

## Analiza stanja lišajev v popisu stanja gozdov v letu 2007

### *Analysis of Epiphytic Lichen Vegetation in Forest Inventory Carried out in 2007*

Franc BATIČ<sup>1</sup>, Damijana KASTELEC<sup>2</sup>, Mitja SKUDNIK<sup>3</sup>, Marko KOVAČ<sup>4</sup>

#### **Izvleček:**

Batič, F., Kastelec, D., Skudnik, M., Kovač, M.: Analiza stanja lišajev v popisu stanja gozdov v letu 2007. Gozdarski vestnik, 69/2011, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom v angleščini, cit. lit. 35. Lektoriranje angleškega besedila Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Orbrast epifitskih skorjastih, listastih in grmičastih lišajev je bila popisana v okviru standardizirane mreže na izbranim številu primerljivih drevesnih vrst na ploskvah popisa stanja gozdov leta 2007. Prikazana je pokrovnost skorjastih, listastih in grmičastih lišajev kot mediana pokrovnosti za vse skupine drevesnih vrst in pokrovnost skorjastih lišajev za bukev in listastih za smreko po razredih pokrovnosti. Na splošno je obrast slaba; največja je pri skorjastih lišajih in najslabša pri grmičastih. Ploskve z večjo lišajsko obrastjo so predvsem na območjih, oddaljenih od virov onesnaženja zraka. Ploskve s slabo obrastjo so na območjih, kjer je večji vpliv lokalnega onesnaženja ali daljinskega vnosa zračnih onesnažil. Lišajska obrast vseh treh rastišnih tipov se večja s starostjo sestoja, preostali sestojni parametri pa tudi rastiščni značilno ne vplivajo na obrast. Dokaj slaba obrast gozdnega drevja z epifitskimi lišaji je še vedno posledica zračnega onesnaženja, kljub sanaciji večjih emitentov žveplovih spojin. Vzrok je verjetno še vedno veliko onesnaženje za dušikovimi spojinami iz prometa, termoelektričnih in industrijskih virov, kmetijstva in drugih virov. V določenem obsegu je slabše stanje epifitske lišajske obrasti tudi posledica uporabljene metode, v kateri je popis lišajev narejen le na spodnjem delu debla dreves, kjersvetlobne razmere pogosto niso ugodne za rast lišajev.

**Glavne besede:** popis stanja gozdov, epifitski lišaji, bioindikatorji, onesnaževanje zraka, Slovenija

#### **Abstract:**

Batič, F., Kastelec, D., Skudnik, M., Kovač, M.: Analysis of Epiphytic Lichen Vegetation in Forest Inventory Carried out in 2007. Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 69/2011, vol. 5-6. In Slovenian, abstract in English, lit. quot. 35. Proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

Epiphytic lichen cover of crustose, foliose and fructicose lichens has been assessed within the standardized grid laid on trunks of the chosen, comparable tree species on the plots of forest inventory in 2007. Median cover of crustose, foliose and fructicose epiphytic lichens are presented in grouped analyses for all trees. The cover of crustose lichens is presented additionally for common beech and the cover of foliose lichens for Norway spruce. Generally, the epiphytic lichen cover is poor, the richest is the cover of crustose and the poorest is the cover of fructicose lichens. Plots with major lichen cover are situated in remote areas with cleaner air while plots with minor epiphytic lichen cover are situated in areas affected by local sources of air pollution, some also in areas where transboundary input of air pollutants takes place. Epiphytic lichen cover increases slightly with the age of the forests stands, other stand and site parameters have no major influence. In spite of the reduction of air pollution by sulphur compounds in the last two decades in Slovenia the epiphytic lichens cover in forests remains poor. The most probable reason is the persisting air pollution by nitrogen compounds from traffic, thermal power plants, industry, agriculture and other sources. The worsened state of the epiphytic lichen cover is, to a certain extent, also the consequence of the monitoring method in which the epiphytic lichens are assessed only in the lower part of tree trunks where light conditions are not always suitable for their growth.

**Key words:** forest inventories, epiphytic lichens, bioindicators, air pollution, Slovenia

## 1 UVOD

## 1 INTRODUCTION

### 1.1 Epifitski lišaji kot bioindikatorji stanja okolja

#### 1.1 Epiphytic lichens as environmental indicators

Bioindikatorji so organizmi, ki s svojo zgradbo, delovanjem in razširjenostjo odražajo stanje okolja (Arndt in sod., 1987). V tem pomenu epifitski lišaji kot bioindikatorji odražajo onesnaženje zraka, spre-

<sup>1</sup>prof. dr. F. B., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, franc.batic@bf.uni-lj.si

<sup>2</sup>doc. dr. D. K., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana., Slovenija, damijana.kastelec@bf.uni-lj.si

<sup>3</sup>M.S., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, mitja.skudnik@gozdis.si

<sup>4</sup>dr. M. K., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, marko.kovac@gozdis.si

membe podnebja, spremembe v rabi tal, premene vrst v zgradbi gozdov ali načina gospodarjenja z gozdovi, vplive prometa na drevesih v parkih in drugih javnih površinah in uporabo zaščitnih sredstev za varstvo rastlin v visokodebelnih sadovnjakih. Pri tem so lišaji lahko akumulacijski in odzivni indikatorji, bioindikacija stanja okolja z njimi je lahko pasivna ali aktivna (Arndt in sod., 1987).

Odzivni bioindikatorji (kazalniki) se odzivajo na delovanje onesnažil v okolju, kar se odraža v njihovi zgradbi, delovanju in razširjenosti. Večina vrst v zelo onesnaženem zraku propade, ob manjšem vnosu onesnažil se spremeni vrstna sestava, na steljkah se pojavljajo značilne poškodbe, zmanjšana sta rast in razmnoževanje (Ferry in sod., 1973; Hawksworth in Rose, 1976; Nimis in sod., 2002). 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 (mikobiont) in alg oz. cianobakterij (fotobiont), kjer v steljki lišaja heterotrofna gliva tvori večji del biomase in zaradi večje občutljivosti gliv za onesnažila se v stresnih razmerah onesnaženja poruši občutljiva simbioza. Lišaji so dolgožive trajnice, ki rastejo zelo počasi, kar omogoča akumulacijo vpliva zračnih onesnažil. Kisla narava številnih zračnih onesnažil (žveplov dioksid, dušikovi oksidi, fluoridi itn.) je odločilna za povzročanje motenj v presnovi, privzemu snovi in vzdrževanju zgradbe. SO<sub>2</sub>, sulfid in sulfat so največkrat dokazana škodljiva onesnažila (Hawksworth in Rose, 1976; Nash, 1996 itn.). 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 – večja izpostavljenost 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 indikatorji tudi za

nove vrste onesnažil (depozicija kovin, onesnaženje z dušikovimi spojinami, organskimi onesnažili zraka (hlapni ogljikovodiki, obstojna organska onesnažila zraka itn.) (Ferry in sod., 1973; Jeran in sod., 2002; Nimis in sod., 2002; Poličnik in sod., 2004; Jeran in sod., 2007; Mrak in sod., 2010).

Pomen bioindikacije pri spremljanju stanja okolja je v tem, da dopolnjuje 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 (Arndt in sod., 1987; Markert in sod., 2003). Uporaba rastlin kot bioindikatorjev stanja okolja je bila najprej v največji meri upoštevana v fitocenologiji (Ellenberg in sod., 1991), kjer so uporabili rastlinske vrste in njihove združbe kot kazalnike rastiščnih razmer. Za sledenje vplivov onesnaževanja okolja so bioindikatorje najprej uporabili pri spremljanju stanja voda, kmalu za tem tudi za spremljanje onesnaženja zraka. Prednosti metod sledenja stanja okolja z bioindikatorji 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 bioindikatorjev 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 bioindikatorjev zelo dobro dopolnjujejo opis stanja okolja in s tem ogroženosti organizmov, vključno s človekom, ki ga dajejo fizikalno-kemijske meritve onesnažil.

## 1.2 Spremljanje stanja okolja z epifitskimi lišaji v Sloveniji

### 1.2 Environmental monitoring of epiphytic lichens in Slovenia

V Sloveniji so bili lišaji najprej uporabljeni kot indikatorji stanja zraka v okviru obsežne raziskovalne dejavnosti, ki jo je za okoljsko in ekološko ozaveščanje mladine organiziralo Prirodoslovno društvo Slovenije v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja (Bračko, 1978; Skoberne, 1978; Batič, 1984; Gosar, 1984). Sodelovalo je veliko šol (osnovnih in srednjih), rezultat omenjene zelo uspele akcije je bila

prva lišajska karta Slovenije (Batič, 1984). V tej akciji je bila uporabljena ena izmed najpreprostejših metod spremljanja stanja okolja z lišaji kot bioindikatorji, ki temelji na popisovanju prisotnosti/odsotnosti treh temeljnih rastnih tipov steljk lišajev (skorjastih, listastih in grmičastih) (Bračko, 1978; Batič, 1984). To je bilo potrebno zaradi enostavnosti prepoznavanja teh rastnih tipov in težav pri prepoznavanju posameznih lišajev. Za natančnejše raziskave, pa tudi za tiste, ki so se bili pripravljene naučiti spoznavati najpogostejše vrste listastih in grmičastih lišajev, je bil v publikaciji, v kateri so bili predstavljeni rezultati akcije, dodan preprost ključ za prepoznavanje rastnih tipov lišajev in nekaterih pogostejših listastih in grmičastih vrst (Batič, 1984).

Metoda spremljanja stanja okolja in posredno kakovosti zraka z ravnimi tipi steljk epifitskih lišajev (skorjastimi, listastimi in grmičastimi) temelji na splošnem spoznanju lišajeslovcev, da so grmičasti lišaji bolj izpostavljeni zraku, listasti manj in skorjasti najmanj in s tem tudi onesnažilom in v onesnaženem zraku propadajo v omenjenem vrstnem redu (Ferry in sod., 1973; Hawksworth in Rose, 1976; Bračko, 1978; Batič, 1984; Batič, 2002). Pozneje je bila metoda uporabljena in izpopolnjena pri popisih stanja gozdov in je v spremenjeni obliki v rabi še dandanes (Batič in Kralj, 1989; Batič, 1991; Batič in Kralj, 1995; Batič in Mayrhofer, 1996). Pri spremljanju stanja gozdov v Sloveniji (v začetku pri popisih propadanja gozdov) je bil prvotni namen uporabiti lišajsko obrast kot diferencialno diagnostično sredstvo za ugotavljanje onesnaženosti zraka v gozdovih, ker kemijske meritve onesnažil v gozdovih potekajo le na redkih, izbranih mestih (okolice termoelektrarn, sodobnejše ekosistemsko zasnovane raziskave gozdnih ekosistemov, predvsem na ploskvah programa ICP-Forest, na katerih poteka intenzivno spremljanje gozdnih ekosistemov). V letih 1987, 1991, 1995 in 2000 je bila v Sloveniji uporabljena najpreprostejša metoda popisa epifitskih lišajev, to je popis številčnosti in pokrovnosti rastnih tipov steljke lišajev (Batič in Kralj, 1989; Batič, 1991). Na mestih popisa stanja gozdov je bila po posebni metodi popisana obrast debel s skorjastimi, listastimi in grmičastimi lišaji, katerih pokrovnost in številčnost sta bili ocenjeni na treh višinskih stratumih dreves (0–0,5 m, 0,5–2,5 m, nad 2,5 m v krošnjo) po enostavnih skalah: pokrovnost: 1–1 do 10 %, 2–11 do 50 %, 3–51 do 100 %; frekvenca steljk: do 5 steljk, 5 do 10 steljk, več kot 10 steljk). Popis je bil narejen na isti ploskvi kot popis stanja gozdov, in sicer na tisti skupini 6 dreves od 24, ki so najbolj izpolnjevale zahteve za popis

lišajev, in sicer: naravno prisotne klimato-zonalne drevesne vrste; dovolj stara drevesa v primerni legi (pokončna, nepoškodovana, neobrasla z grmovjem). Namen popisa je bil okvirno, velikopovršinsko spremljanje stanja okolja/kakovosti zraka glede na bujnost lišajske obrasti. Iz podatkov popisa je bil izračunan tako imenovani »indeks zračne čistoče«, ki je dokaj dobro odražal stanje kakovosti zraka na opazovanih območjih. Pozneje je bil popis v izbranih gozdnih ekosistemih dopolnjen s kartiranjem lišajevih vrst (Pohorje, Julijske Alpe, Snežnik, Zasavje) (Grube in sod., 1995; Grube in sod., 1998; Prügger in sod., 2000; Vidregar-Gorjup in sod., 2002; Batič in sod., 2003; Mrak in sod., 2004; Prügger, 2005).

Glede na analize omenjenih popisov je bilo ugotovljeno naslednje:

- popis v tretjem višinskem stratumu (višina debla več kot 2,5 m) je bilo težko korektno izvesti;
- ocena pokrovnosti in frekvence steljk je bila narejena na različno velikih površinah debel, zaradi česar so podatki neprimerljivi;
- izbor opazovanih primerljivih dreves na ploskvi je bil omejen in pogosto ni ustrezal zahtevam za kartiranje lišajev;
- izračun indeksa atmosferske čistoče posledično ni bil primerno narejen.

V nadaljevanju predstavljamo dopolnjeno metodo popisa epifitskih lišajev v popisu stanja gozdov leta 2007, v kateri smo uporabili velikost popisne mreže in njeno namestitve po VDI-metodi (VDI, 1995).

## 2 METODE DELA 2 METHODS

### 2.1 Vzorčni poskus 2.1 Sampling frame

Ker so znaki, zabeleženi v popisu lišajev, del znakov Monitoringa gozdov in gozdnih ekosistemov (MGGE) (Kovač, 2011), je njihovo popisovanje potekalo v okviru vzorčnih mrež 4 x 4 km oziroma 16 x 16 km. Izbiro, katero vzorčno ploskev je treba vključiti v vzorec ali ne, določa predpis, da mora biti v vzorec vključena vsaka stalna vzorčna ploskev, ki leži na presečišču koordinat mreže in ustreza definiciji gozda. Sam popis opravljajo ustrezno izobraženi popisovalci-gozdarji Zavoda za gozdove Republike Slovenije in sodelavci Gozdarskega inštituta Slovenije, ki popis koordinirajo in skrbijo za metodološko neoporečnost. Na vsaki ploskvi popišejo lišaje na šestih izbranih drevesih (izbor dreves glej spodaj), ki najbolj ustrezajo za opazovanje lišajev.

## 2.2 Izbor dreves na popisni ploskvi

### 2.2 Selection of trees species on the inventory plot

pri popisu stanja gozdov so za popis lišajev na ploskvi MGGE izbrali šest primernih dreves iz iste skupine dreves, ki so ustrezala naslednjim merilom: naravno prisotne klimato-zonalne, sestojetvorne drevesne vrste; dovolj stara drevesa v primerni legi, neobrasla z grmovjem, ki so bila ravna in z nepoškodovano skorjo, poraslost debla z mahovi, kjer so namestili popisno mrežo, je morala biti manjša od 20 %. Če na opazovalni ploskvi ni bilo šest dreves iste drevesne vrste, so drevesne vrste združili v skupine drevesnih vrst glede na njihov vpliv na uspevanje lišajev (gradbene, fizikalno-kemijske lastnosti skorje, tip krošnje in olistanje). Pri izbiri skupine vrst (Preglednica 1) so prednost namenili sestojetvnim vrstam realne vegetacije.

Če je bil sestoj sestavljen iz več skupin drevesnih vrst, je opazovanje potekalo na šestih drevesih, in sicer na po treh drevesih obeh prevladujočih drevesnih vrst. Merila za izbor dreves so bila enaka, kot je bilo opisano prej. Takšen pristop je bil uporabljen v primeru, da je popis lišajev potekal na ploskvah v bukovo-jelovih gozdovih, kjer so izbrali po tri bukve in tri jelke; v smrekovo-bukovih gozdovih, kjer so izbrali po tri smreke in tri bukve in v hrastovo-gabrovih oz. bukovo-gabrovih sestojih, kjer so izbrali prav tako po tri drevesa obeh prevladujočih sestojetvnih vrst. V mešanih gozdovih listavcev in črnega ali rdečega bora so dali prednost izboru listavcev, v varovalnih, termofilnih gozdovih, kjer prevladujeta mali jesen in črni gaber, pa prednost popisu na črnem gabru. Za popis lišajev so morala biti na ploskvi vsaj tri ustrezna drevesa ob upoštevanju vseh navedenih pogojev, sicer je lokacija dobila status neustreznih razmer za opazovanje lišajev.

## 2.3 Metoda popisa lišajske obrasti

### 2.3 Method of assessment of epiphytic lichens cover

Leta 2007 je popis lišajev potekal na višini 1 m od tal v okviru standardizirane površine, določene s popisno mrežo (1000 cm<sup>2</sup>, 20 x 50 cm) (Slika 1). Le-ta je bila s spodnjim robom poravnana na deblo na višini 1 m od talna stran debla, ki je bila najbolj porasla z lišaji (S, SV, V, JV, J, JZ, Z, SZ). Če je bil obseg debla manjši, so izbirali samo med štirimi glavnimi stranmi neba (S, J, V, Z). Kadar je bilo drevo enako obraslo z vseh strani, so izbrali smer jugozahod (JZ). Pri

**Preglednica 1:** Skupine drevesnih vrst za obdelavo lišajskih podatkov z navedbo vrst in njihovih šifer v popisu stanja gozdov leta 2007

*Table 1:* Groups of tree species for further analysis of lichen data in forest inventory 2007.

Skupina	Ime drevesne skupine in vključene drevesne vrste
I	Bukev (navadna bukev, navadni beli gaber)
II	Smreka (navadna smreka, navadni macesen in drugi macesni, duglazija)
III	Jelka (bela jelka)
IV	Hrasti (dob, graden, cer, puhasti hrast, pravi kostanj, črni gaber, rdeči hrast, drugi 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 brest
IX	Češnja, brek, mokovec, jerebika, negnoj, jablana, hruška in sliva
X	Črna jelša, siva jelša, navadna breza, druge breze

drevesih, obraslimi z mahovi, je bila popisna mreža nameščena tako, da je bila poraslost z mahovi čim manjša. V vsakem primeru je morala biti poraslost z mahovi manjša od 20 %.

Ocenjevali smopokrovnost treh glavnih rastnih tipov lišajev – skorjaste, listaste in grmičaste (Slika 2). Pri oceni skorjastih lišajev smo izločili epifitske alge (živozelene prevleke) in skorjasto vrsto lišaja *Scoliciosporum chlorococcum*, ki v okoljih z onesnaženim zrakom preraščajo debla dreves kot zelenkasto-sivkasta prevleka in jo poznavalci lišajev zelo težko ločijo.

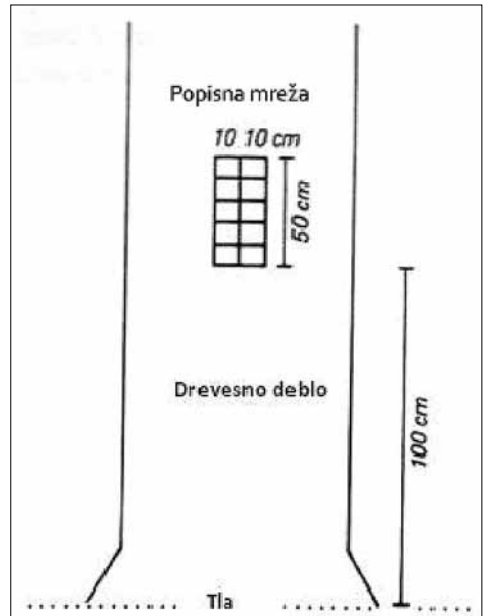
Na isti površini debla, kjer smo ocenjevali pokrovnost lišajev, je bila ocenjena tudi obraslost z mahovi po skali: 1 – < 1%, 2 – 1-10 %; 3 – 10–20 %.

## 2.4 Analiza pokrovnosti lišajev

### 2.4 Analysis of lichen cover

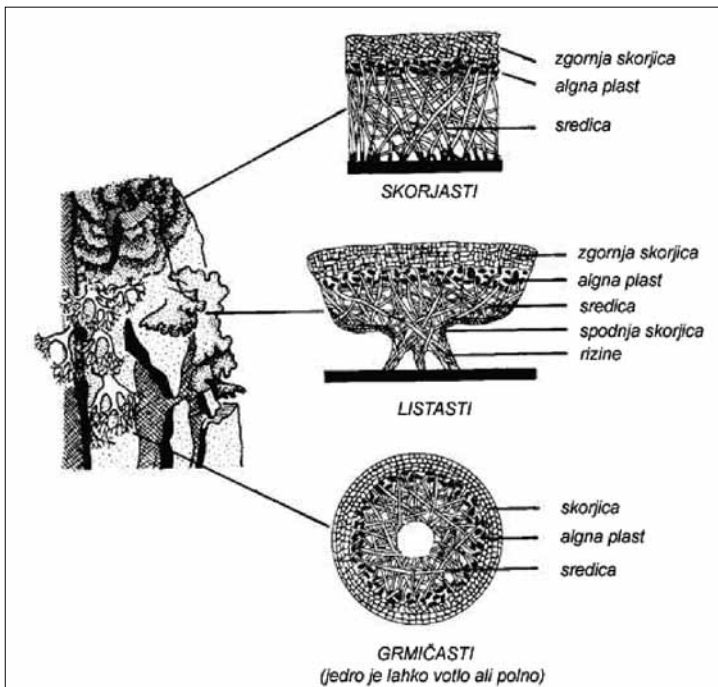
Pokrovnost z lišaji na posameznem opazovanem drevesu predstavlja odstotek površine popisne mreže (1000 cm<sup>2</sup>), ki je prekrita z lišaji. Pokrovnost je bila





Slika 1: Postavitev popisne mreže za ocenjevanje pokrovnosti lišajev po novi metodi (Vir: Batič in Kastelec, 2007).

Fig. 1: Placement of the lichen cover assessment grid (Source: Batič and Kastelec, 2007).



Slika 2: Trije glavni rastni tipi steljk lišajev: skorjasti, listasti in grmičasti (Vir: Ahmadjian in Paracer, 1986).

Fig. 2: Three main growth forms of lichens: crustose, foliose and fruticose (Source: Ahmadjian and Paracer, 1986).

ocenjena za vsakega od treh tipov lišajev posebej. Ob hkratni prisotnosti skorjastih in listastih lišajev smo pokrovnost ocenili tako, da je bil seštevek lahko največ 100 %, medtem ko skupna pokrovnost skorjastih in grmičastih oziroma listastih in grmičastih lahko znaša več kot 100 % zaradi plastovitosti.

Kot reprezentativno vrednost za celotno ploskev smo izračunali mediano vrednosti, izmerjenih na drevesih iste drevesne skupine na ploskvi. Za mediano smo se odločili, ker je v primeru, ko so na ploskvah posamezna izstopajoča drevesa, glede pokrovnosti z lišaji primernejša mera sredine kot povprečje. Na posamezni ploskvi je bila pokrovnost z lišaji ocenjena na najmanj treh in največ šestih drevesih z iste drevesne skupine, kar pomeni, da smo za nekatere opazovalne ploskve izračunali dve mediani: vsako na podlagi treh dreves iz iste drevesne skupine. Kot oceno variabilnosti podatkov za posamezno drevesno skupino na opazovalni ploskvi smo izbrali variacijski razmik: (maksimum – minimum) pokrovnosti z lišaji.

V okviru prostorske analize mediane pokrovnosti posameznih tipov lišajev po drevesnih skupinah smo uporabili točkovni grafični prikaz georeferenciranih podatkov.

### 3 REZULTATI

#### 3 RESULTS

V prispevku so prikazani rezultati analize podatkov popisa lišajev v letu 2007 po lišajskih tipih ter pokrovnost skorjastih lišajev za bukev in listastih za smreko v po razredih pokrovnosti. Pri analizi podatkov se je pokazalo, da na nekaterih opazovalnih ploskvah iz popisa stanja gozdov leta 2007 struktura gozda ne izpolnjuje pogojev za popis lišajev (Preglednica 2).

Na 114 ploskvah je bila pokrovnost z lišaji ocenjena za dve drevesni skupini, od tega so bili na 32 ploskvah lišaji ocenjeni na kombinaciji drevesnih skupin I in II. Pogosta je bila tudi kombinacija drevesnih skupin (26 ploskev) I in IV ter drevesnih skupin (enajst ploskev) I in III.

#### 3.1 Skupna pokrovnost lišajev

##### 3.1 Total lichen cover

Na podlagi median pokrovnosti z lišaji za vse tri tipe lišajev in za posamezne drevesne skupine smo opazovane ploskve razdelili v sedem razredov lišajske obrasti (Preglednica 3), ki okvirno ustrezajo razredom stanja ozračja. Razred 0 pomeni slabe razmere

**Preglednica 2:** Število vseh poskusnih ploskev in število poskusnih ploskev z ustrezno ocenjeno pokrovnostjo z lišaji po drevesnih skupinah v popisu stanja gozdov l. 2007

**Table 2:** Tree species groups, number of inventory plots with suitable lichen cover and their percentage in forest inventory 2007

Drevesna skupina	Št. vseh ploskev	Št. ustreznih ploskev	% ustreznih ploskev
I	377	282	75,1
II	230	167	73,5
III	91	50	56,0
IV	201	120	60,2
V	119	38	31,1
VI	10	1	10,0
VII	65	43	67,7
VIII	16	7	43,8
IX	21	4	19,0
X	15	5	33,3

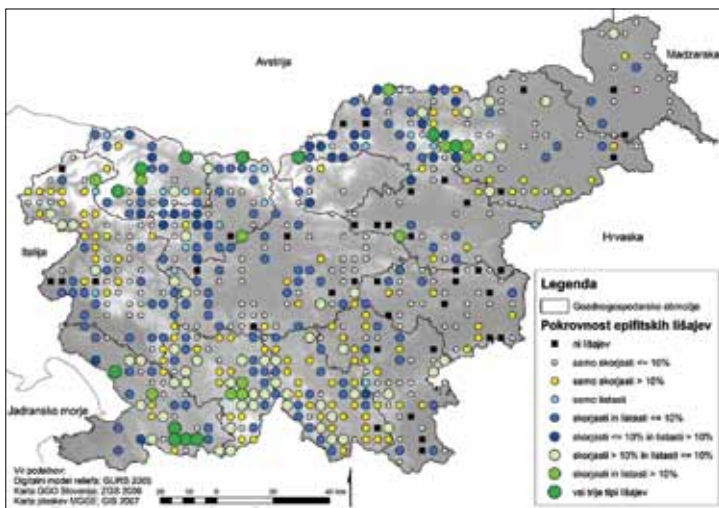
za uspevanje lišajev, razred 7 pa dobre. V veliki večini primerov pomeni razred 0 tudi onesnažen zrak, razred 7 pa čist. Vendar se moramo zavedati, da nauspevanje lišajev vplivajo tudi drugi dejavniki (svetloba, relativna zračna vlaga, konkurenca drugih epifitov, lišajski zajedavci, razpoložljivost primernih dreves in njihovo stanje itn.).

Razmerje je prikazano s kartami pokrovnosti za vse tri tipe lišajev na vseh drevesnih vrstah skupaj (Slika 3) in še ločeno za skorjaste lišaje na drevesih navadne bukve (*Fagus sylvatica*) (Slika 4) in listastih lišajev na navadni smreki (*Picea abies*) (Slika 5).

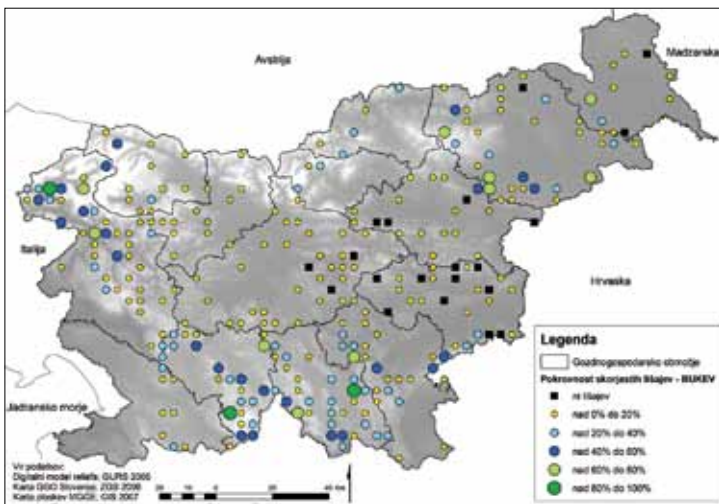
**Preglednica 3:** Razredi lišajske obrasti glede na pokrovnost skorjastih, listastih in grmičastih lišajev.

**Table 3:** Classes of lichen cover according to the cover of crustose, foliose and fruticose lichens within the assessment grid.

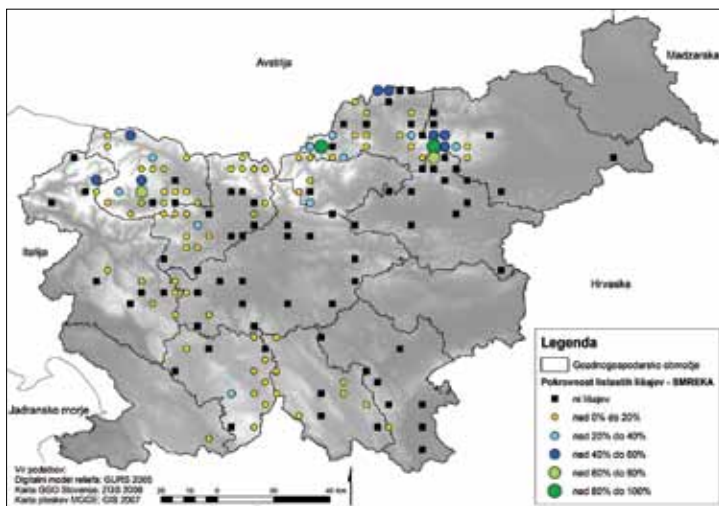
Razred	Opis razreda
0	ni lišajev
1	samo skorjasti ≤ 10 %
2	samo skorjasti > 10 %
3	samo listasti
4	Skorjasti ≤ 10 % in listasti ≤ 10 %
5	Skorjasti ≤ 10 % in listasti > 10 %
6	Skorjasti > 10 % in listasti ≤ 10 %
7	Skorjasti > 10 % in listasti > 10 %
8	vse tri vrste



Slika 3: Kategorije pokravnosti vseh lišajskih tipov za vse drevesne vrste skupaj  
 Fig. 3: Categories of lichen cover for all thallus types and tree species groups.



Slika 4: Kategorije pokravnosti skorjastih lišajev na bukvi  
 Fig. 4: Categories of lichen cover for crustosethallus types for common beech.



Slika 5: Kategorije pokravnosti listastih lišajev na smreki  
 Fig. 5: Categories of lichen cover for foliose thallus types for Norway spruce.

## 4 RAZPRAVA

## 4 DISCUSSION

Iz rezultatov je razvidno, da je bilo stanje epifitske lišajske vegetacije ob popisu stanja gozdov v letu 2007 še vedno relativno slabo kljub odžvepljevanju izpušnih plinov na večjih termoenergetskih objektih v Sloveniji, množični uvedbi daljinskega ogrevanja, bolj čistim tehnologijam in zaprtju številnih »umazanih« industrijskih objektov (Poličnik in Batič, 2007). Za razliko od prikazov v prejšnjih letih (Batič in Kralj, 1989; Batič, 1991; Batič in Kralj, 1995; Batič in Mayrhofer, 1996) je pokrovnost lišajev prikazana ločeno za vse tri tipe steljk lišajev in vse drevesne vrste skupaj in posebej še mediana pokrovnosti po kategorijah za smreko in bukev – vse za popise v okviru popisne mreže z desetimi polji. Vzroki za slabo, v nekaterih primerih celo slabše stanje kot v prejšnjih letih so delno v metodologiji. V letu 2007 je bil popis narejen samo na deblih, kjer so v bolj sklenjenih sestojih pogosto slabe svetlobne razmere in je tudi zato slabša obrast predvsem listastih in grmičastih lišajev. Po raziskavah nekaterih drugih (Poličnik in sod., 2008; Marmor in sod., 2010) popis po smernicah popisa lišajev v EU, kjer popisi temeljijo na popisu lišajev v okviru popisne mreže, ki jo namestimo na deblu 1 m od tal, ni primeren za ugotavljanje vpliva zračnega onesnaženja na lišaje v gozdnih sestojih. V raziskavi, opravljeni v Estoniji (Marmor in sod., 2010), pa tudi nekatere ameriške študije kažejo, da je treba analizirati epifitsko lišajsko vegetacijo po celotni višini drevesa, kajti raznolikost vrst in rastnih tipov je največja v sredini drevesa, v krošnji, medtem ko sta na deblu v prvem višinskem razredu (0–4 m) obrast in raznolikost manjši. Tudi vpliv zračnih onesnažil je večji v krošnji. Tega dejavnika mi v tem popisu nismo zajeli oziroma smo s spremembo metode opustili ocenjevanje v krošnji, kar je v čistejših predelih gotovo poslabšalo rezultate, še posebej glede na izračun indeksa zračne čistosti v prejšnjih letih. Druga dva razloga za slabo stanje sta lahko: večanje prometa in z njim povezano onesnaževanje in s tem povezan daljinski vnos onesnažil, na kar kaže tudi nekaj posameznih rezultatov iz letošnjega popisa.

Na pokrovnost posameznih rastnih tipov lišajev vplivajo poleg onesnaženega zraka predvsem lastnosti drevesnih vrst, na katerih smo opazovali lišaje (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).

Grmičastih lišajev, ki so indikatorji čistega zraka, skoraj ni, razen skromne obrasti na hrastih in smreki. Razlog je delno v onesnaženju, delno pa tudiv mestu opazovanja. Večina grmičastih vrst je bolj svetlobo-ljubnih, zato jih ni na deblih v strnjenih sestojih bukve in tudi drugih vrst. Njihovo pojavljanje v tem popisu je omejeno na posamezne ploskve shrasti na zahodu Slovenije in nekatere bolj presvetljene naravne smrekove sestoje v Alpah.

Največ listastih lišajev je v gorskih smrekovih gozdovih v Julijskih Alpah, Karavankah in na Pohorju, največ na skupinah dreves »smreka« in nekoliko manj na »bukvi« in »jelki«. Izstopa njihova manjša pokrovnost v najbolj zahodnih območjih Julijcev, na dinarski gorski pregradi, v osrednji in vzhodni Sloveniji. To je stanje, ki ga že vsa leta popisa lišajev opažamo v okviru popisa stanja gozdov in ga lahko razložimo z lokalnim onesnaženem (osrednja in vzhodna Slovenija) in daljinskim vnosom (dinarska pregrada, zahodni Julijci). Pri tem zelo izstopa stanje na jelki, ki ima v dinarskih gozdovih veliko slabšo pokrovnost listastih lišajev kot na Pohorju.

Skorjasti lišaji so najbolj razviti na bukvi, kar je gotovo povezano s tipom skorje. Bukev in navadni beli gaber ne razvijeta lubja, ampak se skorja razteza z večanjem debeline premera. To omogoča dokaj boljše ohranjanje in rast skorjastih steljk, od katerih mnoge vrste uspevajo v odmrlém peridermu. Skorja ne poka in odpada, kar se prej ko slej zgodi na vseh drugih drevesnih vrstah. Tudi jelka tvori lubje pozneje kot smreka, zato je obrast skorjastih lišajev na njej boljša kot na smreki. Največja pokrovnost vseh tipov lišajev, predvsem skorjastih, je na bukvi v dinarskih gozdovih in Julijcih ter slabša v Karavankah, Julijskih Alpah, na Pohorju in v osrednji Sloveniji. Poleg lokalnega onesnaženja zraka, ki je verjetno glavni krivec za tako stanje, je razlog tudi zasmrečenje teh gozdov, kjer je marsikje bukve še malo ali pa je premlada, da bi se skorjasti lišaji razvili optimalno. Vpliv daljinskega vnosa je tu manjši, čeprav je slabše stanje na delu dinarske pregrade, med Trnovskim gozdom in Snežnikom, verjetno pogojeno tudi s tem (Vidmar, 2009). Tudi relativno slabo pokrovnost skorjastih lišajev na hrastih in drugih skupinah v zahodnem delu Slovenije bi lahko pripisali temu vplivu.

## 5. POVZETEK

## 5. SUMMARY

V Sloveniji pri popisu stanja gozdov popisujemo na izbranem številu dreves na ploskvi popisa tudi



obrast skorjastih, listastih in grmičastih lišajev kot bioindikatorjev stanja okolja, predvsem kakovosti zraka. Obrast epifitskih skorjastih, listastih in grmičastih lišajev je bila popisana na določeni višini debla v okviru standardizirane mreže na izbranem številu primerljivih drevesnih vrst. Prikazan je nabor ploskev in drevesnih vrst, na katerih smo lišaje lahko popisali. Kategorije pokrovnosti skorjastih, listastih in grmičastih lišajev, določene na osnovi median pokrovnosti so skupno prikazane za vse skupine drevesnih vrst, posebej pa sta prikazani pokrovnost skorjastih lišajev za bukev in listastih za smreko. Na splošno je obrast slaba, največja je pri skorjastih in najslabša pri grmičastih lišajih. Ploskve z večjo lišajsko obrastjo so predvsem v območjih, oddaljenih od virov onesnaženja zraka, ploskve s slabo obrastjo pa na območjih, kjer je večji vpliv lokalnega onesnaženja ali daljinskega vnosa zračnih onesnažil. Lišajška obrast vseh treh rastnih tipov se večja s starostjo sestaja, preostali sestojni parametri pa tudi rastiščni značilno ne vplivajo na obrast. Dokaj slaba obrast gozdnega drevja z epifitskimi lišaji je še vedno posledica zračnega onesnaženja, kljub sanaciji večjih emitentov žveplovih spojin. Verjetno je vzrok še vedno veliko onesnaženje z dušikovimi spojinami iz prometa, termoenergetskih in industrijskih virov, kmetijstva in drugih virov. V določenem obsegu je slabše stanje epifitske lišajške obrasti tudi posledica uporabljene metode, v kateri je popis lišajev narejen le na spodnjem delu debla dreves, kjer svetlobne razmere pogosto niso ugodne za rast lišajev.

## 6. ZAHVALA

## 6. ACKNOWLEDGEMENT

Zahvaljujemo se vsem kolegom iz ZGS in GIS, ki so v letu 2007 sodelovali pri popisu stanja lišajev na ploskvah MGGE.

## 7. VIRI

## 7. REFERENCES

- Ahmadjian, V., Paracer S. 1986. Symbiosis: An introduction to biological associations. Hanover, Published for Clark University by University Press of New England:212 str.
- Arndt, U., Nobel, W., Schweizer B. 1987. Bioindikatoren - Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. Stuttgart, Ulmer:388 str.
- Batič, F., 1984. Lišajška karta Slovenije. Ljubljana, Prirodoslovno društvo Slovenije.
- Batič, F., 1991. Bioindikacija onesnaženosti zraka z epifitskimi lišaji. Gozdarski Vestnik, 49: 248–254.
- Batič, F. 2002. Bioindication of sulphur dioxide pollution with lichens. Protocols in lichenology: 483–503.
- Batič, F., Kastelec D., 2007. Popis epifitskih lišajev. V: Popis poškodovanosti gozdov in gozdnih ekosistemov : delovni priručnik za terensko snemanje podatkov M. K. (ed.). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 36–42.
- Batič, F., Kralj, A., 1995. Bioindikacija onesnaženosti ozračja v gozdovih z epifitskimi lišaji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 47: 5–56.
- Batič, F., Kralj, T., 1989. Bioindikacija onesnaženosti zraka z epifitsko lišajsko vegetacijo pri inventurah propadanja gozdov. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 34: 51–70.
- Batič, F., Mavsar, R., Jeran, Z., 2003. Epiphytic lichens as air quality indicators in forest stands. Ekológia, 22, 1: 47–49.
- Batič, F., Mayrhofer H., 1996. Bioindication of air pollution by epiphytic lichens in forest decline studies in Slovenia. Phytion, 36, 3: 85–90.
- Bračko, B., 1978. Spoznajmo lišaje. V: Raziskovanje onesnaženosti zraka v Sloveniji: II. del akcije "Okolje v Sloveniji": navodila za naravoslovne krožke. Gosar M. (ed.). Ljubljana, Prirodoslovno društvo Slovenije: 22–33.
- Ellenberg, H., Weber, E.H., Düll, R., Wirth V., Werner W., Paulissen, D., 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica, 18: 9–166.
- Ferry, B.W., Baddeley, M.S., Hawksworth, D.L., 1973. Air pollution and lichens. London, The Athlone Press:389 str.
- Gosar, M., 1984. Začetki Prizadevanj za čist zrak v Sloveniji in mladinska raziskovalna akcija zrak. V: Raziskovanje onesnaženosti zraka v Sloveniji 2. Gosar M. (ed.). Ljubljana, Prirodoslovno društvo Slovenije: 8–13.
- Grube, M., Batič, F., Mayrhofer, H., 1995. Contributions to the lichen flora of Slovenia I : Epiphytic lichens of the Snežnik area. Herzogia, 11: 189–196.
- Grube, M., Mayrhofer, H., Batič, F., 1998. Contributions to the lichen flora of Slovenia III : Epiphytic lichens from Goteniški Snežnik and Krokara Area. Herzogia: 181–188.
- Hawksworth, D.L., Rose, F., 1976. Lichens as pollution monitors. London, Edward Arnold:66 str.
- Jeran, Z., Jačimovič, R., Batič, F., Mavsar, R. 2002. Lichens as integrating air pollution monitors. Environmental Pollution, 120, 1: 107–113.
- Jeran, Z., Mrak, T., Jačimovič, R., Batič, F., Kastelec, D., Mavsar, R., Simončič, P. 2007. Epiphytic lichens as biomonitors of atmospheric pollution in Slovenian forests. Environmental Pollution, 146, 2: 324–331.
- Kovač, M. (ed.) 2011. Monitoring gozdov in gozdnih

- ekosistemov - Priročnik za terensko snemanje podatkov (v tisku). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 213 str.
- Markert, B.A., Breure, A.M., Zechmeister, H.G., 2003. Bioindicators & Biomonitors. Amsterdam, Elsevier:997 str.
- Marmor, L., Törra T., Randlane T. 2010. The vertical gradient of bark pH and epiphytic macrolichen biota in relation to alkaline air pollution. *Ecological Indicators*, 10, 6: 1137–1143.
- Mrak, T., Jeran, Z., Batič, F., Sanità di Toppi, L., 2010. Arsenic accumulation and thiol status in lichens exposed to As(V) in controlled conditions. *BioMetals*, 23, 2: 207–219.
- Mrak, T., Mayrhofer, H., Batič, F., 2004. Contributions to the lichen flora of Slovenia XI : Lichens from the vicinity of Lake Bohinj (Julian Alps). *Herzogia*, 17: 107–127.
- Nash, T.H., 1996. *Lichen Biology*. Cambridge, University Press:305 str.
- Nimis, P.L., Scheidegger, C., Wolseley, P. 2002. *Monitoring with Lichens - Monitoring Lichens*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers:416 str.
- Poličnik, H., Batič, F. 2007. Ali stanje lišajske flore že kaže na spremembo kakovosti zraka v Saleški dolini po izgradnji čistilnih naprav v termoelektrarni Šoštanj? *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 82: 1–23.
- Poličnik, H., Batič, F., Ribarič, Lasnik, C., 2004. Monitoring of short-term heavy metal deposition by accumulation in epiphytic lichens (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.). Third international workshop on biomonitoring of atmospheric air pollution (BioMAP), 49: 223–230.
- Poličnik, H., Simončič, P., Batič, F., 2008. Monitoring air quality with lichens: A comparison between mapping in forest sites and in open areas. *Environmental Pollution*, 151, 2: 395–400.
- Prügger, J., 2005. Lišajska flora Snežnika in Javornikov = Die Flechtenflora des Sneznik und der Javorniki mit besonderer Berücksichtigung der epiphytischen Arten. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, *Silva Slovenica*:212 str.
- Prügger, J., Mayrhofer, H., Batič F., 2000. Beiträge zur Flechtenflora von Slowenien IV. Die Flechten des Trnovski gozd. *Herzogia*, 14: 113–143.
- Skoberne, P., 1978. Ugotavljanje razširjenosti lišajev. V: Raziskovanje onesnaženosti zraka v Sloveniji: II. del akcije Okolje v Sloveniji: navodila za naravoslovne krožke. Gosar, M. (ed.). Ljubljana, Prirodoslovno društvo Slovenije: 34–38.
- VDI. 1995. *Measurement of Immission Effects. Measurement and Evaluation of Phytotoxic Effects of Ambient Air Pollutants (Immissions) with Lichens. Mapping of Lichens for Assessment of the Air Quality*. 14 str.
- Vidregar – Gorjup, N., Batič, F., Mayrhofer, H., 2002. Contributions to the lichen flora of Slovenia VII. : Epiphytic lichens from Zasavje. *Herzogia*, 15: 79–90.
- Vidmar, A. 2009. Ugotavljanje stanja okolja s popisi epifitskih lišajev v gozdovih območje enote Postojna v letu 2007. Diplomsko delo - visokošolski strokovni studij. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire:48 str.