti lišajske flore med letoma 2007 in 2014 so majhne. Na večini popisnih točk je pokrovnost enaka kot pred sedmimi leti. Izjemoma sem na točki 876 blizu vasi Predmeja opazila izboljšanje pri skorjastih lišajih, medtem ko se je pokrovnost pri listastih lišajih poslabšala. Na pokrovnost poleg onesnaženja vplivajo tudi lastnosti drevesne vrste. Hipoteze o vplivu hitre ceste na lišajsko floro torej ne morem potrditi. Prav tako raziskava ne potrjuje mojih predvidevanj, da so zmanjšani izpusti SO<sub>2</sub> pripomogli k izboljšanju stanja lišajskih združb.

Poleg pokrovnosti sem popisala tudi vrstno sestavo v območju popisne mreže, tako je bilo popisanih 18 različnih vrst. Najpogosteje (petkrat) se je pojavila *L. incana*, štirikrat sta se pojavili *C. subdeflexa* in *L. expallens*. *X. parietina* in *P. adscendens* pa sta se pojavili dvakrat. Vse omenjene vrste so prisotne tudi v onesnaženem okolju, *X. parietina* in *P. adscendens* pa najbolje uspevata v okolju, ki je onesnaženo z NO<sub>x</sub>. Dodana je bila še točka (št. 1) pri vasi Nanos, ki sem jo primerjala s točko 880, ki je bila v njeni bližini in bližini avtoceste. Popisane so bile iste lišajske vrste na obeh točkah, kar nakazuje na to, da so verjetni najpomembnejši vir onesnaženja daljinski viri, ki so značilni za zahodno Slovenijo.

S študenti 1. in 2. letnika Fakultete za znanosti o okolju v Novi Gorici, študenti 2. letnika Pedagoške fakultete v Kopru in študentkami 1. letnika 2. stopnje Pedagoške fakultete v Ljubljani sem opravila test s pomočjo določevalnega dihotomnega ključa za epifitske lišaje. Rezultati so pokazali, da se je število doseženih točk na potestu povečalo za 13,4 % v primerjavi s predtestom. Med posameznimi testnimi skupinami so opazne velike razlike v izboljšanju znanja med obema testoma.

Anketa o odnosu do učenja in uporabnosti bioloških ključev je podala več zanimivih ugotovitev in je pokazala na prevladujočo notranjo motivacijo ter strinjanje, da so ključi razumljivi, zanimivi in zelo uporaben način za spoznavanje organizmov in spodbujanje natančnega opazovanja.

V korelacijah z rezultati testov se je pokazala največja korelacija med rezultati predtesta in notranjo motivacijo za učenje biologije. Druge korelacije potrjujejo visok pomen notranje motivacije za kvalitetne rezultate učenja, poleg tega pa razkrivajo tudi dejstvo, da je za dober rezultat pomembno tudi, da so študenti ključne dejansko sprejeli kot uporabno, zanimivo in motivacijsko orodje za spoznavanje organizmov. V prvem delu (odnos do učenja) so bile najvišje korelacije pri notranji motivaciji, še posebej zanimanje za biološke izzive in nadaljnji intelektualni razvoj. Korelacije tudi nakazujejo, da ključ ne spodbuja pomnjenja imen.

Zaključim lahko, da je raziskava potrdila uporabnost in razumljivost določevalnega ključa, prav tako so se pri mojem eksperimentalnem delu izkazal kot zelo priročen za delo na terenu. Lahko tudi potrdim zadnjo hipotezo, da je ključ učinkovit pri usvajanju in utrjevanju znanj o lišajih, je pa njegova učinkovitost močno odvisna od notranje motivacije za spoznavanje organizmov.

## 6 VIRI

Adamič Š., 1989. Temelji biostatistike. 2. izd. Ljubljana, Medicinska fakulteta Univerze v Ljubljani, Inštitut za biomedicinsko informatiko: str. 195.

Agencija Republike Slovenije za okolje. 2001. 2. del Stanje biotske raznovrstnosti in krajinske pestrosti:  
[http://www.arso.gov.si/narava/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/biotska\\_raznovrstnost2.pdf](http://www.arso.gov.si/narava/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/biotska_raznovrstnost2.pdf), (26. avgust 2013).

Agencija Republike Slovenije za okolje. 2013. Kakovost zraka in zdravje ljudi – skupni interes nas vseh: [http://www.arso.gov.si/novice/datoteke/030969-SPORO%C4%8CILO%20ZA%20JAVNOST\\_NG\\_06112013\\_1.doc](http://www.arso.gov.si/novice/datoteke/030969-SPORO%C4%8CILO%20ZA%20JAVNOST_NG_06112013_1.doc), (27. marec 2014)

Batič F., Kralj A., 1995. Bioindikacija onesnaženosti ozračja v gozdovih z epifitskimi lišaji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 47, št. 5: str. 5–56.

Batič F. in Kastelec D., 2009. Spremljanje onesnaženosti zraka z uporabo epifitskih lišajev: [http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind\\_id=344](http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=344), (9. avgust 2013).

Batič F., Kastelec D., Skudnik M., Kovač M., 2011. Analiza stanja lišajev v popisu stanja gozdov v letu 2007. Gozdarski vestnik, 69, št. 5/6: str. 312–321.

Berryman S., Straker J., Straker D. 2009. Using lichens as bioindicators of air pollution deposition near remote mining operations. V: British Columbia Mine Reclamation Symposium, Cranbrook, British Columbia Technical and Research Committee on Reclamation.

Blett T., Geiser L., Porter E.; 2003. Air pollution-related lichen monitoring in national parks, forests and refuges: guidelines for studies intended for regulatory and management purposes. NPS D2292. U.S. Department of the Interior, Denver, CO and U. S. Department of Agriculture, Corvallis, OR: str. 26.

Bolte T., 2008. Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2007. Ljubljana, Agencija RS za okolje: <http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/LETNO2007.pdf>, (9. avgust 2013).

Conti M.E., Cecchetti G. 2001. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review. Environmental Pollution, 114, 3: 471–492.

Esslinger T.L., 2007. Consortium of North American lichen herbaria, Candelariella subdeflexa: <http://lichenportal.org/portal/taxa/index.php?taxon=53282>, (24. februar 2014).

FITO-INFO: Mavsar R. Spremljanje stanja gozdov. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: [http://nfp-si.eionet.europa.eu:8980/Public/irc/eionet-circle/javna/library?l=/sodelovanj\\_institucijami/biotehnina\\_fakulteta/lisaji-mopedoc/SL\\_1.0\\_&a=d](http://nfp-si.eionet.europa.eu:8980/Public/irc/eionet-circle/javna/library?l=/sodelovanj_institucijami/biotehnina_fakulteta/lisaji-mopedoc/SL_1.0_&a=d), (9. avgust 2013).

Geopedia: [http://www.geopedia.si/#T105\\_x419192\\_y80864\\_s11\\_b4](http://www.geopedia.si/#T105_x419192_y80864_s11_b4), (21. Januar 2014).

Jovan S., 2008. Lichen bioindication of biodiversity, air quality, and climate: baseline results from monitoring in Washington, Oregon and California. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Pacific Northwest Research Station: str. 115.

Kolenc M., 2012. Ugotavljanje vpliva prometa na kakovost zraka v Vipavski dolini z lišaji kot bioindikatorji. Diplomski seminar. Koper.

Kosmač S., Leban M., Ferjančič Z., 2007. Regijski načrt zaščite in reševanja ob množični nesreči na hitri cesti za severno primorsko regijo. Uprava RS za zaščito in reševanje, izpostava Nova Gorica. Str. 11.

Laganis J., 2014. Fotografija iz popisa lišajske flore med Novo Gorico in Razdrtim.

Magušar R., 2012. Bioindikacija stanja zraka in okolja v Slovenskih Goricah s pomočjo epifitskih lišajev po različnih metodah. diplomsko delo. Ljubljana.

Nimis P.L., Batič F., Laganis J., 2013a. Kako ugotoviti ime rastline ali živali? <http://www.siit.eu/index.php/dolocenevalni-kljuci>, (10. avgust 2013).

Nimis P.L., Batič F., Laganis J., 2013b. Ključ za določanje epifitskih lišajev v Sloveniji: [http://dbiodbs.units.it/carso/chiavi\\_pub21?sc=566](http://dbiodbs.units.it/carso/chiavi_pub21?sc=566), (9. avgust 2013).

Plevnik A. 2008. Okolje in promet: Slovenija. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje: <http://nfp-si.eionet.europa.eu/publikacije/Datoteke/PrometInOkolje/OkoljeInPromet-min.pdf>, (9. avgust 2013).

Poličnik H., 2008. Ugotavljanje onesnaženosti zraka s kartiranjem epifitskih lišajev in z analizo akumulacije težkih kovin: doktorska disertacija, Ljubljana.

Poličnik H., Papler U., Pokorny B., 2010. Uporaba epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov za ugotavljanje onesnaženosti zraka ob izbranih državnih cestah v Sloveniji. 10. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož: str. 1023–1035.

Rudolf B., 2014. Fotografije iz popisa lišajske flore med Novo Gorico in Razdrtim.

Seawright J., 2009a. Irish lichens, *Physcia adscendens*: <http://www.irishlichens.ie/pages-lichen/1-89.html>, (24. februar 2014).

Seawright J., 2009b. Irish lichens, *Xanthoria parietina*: <http://www.irishlichens.ie/pages-lichen/1-11.html>, (24. februar 2014).

Silverside A. J., 2008a. Images of British lichens, *Lecanora expallens*: [http://www.lichens.lastdragon.org/Lecanora\\_expallens.html](http://www.lichens.lastdragon.org/Lecanora_expallens.html), (24. februar 2014).

Silverside A. J., 2008b. Images of British lichens, *Lepraria incana*: [http://www.lichens.lastdragon.org/Lepraria\\_incana.html](http://www.lichens.lastdragon.org/Lepraria_incana.html), (24. februar 2014).

Silverside A. J., 2008c. Images of British lichens, *Physcia adscendens*: [http://www.lichens.lastdragon.org/Physcia\\_adscendens.html](http://www.lichens.lastdragon.org/Physcia_adscendens.html), (24. februar 2014).

Silverside A. J., 2008d. Images of British lichens, *Xanthoria parietina*: [http://www.lichens.lastdragon.org/Xanthoria\\_parietina.html](http://www.lichens.lastdragon.org/Xanthoria_parietina.html), (24. februar 2014).

Torkar G., Prosen K., Laganis J., 2013. Uporaba digitalnega dihotomnega ključa pri pouku biologije = The use of digital dichotomous key in biology class. V: Kreuh, N. (ur.), Trstenjak, B. (ur.), Blagus, K. (ur.), Kosta, M. (ur.), Lenarčič, A. (ur.). Zbornik vseh prispevkov. Ljubljana: Miška, str. 569–574.

Gaio-Oliveira G., Branquinho C., Maguas C., Martins-Loucao M.A., 2001. The concentration of nitrogen in nitrophilous and non.nitrophilous lichen species: <http://canopy.evergreen.edu/bcd/content/Citations/Citation.aspx?refid=5160>, (31. januar 2014).

Vicol I., 2011. Preliminary study using lichen species diversity as an indicator of local environmental quality within two nature reserves from Romania: <http://www.bioresearch.ro/bioresearch/2011-1/053-058-AUOFB.18.1.2011%20-%20VICOL%20I.%20-%20Inst.Biol.Acad.Rom.%20-%20Preliminary%20study%20using%20lichen.pdf>, (31. januar 2014).

Whelan P., 2008. Lichens as biomonitors: <http://www.lichens.ie/lichens-as-biomonitor/>, (31. januar 2014).

## 7 PRILOGE

### 7.1 Priloga A: Popis lišajskih vrst po posameznih točkah

Št. popisne točke: 2526

Datum popisa: 18. 10. 2013

Koordinate popisne točke: Lat: 45°55'10.9`` Lon: 13°41'32.83``

Popisovalec: Jana Laganis in Barbara Rudolf

zaporedno lišajske drevo vrste	1. rdeči hrast	2. rdeči hrast	3. rdeči hrast	4. rdeči hrast	5. rdeči hrast	6. rdeči hrast
<i>Cladonia sp.</i>		x				
<i>Graphis scripta</i>	x	x			x	x
<i>Phlyctis argena</i>		x	x	x	x	x

Št. popisne točke: 2527

Datum popisa: 27.11.2013

Koordinate popisne točke: Lat: 45°55'18.94`` Lon: 13°53'55.26``

Popisovalec: Barbara Rudolf

zaporedno lišajske drevo vrste	1. robinja	2. robinja	3. robinja	4. črni bor	5. črni bor	6. črni bor
<i>Parmelinopsis horrescens</i>	x	x	x			
<i>Lepraria incana</i>				x	x	x
<i>Normandina sp.</i>		x				

Št. popisne točke: 870

Datum popisa: 27. 11. 2013

Koordinate popisne točke: Lat: 45°55'14.56`` Lon: 13°50'53.04``

Popisovalec: Barbara Rudolf

zaporedno lišajske drevo vrste	1. črni bor	2. javor	3. javor	4. javor	5. javor	6. javor
<i>Xanthoria parietina</i>		x	x	x	x	x
<i>Physcia adscendens</i>		x	x	x	x	x
<i>Lepraria incana</i>	x					
<i>Menegazzia terebrata</i>	x					

\*niso popisane iste drevesne vrste kot leta 2007

Št. popisne točke: 876

Datum popisa: 27. 11. 2013

Koordinate popisne točke: Lat: 45°55'19.62`` Lon: 13°57'1.55``

Popisovalec: Barbara Rudolf

zaporedno lišajske drevo vrste	1. bukev	2. bukev	3. bukev	4. bukev	5. bukev	6. bukev
<i>Lecanora expallens</i>	x	x	x	x	x	x

Št. popisne točke: 7015

Datum popisa: 27. 11. 2013

Koordinate popisne točke: Lat: 45°53'11.26`` Lon: 13°57'2.99``

Popisovalec: Barbara Rudolf

zaporedno lišajске vrste	drevo	1. puhasti hrast	2. puhasti hrast
<i>Physcia adscendens</i>		x	x
<i>Listata vrsta**</i>		x	x

\*\* ni se ga dalo določiti

Št. popisne točke: 7013

Datum popisa: 27. 11. 2013

Koordinate popisne točke: Lat: 45°50'59.62`` Lon: 13°54'0.56``

Popisovalec: Barbara Rudolf

zaporedno lišajске vrste	drevo	1. domači kostanj	2. domači kostanj	3. domači kostanj	4. robinja	5. dob	6. dob
<i>Candelaria subdeflexa</i>		x	x	x			
<i>Lepraria incana</i>					x	x	x
<i>Menegazzia terebrata</i>		x				x	x

Št. popisne točke: 3623

Datum popisa: 27. 11. 2013

Koordinate popisne točke: Lat: 45°50'55.92`` Lon: 13°47'49.67``

Popisovalec: Barbara Rudolf

zaporedno lišajске vrste	drevo	1. črni bor	2. mali jesen	3. mali jesen	4. mali jesen
<i>Lecanora expallens</i>			x	x	x
<i>Lepraria elobata</i>		x			

Št. popisne točke: 879

Datum popisa: 15. 12. 2013

Koordinate popisne točke: Lat: 45°51'3.67`` Lon: 14°0'11.23``

Popisovalec: Barbara Rudolf

zaporedno lišajске vrste	drevo	1. rdeči bor	2. rdeči bor	3. rdeči bor	4. rdeči bor	5. rdeči bor	6. rdeči bor
<i>Candelaria subdeflexa</i>		x	x	x	x	x	x

Št. popisne točke: 880

Datum popisa: 15. 12. 2013

Koordinate popisne točke: Lat: 45°48'53.3`` Lon: 14°0'13.04``

Popisovalec: Barbara Rudolf

zaporedno lišajске vrste	drevo	1. bukev	2. bukev	3. bukev	4. bukev	5. bukev	6. bukev
<i>Lecanora expallens</i>		x	x	x	x	x	x
<i>Graphis scripta</i>		x	x		x	x	
<i>Candelaria subdeflexa</i>		x	x	x	x	x	x

Št. popisne točke: dodatno popisana točka 1

Datum popisa: 15. 12. 2013

Koordinate popisne točke: Lat: 45°50'28.0'' Lon: 13°59'15.7''

Popisovalec: Barbara Rudolf

lišajске vrste \ zaporedno drevo	1. bukev	2. bukev	3. bukev	4. bukev	5. bukev	6. bukev
<i>Lecanora expallens</i>	x					x
<i>Graphis scripta</i>	x	x	x			
<i>Candelaria subdeflexa</i>	x	x	x	x	x	x

Št. popisne točke: 2528

Datum popisa: 9. 1. 2014

Koordinate popisne točke: Lat: 45°53'4.79'' Lon: 13°47'53.25''

Popisovalec: Barbara Rudolf

lišajске vrste \ zaporedno drevo	1. robinja	2. robinja	3. dob	4. dob	5. beli gaber	6. beli gaber
<i>Parmelinopsis horrescens</i>	x	x				
<i>Candelaria concolor</i>	x	x	x	x		
<i>Menegazzia terebrata</i>			x	x		
<i>Flavopunctelia flaventior</i>			x	x		
<i>Lepraria incana</i>					x	x
<i>Megalaria grossa</i>					x	x

Št. popisne točke: 869

Datum popisa: 9. 1. 2014

Koordinate popisne točke: Lat: 45°55'15.8'' Lon: 13°45'42.92''

Popisovalec: Barbara Rudolf

lišajске vrste \ zaporedno drevo	1. graden	2. graden	3. graden	4. graden	5. črni bor	6. črni bor
<i>Cladonia coniocraea</i>					x	
<i>Lepraria elobata</i>					x	x
<i>Lecanora symmicta</i>						x
<i>Flvoparmelia caperata</i>	x	x	x	x		
<i>Parmelinopsis horrescens</i>	x	x	x	x		
<i>Lepraria incana</i>	x	x	x	x		

## 7.2 Priloga B: Pred in potest razumevanja in uporabe dihonomnega ključa

Ime: \_\_\_\_\_ Starost: \_\_\_\_\_ Spol: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

### Odgovorite na vprašanja:

1. Kakšne rastne oblike lišajev poznate?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Naštejte nekaj značilnosti, po katerih razlikujemo lišaje:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Za nek lišaj je značilno, da ima K<sup>+</sup> skorjo. Kaj to pomeni? Kako to ugotovimo?

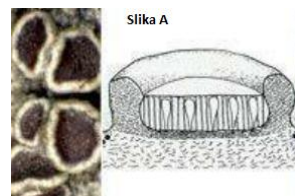
\_\_\_\_\_

Poimenujte lišajske strukture na slikah:

4. Poimenujte strukturo, ki jo prikazuje Slika A:

\_\_\_\_\_

5. Poimenujte strukturo, ki jo prikazuje Slika B (povečano, gornja površina!): \_\_\_\_\_



**Obkrožite pravilne odgovore (možnih je več pravih odgovorov):**

Slika B

6. Apoteciji so strukture:

- a) drobni prepleti za vegetativno razmnoževanje lišaja
- b) diskaste strukture za spolno razmnoževanje glive
- c) koreninam podobne strukture za pritrjanje lišaja
- d) drobni, lasasti izrastki na gornji površini steljke.

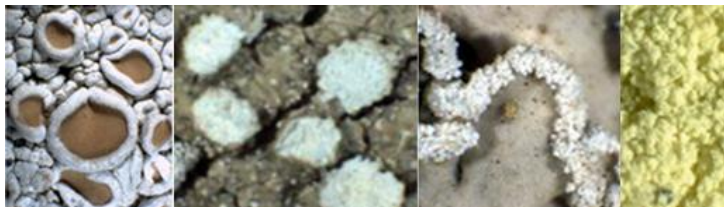


7. Pseudocifele so:

- a) drobne vdolbinice za spolno razmnoževanje
- b) laske na robu steljke
- c) razpoke skorje, skozi katero vidimo sredico
- d) koreninam podobne strukture za pritrjanje lišaja

8. Lišaji se vegetativno (nespolno) razmnožujejo z:

- a) apoteciji
- b) soraliji in sorediji
- c) izidiji
- d) periteciji



9. Obkrožite sliko, ki prikazuje točkaste soralije:

10. Skicirajte rizine tako, da bo vidna njihova lega na steljki lišaja.



### 7.3 Priloga C: Anketa o zanimanju za biologijo in uporabnosti ključev

Ime in priimek: \_\_\_\_\_ Starost: \_\_\_\_\_ let Spol: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Trditev	1 nikakor se ne strinjam 2 ne strinjam se 3 neodločen 4 strinjam se 5 popolnoma se strinjam				
<b>Kako bi najbolje razložil/-a svoje učenje biologije v osnovni in srednji šoli?</b>					
1. Učil sem se zato, da so mi drugi (učitelji, starši) dali mir in da zadovoljim pričakovanja svoje okolice.	1	2	3	4	5
2. Učil sem se, da me ne bi bilo sram zaradi neznanja oz. da ne bi imeli sošolci boljših ocen od mene.	1	2	3	4	5
3. Učim se, ker mi je pomembno, da to znam.	1	2	3	4	5
4. Učim se, ker me snov zanima in ker sem se to rad/-a učim.	1	2	3	4	5
5. Učim se, ker bi želel/-a poglobiti svoje razumevanje učne snovi.	1	2	3	4	5
6. Učim se, ker bi želel/-a biti ponosen/-na na svoje delo in dosežke.	1	2	3	4	5
7. Učim se, ker je dobro znanje biologije pomembno za moj nadaljnji intelektualni razvoj.	1	2	3	4	5
8. Učim se, ker bi me drugače skrbelo, da ne delam dobro.	1	2	3	4	5
9. Učim se, ker mi je pomembno, da dobim dobre ocene.	1	2	3	4	5
10. Učim se, da lahko rešujem biološke probleme, ki mi predstavljajo izziv.	1	2	3	4	5
11. Učim se, ker hočem, da drugi vidijo, kako sem pameten/-a.	1	2	3	4	5
<b>Kako bi najbolje opisal uporabo bioloških ključev?</b>					
12. Z uporabo ključev razvijam natančno opazovanje organizmov.	1	2	3	4	5
13. Z uporabo ključev spoznavam značilnosti organizmov in razlike med njimi.	1	2	3	4	5
14. Z uporabo ključev bolje razumem, kako raznoliki so organizmi.	1	2	3	4	5
15. Z uporabo ključev si lažje zapomnim imena živali in rastlin.	1	2	3	4	5
16. Uporaba ključev me spodbuja k večji vedoželjnosti.	1	2	3	4	5
17. Z uporabo ključev ne spoznavamo le imen organizmov, temveč tudi značilnosti skupin (npr. rodu, družine, vrste).	1	2	3	4	5
18. Zame je uporaba ključev zelo zahtevna.	1	2	3	4	5
19. Z uporabo ključev lahko na zanimiv način spoznam veliko različnih lastnosti organizmov.	1	2	3	4	5
20. Uporaba ključev mi je velik izziv pri učenju.	1	2	3	4	5
21. Pri določanju organizma zelo enostavno sledim tekstu v ključu.	1	2	3	4	5
22. Z uporabo ključev razvijam svoje sposobnosti opazovanja organizmov, saj sem pozoren/-a na lastnosti, ki jih prej nisem opazil/-a.	1	2	3	4	5
23. Ključi me spodbujajo k iskanju dodatnih informacij v drugih virih (knjige, medmrežje, televizija).	1	2	3	4	5
24. Z uporabo ključev si nisem nič bolj zapomnil/-a organizmov po imenih, ki sem jih določil/-a.	1	2	3	4	5
25. S fotografijami organizmov v ključu je določanje enostavno.	1	2	3	4	5
26. Z uporabo ključev sem se zavedel/-a pestrosti organizmov, ki živijo v naravi.	1	2	3	4	5
27. Določanje organizmov s pomočjo ključev je zame preveč zapleteno.	1	2	3	4	5
28. Rad/-a uporabljam ključe, saj tako lahko živali in rastline bolje spoznam.	1	2	3	4	5
29. Ključ bi z veseljem uporabljal/-a tudi v svojem prostem času.	1	2	3	4	5

Najlepša hvala za sodelovanje!