

**ZAKLJUČNO POROČILO**  
**O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA**  
**NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA**  
**PROGRAMA (CRP) »KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 – 2013«**

**I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta**

1. Naziv težišča v okviru CRP:

Povezovanje ukrepov za doseganje trajnostnega razvoja.

2. Šifra projekta:

V4-0493

3. Naslov projekta:

Vpliv suše in povišane temperature na razvoj gozdu škodljivih organizmov

3. Naslov projekta

3.1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

Vpliv suše in povišane temperature na razvoj gozdu škodljivih organizmov

3.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

Influence of drought and increased temperature on development of harmful organisms for forests

4. Ključne besede projekta

4.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

*Biscogniauxia nummularia*, *Botryosphaeria dothidea*, *Dothiorella* sp., *Ophiostoma* spp., Scolytidae, Slovenija

4.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

*Biscogniauxia nummularia*, *Botryosphaeria dothidea*, *Dothiorella* sp., *Ophiostoma* spp., Scolytidae, Slovenia

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

Gozdarski inštitut Slovenije

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

6. Sofinancer/sofinancerji:

MKGP

7. Šifra ter ime in priimek vodje projekta:

7948

Dušan Jurc

Datum: 15. 9. 2010

Podpis vodje projekta:

doc. dr. Dušan Jurc

Podpis in žig izvajalca:

dr. Mirko Medved

## II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v okviru CRP

### 1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi?

- a) v celoti  
 b) delno  
 c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

- a) da  
 b) ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

Cilji se niso spremenili, smo jih pa dopolnili z dodatnimi raziskavami vpliva temperature na glivo *Chalara fraxinea* (delo je bilo večinoma opravljeno v okviru projekta Jesenov ožig v Sloveniji in preučevanje glive *Chalara fraxinea* - L4-2301) in opravili posamezne študije fitosanitarnih primerov, ki so povezani s povišano temperaturo in sušo (delo je bilo v večini opravljeno v okviru del za javno gozdarsko službo). Zaradi sezonske narave dela nekatere raziskave še niso zaključene.

## 2. Vsebinsko poročilo o realizaciji predloženega programa dela<sup>1</sup>:

Sprejeti program dela je obsegal dva sklopa raziskav. V **prvem sklopu** smo nameravali zaključiti obsežne raziskave o sušenju črnega gabra na Krasu zaradi glive *Botryosphaeria dothidea* in proučiti vpliv suše in temperature na pooglenitev bukve, ki jo povzroča gliva *Biscogniauxia nummularia*. V **drugem sklopu** raziskav smo nameravali opraviti prve raziskave gliv v smrekovih deblih, ki so povezane z napadom podlubnikov v Sloveniji. Za posamezne raziskave so bili zadolženi sodelavci projekta, ki so jih vodili ali izvedli in so navedeni ob naslovih. Nekateri sklopi raziskav še niso objavljeni in v poročilu podajamo za te sklope širše opise dela in dosežene rezultate. Prispevki za tisk iz še neobjavljenega dela bodo končani v okviru dela Programske skupine GIS. V poročilu navajamo tudi dela v **tretjem sklopu**, to so dela, ki jih v planu dela za projekt nismo navedli.

### 1. Prvi sklop raziskav

#### 1.1. Sušenje črnega gabra na Krasu (dr. Barbara Piškur)

Neobičajno sušenje črnega gabra (*Ostrya carpinifolia*) se je pojavilo že sredi devetdesetih let prejšnjega stoletja, v letu 2003 pa je bolezen izbruhnila v večjem obsegu. Ekstenziven pojav bolezni je sovpadal z neobičajnimi sušnimi in vročimi leti. Kot povzročiteljica bolezni je bila leta 2006 prepoznana gliva *Botryosphaeria dothidea* iz družine Botryosphaeriaceae. Vrste iz omenjene družine gliv so znane kot oportunistični patogeni z latentno endofitno fazo, ki lahko v stresnih razmerah za rastlino povzročijo bolezenske simptome. V letu 2007 smo se povezali z raziskovalci iz Južne Afrike (dr. Bernard Slippers in dr. Michael J. Wingfield; FABI; University of Pretoria) in Italije (dr. G. Maresi, FEM-IASMA) ter z molekularnimi tehnikami analizirali 75 izolatov gliv iz družine Botryosphaeriaceae, ki smo jih izolirali iz obolelih ali asimptomatskih dreves na območju Slovenije in Italije.

V sklopu CRP-projekta V4-0493 smo načrtali nadaljevanje začetega dela. Na primeru gliv iz družine Botryosphaeriaceae smo ugotavljali odzivnost latentnih patogenov oziroma endofitnih gliv na spremembe v zunanjih pogojih (temperatura, suša). Dodatno smo razjasnili pomen glive *Botryosphaeria dothidea* in *Dothiorella* sp. pri pojavu bolezni črnega gabra. Izvedli smo analize molekularnih podatkov (nukleotidna zaporedja regij ITS-rDNA ter EF- $\alpha$ ; molekularni markerji AFLP) ter analize morfoloških podatkov. Filogenetske analize, primerjava nukleotidnih zaporedij ter morfološke analize so razkrile, da pričakovano večji delež izolatov predstavlja vrsto *B. dothidea*, manjši delež pa vrste iz rodu *Dothiorella*. Izolati iz rodu *Dothiorella* so si glede na morfološke karakteristike podobni, šele s primerjavo nukleotidnih zaporedij pa smo ugotovili, da se grupirajo v tri različne skupine, ki zelo verjetno predstavljajo najmanj eno do sedaj še neopisano vrsto iz omenjenega rodu.

Na raziskovalni ploskvi pri Kozini smo z glivama *Dothiorella* sp. nov. ter *B. dothidea* inokulirali preko sto debelc različnih drevesnih vrst (črni gaber, puhavec, rumeni dren, maklen, mokovec, mali jesen), ki smo jih smo izpostavili povečanemu stresu. Inokulacijski poskus smo redno spremljali in vzorčili v časovnih intervalih. Spremljali smo pojav razmnoževalnih struktur na skorji, s poudarkom na iskanju in identifikaciji do sedaj še nepoznane teleomorfne oblike vrste *Dothiorella* sp. nov., ki je glede na predhodne molekularno-morfološke analize zelo verjetno nova vrsta iz družine Botryosphaeriaceae. Gliva *Dothiorella* sp. nov. je le redko oblikovala nespolna trosišča, spolnih oblik nismo odkrili. Nova vrsta je sicer v postopku opisa v sodelovanju s sodelavci iz Južne Afrike (dr.

<sup>1</sup> Potrebno je napisati vsebinsko raziskovalno poročilo, kjer mora biti na kratko predstavljen program dela z raziskovalno hipotezo in metodološko-teoretičen opis raziskovanja pri njenem preverjanju ali zavračanju vključno s pridobljenimi rezultati projekta.

Bernard Slippers, FABI)

V »in vitro« razmerah smo simulirali vpliv zmanjševanja količin padavin ter daljših sušnih obdobij na zdravje drevja ter sočasno za vrste *B. dothidea* in *Dothiorella* spp. izvedli Kochove postulate. Test patogenosti izolatov *B. dothidea* in *Dothiorella* spp. ter vpliv prisotnosti obeh vrst gliv na razvoj nekroz smo izvedli na palicah črnega gabra, ki smo jih izpostavili vlagi ali sušnemu stresu. Vrsta *B. dothidea* je v primerjavi z izolati *Dothiorella* sp. bolj patogena, sočasna prisotnost obeh vrst gliv pa ne vpliva na izražanje patogenosti glive *B. dothidea*. Ob sušnem stresu je patogenost glive *B. dothidea* izrazitejša in vsi testirani izolati so povzročili nastanek nekroz, v nasprotju s palicami z visoko vsebnostjo vode, kjer so bile nekroze manjše in so izolati *B. dothidea* izražali različne stopnje patogenosti.

Vzporedno z opisanimi raziskavami smo v sklopu projekta V4-0493 inducirali tvorbo konidijev na vodnem agarju z dodanimi borovimi iglicami. Opisali smo protokol »proizvodnje« konidijev (priprava ustreznega rastlinskega materiala, priprava gojišča z dodatkom sterilnega rastlinskega materiala kot substrata, inokulacija in inkubacija) in priprave »single-spore« izolatov (razrez trosišča pod lupo, sterilni odvzem konidijev, razmaz in spremljanje kalitve). Testov na ploščah Phenotype Microarrays™ (Biolog) nismo izvedli. Vzrok je v tem, da smo z vpogledom v medvrstno in znotrajvrstno variabilnost ter izvedenimi testi patogenosti v "in vitro" razmerah že lahko podali bistvene ugotovitve, ki nakazujejo vpliv klimatskih sprememb (daljša sušna obdobja, povišane T) na aktivnost latentnih patogenov in drugih endofitnih gliv.

Rezultati nakazujejo, da je odmiranje črnega gabra na Krasu povezano z že prisotno endofitno populacijo glive *B. dothidea*, ki je v spremenjenih klimatskih razmerah, stresnih za črni gaber, začela izražati svojo patogeno aktivnost. Rezultati raziskav so bili predstavljeni na mednarodnih znanstvenih srečanjih, strokovni javnosti in v članku, ki je sprejet v objavo pri reviji European Journal of Forest Research (Piškur B., Pavlic D., Slippers B., Ogris N., Maresi G., Wingfield M.J., Jurc D. Diversity and pathogenicity of Botryosphaeriaceae on declining *Ostrya carpinifolia* in Slovenia and Italy following extreme weather conditions; doi: 10.1007/s10342-010-0424-x).

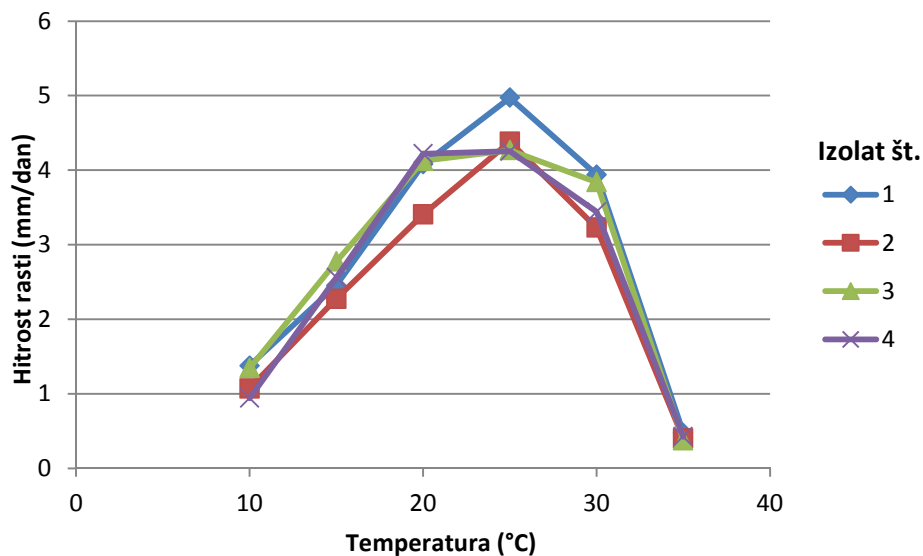
## **1.2. Raziskave pooglenitve bukve (dr. Nikica Ogris)**

### **1.2.1. Hitrost rasti glive *Biscogniauxia nummularia* v odvisnosti od temperature in koncentracije NaCl**

Izvedli smo dva poskusa z glivo *Biscogniauxia nummularia*. Najprej smo pridobili štiri notrosne izolate.

(1) Prvi poskus je bil hitrost rasti v čisti kulturi pri temperaturi 10, 15, 20, 25, 30 in 35 °C. Poskus smo izvedli v petih ponovitvah s štirimi izolati. Dokazali smo, da obstajajo statistično značilne razlike med posameznimi izolati in njihovimi povprečnimi hitrostmi rasti v čisti kulturi pri določeni temperaturi. Gliva *Biscogniauxia nummularia* najhitreje raste pri temperaturi 25 °C (4,2–5,0 mm/dan), pri 35 °C pa se rast skoraj ustavi, pri 40 °C pa ne raste več (slika 1 in preglednica 1).

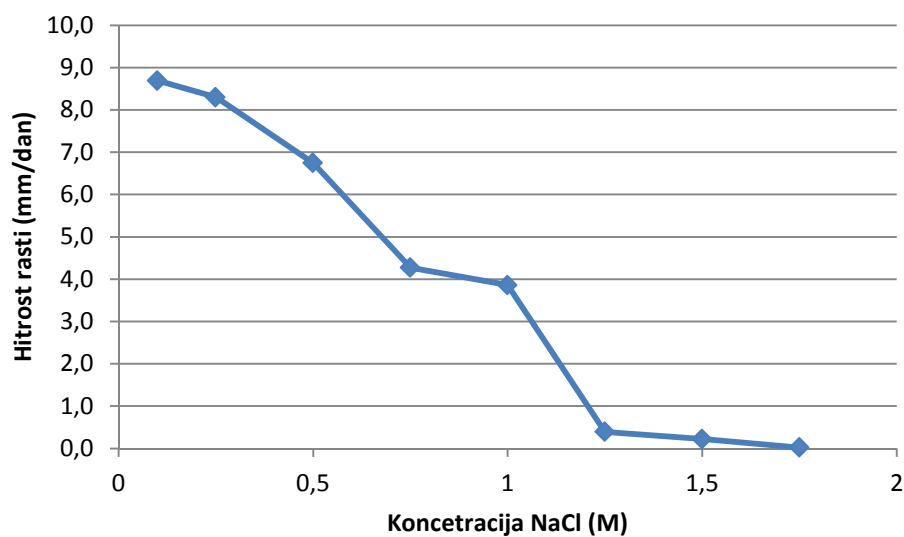
(2) Drugi poskus je bil hitrost rasti v čisti kulturi pri različnih koncentracijah NaCl: 0,1, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25, 1,50, 1,75, 2 in 3 mol/L. Poskus se je odvijal pri temperaturi 25 °C s štirimi notrosnimi izolati in petimi ponovitvami. Pri koncentraciji 0,1 M je bila povprečna hitrost rasti 8,7 mm/dan, pri 1 M pa 3,9 mm/dan (slika 2, preglednica 2). Večina gliv preneha rasti pri koncentraciji 1 M NaCl (Tresner in Hayes, 1971). Sicer je povečana koncentracija NaCl iz 0,1 v 1 M upočasnila rast glive malo več kot za polovico, vendar se je čisto ustavila pri 1,75 M. To dokazuje, da je gliva izredno prilagojena na sušne razmere.



Slika 1: Hitrost rasti glive *Biscogniauxia nummularia* v čisti kulturi v odvisnosti od temperature

Preglednica 1: Podatki o povprečni hitrosti rasti (mm/dan) štirih enotrosnih izolatov glive *Biscogniauxia nummularia* v čisti kulturi v odvisnosti od temperature

Temperatura (°C)	Izolat			
	1	2	3	4
10	1,38	1,07	1,34	0,94
15	2,4 □	2,27	2,77	2,56
20	4,08	3,41	4,12	4,22
25	4,97	3,38	4,27	4,25
30	3,9 □	3,23	3,84	3,44
35	0,8	0,40	0,38	0,43



Slika 2: Povprečna hitrost rasti glive *Biscogniauxia nummularia* v čisti kulturi pri različnih koncentracijah soli NaCl

Preglednica 2: Povprečna hitrost rasti (mm/dan) enotrosnih izolatov glive *Biscogniauxia nummularia* v čisti kulturi pri različnih koncentracijah soli NaCl

Koncentracija NaCl (M)	Izolat				Povprečje
	1	2	3	4	
0,1	9,1	8,0	8,7	9,0	8,7
0,25	8,4	7,5	8,9	8,4	8,3
0,5	7,5	6,8	6,6	6, □	□,7
0,75	5,1	4,3	3,3	4,4	4,3
1	4,2	4,1	3,5	3,6	3,9
1,25	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4
1,5	0,3	0,0	0,3	0,3	0,2
1,75	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0

### 1.2.2. Scenariji podnebnih sprememb

Za preskušanje postavljenih hipotez v raziskovalni nalogi smo potrebovali izdelane scenarije podnebnih sprememb v prostorski ločljivosti 1 km × 1 km. Scenariji podnebnih sprememb (spremenljivke: temperatura, padavine in evapotranspiracija) so bili izdelani za 9 izbranih krajev (Bergant, 2006). Scenariji so v obliki mesečnih in 30-letnih povprečij za obdobje 1980–2100. Naša naloga je bila, kako iz napovedi za 9 krajev ugotoviti, kakšne so napovedi za vsak km<sup>2</sup> v Sloveniji. Na razpolago imamo klimatološke karte povprečnih temperatur zraka, povprečnih mesečnih in letnih vsot korigiranih padavin in povprečne referenčne evapotranspiracije za obdobje 1971–2000 v digitalni rasterski obliki z ločljivostjo 1 km<sup>2</sup>, ki jih je izdelala Agencija Republike Slovenije za okolje (PMLVKP, 2006; PRETP, 2006; PTMP, 2006). Razkorak med točkovnimi in površinskimi vrednostmi smo premostili tako, da smo najprej digitalizirali karto podnebnih tipov (Ogrin, 1996). Potem smo ugotovili, v kateri podnebni tip spada vsak od 9 krajev. Tako so kraji postali predstavniki podnebnih tipov. Nato smo izračunali razliko med scenarijem za določen kraj (podatki po Bergantu, 2006) in podatki za referenčno obdobje 1971–2000 na točki kraja (podatki po ARSO, 2006) za vsako spremenljivko posebej (povprečne mesečne in povprečne letne vrednosti). Če je bilo več krajev v enem podnebnem tipu, smo upoštevali njihovo povprečno vrednost po posamezni spremenljivki in časovni dimenziji. Izračunano razliko smo prenesli na območje celotnega podnebnega tipa, ki ga kraj ali več krajev predstavlja, t. j. izračunano razliko smo prišteli oz. odšteli od vrednosti v referenčnem obdobju 1971–2000 po posameznih celicah, ki se nahajajo v istem podnebnem tipu kot obravnavan kraj. To je omogočilo izračun scenarijev podnebnih sprememb za celotno območje Slovenije.

Za Slovenijo je scenarije podnebnih sprememb izdelal (Bergant, 2006, 2007). Pripravljene so napovedi za temperaturo, padavine in evapotranspiracijo. Scenariji so sestavljeni kot mesečna povprečja 30-letnih obdobj z razmikom 10 let v obdobju 1961–2100 za devet krajev v Sloveniji: Ljubljana, Novo mesto, Maribor, Murska Sobota, Rateče-Planica, Postojna, Slap pri Vipavi, Bilje in Portorož. Temperature so v °C, evapotranspiracija in padavine pa v mm dan<sup>-1</sup>. Scenariji posameznih podnebnih spremenljivk nosijo oznake MIN, AVG in MAX. Scenarij AVG pomeni mediano vseh napovedi vseh modelov in scenarijev emisij, MAX pa maksimum in MIN minimum. Z drugimi besedami: AVG pomeni srednjo vrednost vseh scenarijev, MIN in MAX pa naj bi bila maksimalen razpon

glede na vse scenarije.

V raziskavi smo uporabili tri scenarije podnebnih sprememb z oznakami A, B in C. Scenarij A je optimistični scenarij in upošteva kombinacijo MIN temperature, MIN evapotranspiracije in MAX padavin. Scenarij B je srednji scenarij, pri katerem smo upoštevali kombinacijo AVG temperature, AVG padavin in AVG evapotranspiracije. Scenarij C je pesimistični scenarij, ki je sestavljen iz kombinacije MAX temperature, MAX evapotranspiracije in MIN padavin. V optimističnem scenariju je indeks sušnosti izražen kot kvocient med MIN evapotranspiracije in MAX padavin, v srednjem scenariju kot AVG evapotranspiracije in AVG padavin, v pesimističnem scenariju pa kot MAX evapotranspiracije in MIN padavin. Scenariji so navedeni kot 30-letna povprečja s korakom po 10 let.

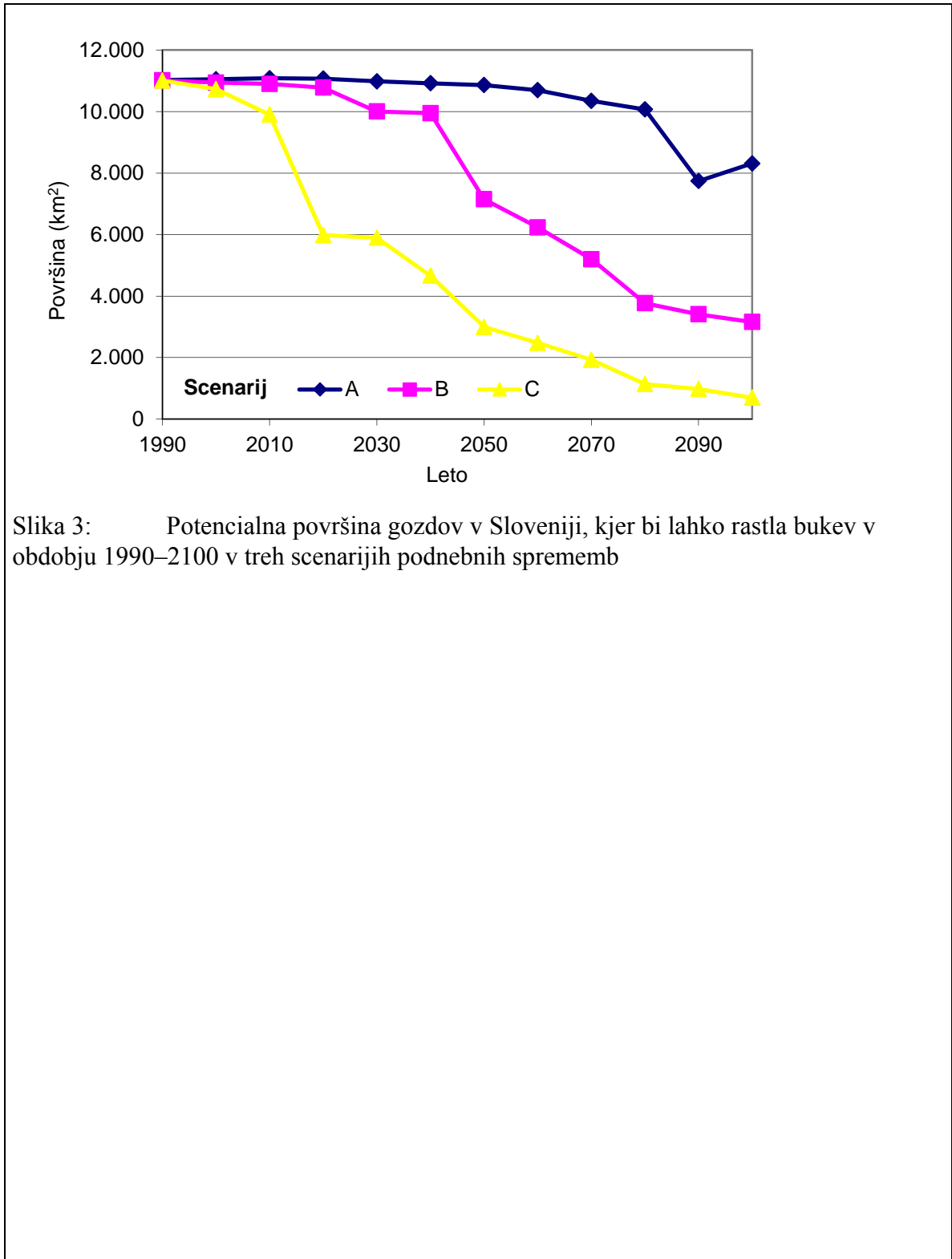
### **1.2.3. Potencialna razširjenost bukve**

Zanimalo nas je, kako se bo v prihodnosti spreminjal areal navadne bukve pri nas in kako bo pooglenitev bukve vplivala na omenjene spremembe, zato smo razvili 10 modelov za ocenjevanje potencialne razširjenosti navadne bukve v Sloveniji. Za razvoj modelov smo uporabili J48 odločitveno drevo (Quinlan, 1993), ki smo ga razvili v programu Weka (Witten in Frank, 2005). Model smo validirali z 10 kratnim navzkrižnim preverjanjem (Stone, 1974; Geisser, 1975). Zanesljivost modelov smo merili s Kappa statistiko (Carletta, 1996), ki je merila 0,70–0,76. Model zelo dobro predvidi območja, kjer bukev je (F mera 0,97), manj kjer bukve ni (F mera 0,69–0,79). Modele smo zagnali za tri scenarije podnebnih sprememb in za dvanajst trideset letnih obdobij s korakom po deset let, t. j. za 1981–2100. Modeli so prostorski z ločljivostjo 1 km × 1 km in so zgrajeni iz podatkov 105 neodvisnih spremenljivk, ki opisujejo podnebje, tla, relief, krajino in gozd (Iverson in Prasad, 2002). Model je statičen, kar pomeni, da ne upošteva časovne spremenljivke. Ne upošteva pa še: fiziologije dreves, genetske variabilnosti dreves, sinekološke vidike, vpliv človeka, idr.

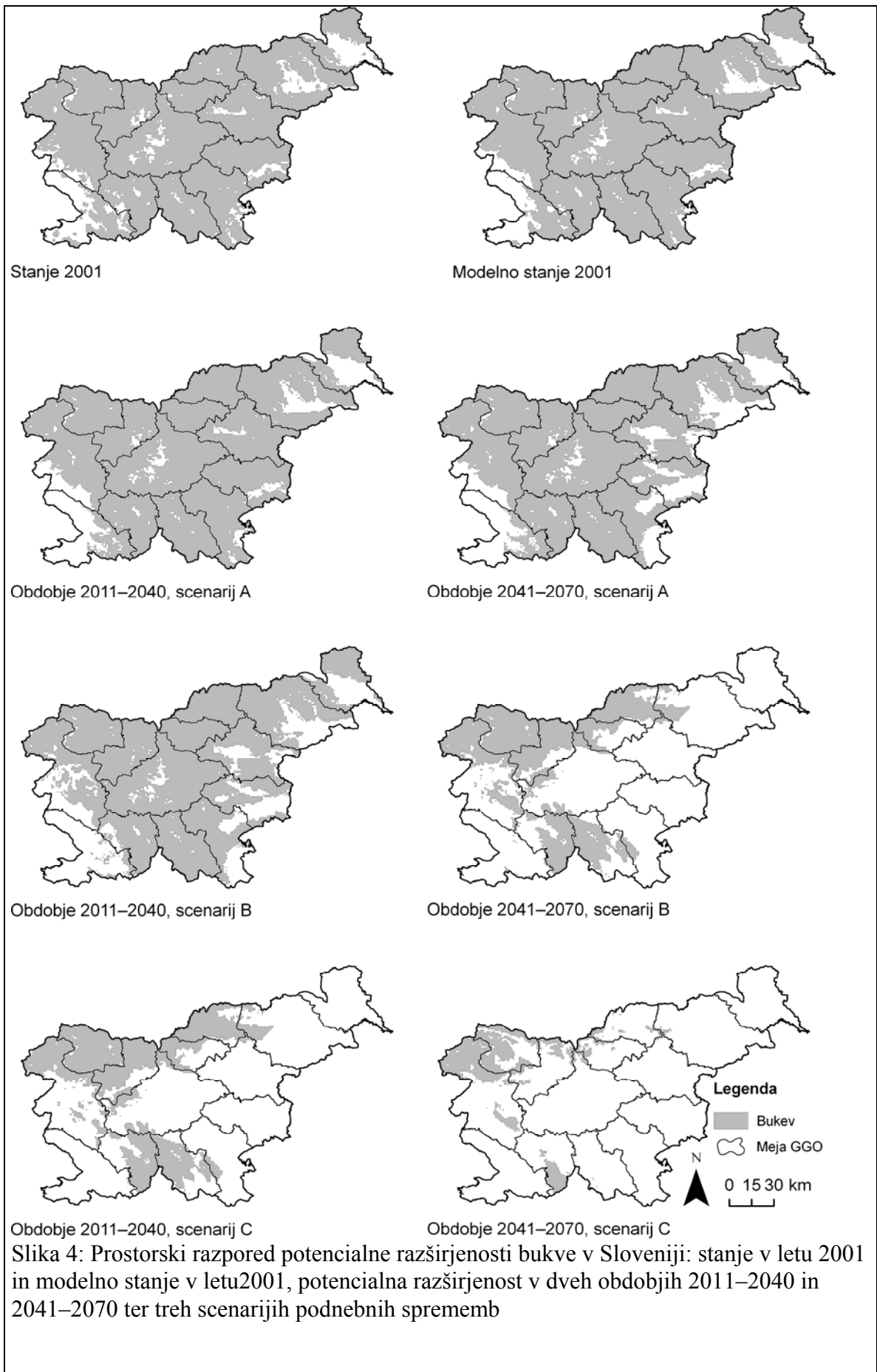
### **Rezultati**

Po optimističnem scenariju podnebnih sprememb se potencialna razširjenost navadne bukve v Sloveniji verjetno ne bo bistveno spremenila vse do leta 2080, potem pa se bo po projekcijah osmih modelov začel potencialni areal navadne bukve naglo zmanjševati (slika 3 in 4). Po srednjem scenariju podnebnih sprememb modeli ocenjujejo, da bo potencialna razširjenost navadne bukve ostala približno enaka do leta 2040, potem pa se naj bi podnebne razmere toliko zaostrole, da se bi potencialni areal navadne bukve začel naglo krčiti (slika 3 in 4). Zagon modelov po pesimističnem scenariju podnebnih sprememb pa ocenjuje, da se bo potencialna razširjenost navadne bukve začel sunkovito zmanjševati že v naslednjem desetletju (slika 3 in 4). Vsi trije scenariji so si podobni v tem, da prej ali slej pokažejo zmanjšanje potencialnega areala navadne bukve in da bo potek zmanjševanja podoben, t. j. krčila se bodo podobna območja, vendar z različno hitrostjo in z različnim začetkom. V vseh treh scenarijih se krčenje potencialne razširjenosti navadne bukve začne po celotnem vzhodnem robu države, potem pa se krčenje nadaljuje proti notranjosti in osrednjem delu Slovenije in se začne krčiti tudi primorski del potencialnega areala (slika 4).





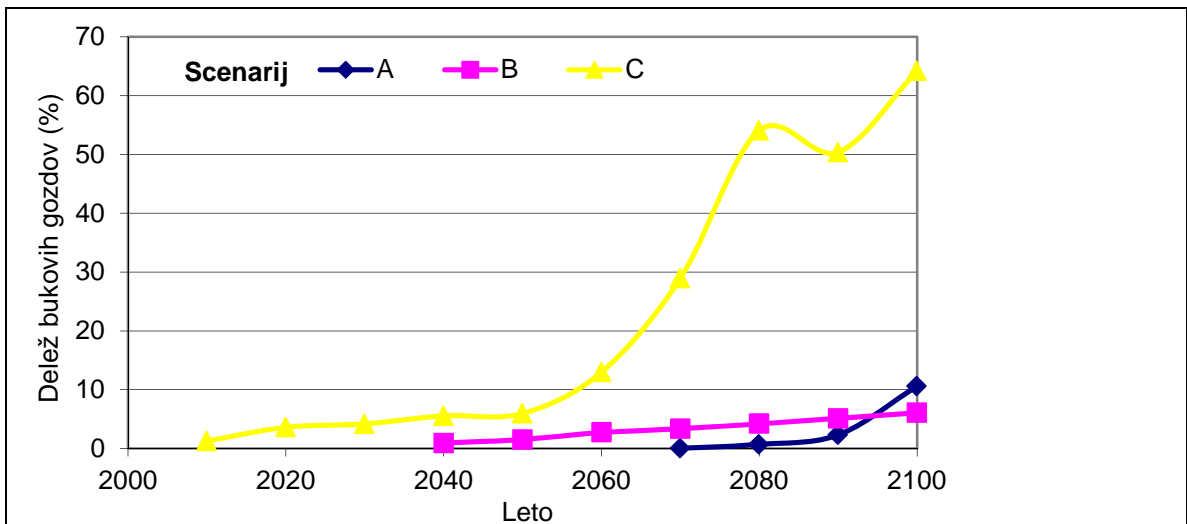
Slika 3: Potencialna površina gozdov v Sloveniji, kjer bi lahko rastla bukev v obdobju 1990–2100 v treh scenarijih podnebnih sprememb



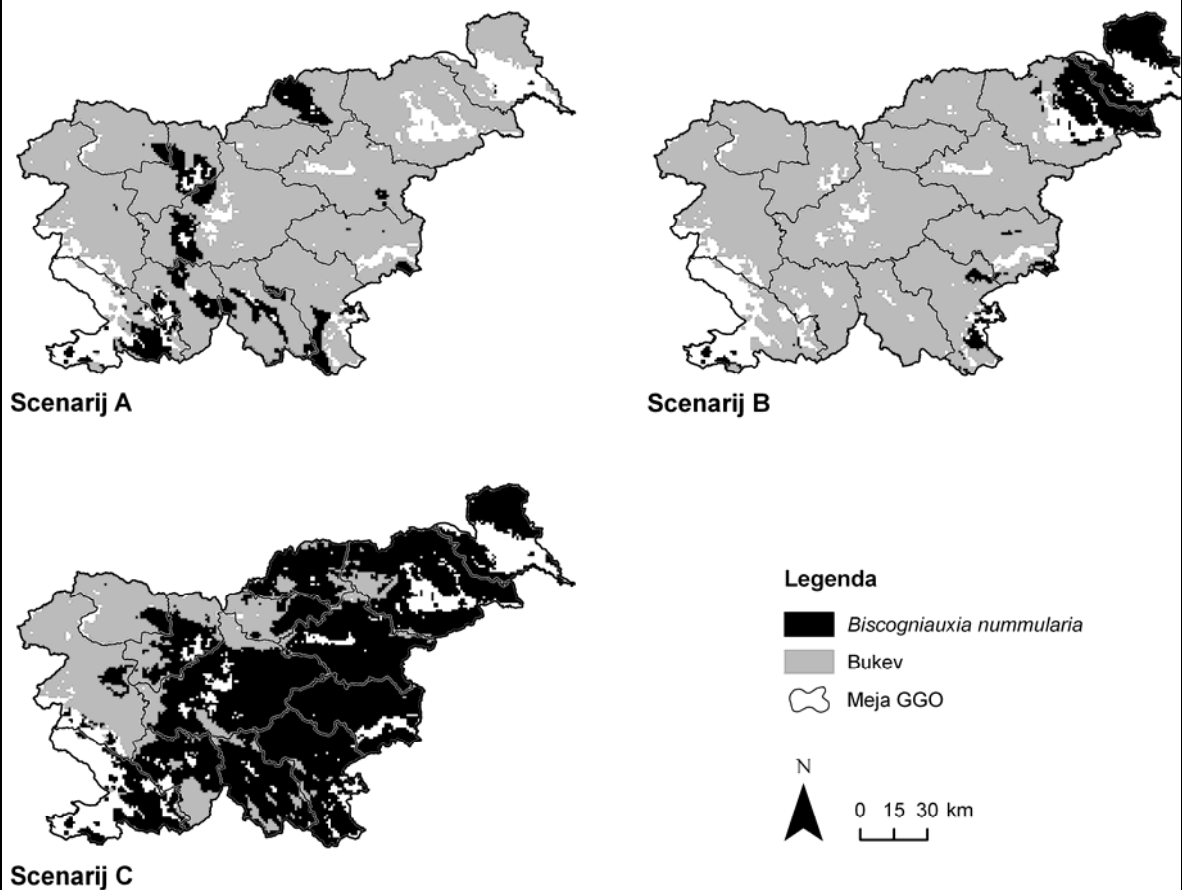
Slika 4: Prostorski razpored potencialne razširjenosti bukve v Sloveniji: stanje v letu 2001 in modelno stanje v letu 2001, potencialna razširjenost v dveh obdobjih 2011–2040 in 2041–2070 ter treh scenarijih podnebnih sprememb

#### 1.2.4. Potencialni pojav pooglenitve bukve v Sloveniji v treh scenarijih podnebnih sprememb

Za tri scenarije v prihodnost smo modelirali potencialni pojav glive novčičaste biskonjoje (*Biscogniauxia nummularia*), ki povzroča bolezen pooglenitev bukve. V Sloveniji imamo zabeležene vsaj tri dogodke, kjer je *B. nummularia* povzročila veliko površinsko odmiranje navadne bukve: v Prekmurju v bližini Lendave po letu 2003, na Primorskem na Brkinih po letu 2003 (Jurc in sod., 2007) in na območju Reštanja na Bohorju v letu 2008 (Ogris in Jurc, 2008). *B. nummularia* je v običajnih razmerah neškodljiv endofit skorje, postane pa parazit, ko se pojavijo ustrezni pogoji: 2–3 °C višje povprečne mesečne temperature in daljša sušna obdobja (vsaj 6 mesecev manj kot 50 % padavin v primerjavi s 30 letnim povprečjem) ali pa samo višje temperature 4–5 °C (lahko je dovolj padavin) (Hendry in sod., 1998). Slednjim pogojem je ustrezalo tudi leto 2003 v Sloveniji na območju Brkinov, pri Lendavi in na Bohorju, t. j. povprečne mesečne temperature so bile višje za 2–5 °C od dolgotrajnega povprečja in v 4–5 mesecev je padlo manj kot 50 % padavin povprečno. Model ocenjuje potencialno poškodovane površine, kjer raste navadna bukev, zaradi *B. nummularia* s pomočjo dveh kriterijev. Oba kriterija morata biti izpolnjena, da je izpolnjen pogoj za potencialni pojav *B. nummularia*. Prvi kriterij je, da so povprečne mesečne temperature večje za 2 °C v primerjavi s povprečjem 1971–2000; drugi kriterij pa je, da so sušne razmere – potencialna evapotranspiracija je vsaj v štirih mesecih za 50 % večja kot količina padavin v teh mesecih. Model je prostorski z ločljivostjo 1 km × 1 km, kjer se mreža ujema z modelom za ocenjevanje potencialne razširjenosti navadne bukve v Sloveniji. Model smo zagnali za tri scenarije podnebnih sprememb in za dvanajst trideset letnih obdobj s korakom po deset let, t. j. za 1981–2100. V modelu smo predpostavljali, da bo razširjenost navadne bukve ostala nespremenjena v vsem preučevanem obdobju. Po optimističnem scenariju v obdobju 2071–2100 se bo *B. nummularia* verjetno pojavljala na okoli 10 % površine gozdov, kjer raste navadna bukev (slika 5 in 6). Zanimivo je, da model predvideva po srednjem scenariju v obdobju 2071–2100 manj potencialnih poškodb navadne bukve pri nas zaradi *B. nummularia* (6 % površine navadne bukve, slika 5) v primerjavi z optimističnim scenarijem. Po pesimističnem scenariju podnebnih sprememb v obdobju 2071–2100 bo verjetno poškodovanih že 64 % površin bukovih gozdov zaradi *B. nummularia* (slika 5 in 6). Po optimističnem scenariju v obdobju 2071–2100 naj bi se sušenje navadne bukve zaradi *B. nummularia* pojavilo v pasu širokem 12–16 km od južnega skozi osrednji del Slovenije, na severu se pojavi še predel v GGO Slovenj Gradec (slika 6). Po srednjem scenariju v obdobju 2071–2100 bo *B. nummularia* verjetno povzročala poškodbe v vzhodnem predelu Slovenije (cel predel GGO Murska Sobota, vzhodni del GGO Maribor, manj v GGO Brežice in GGO Novo mesto) in na zahodnem predelu v GGO Sežana (slika 6). Po pesimističnem scenariju v obdobju 2071–2100 bo *B. nummularia* povzročala poškodbe na navadni bukvi že na pretežnem delu Slovenije – ves vzhodni in osrednji predel, kjer nedotaknjeno ostane le Pohorje, Snežnik in nekaj površin v GGO Kočevje in GGO Ljubljana; samo skrajno severni in zahodni predeli ostanejo nedotaknjeni (slika 6). Model za ocenjevanje potencialne razširjenosti navadne bukve ni povezan z modelom za ocenjevanje potencialnih poškodb navadne bukve zaradi glive *B. nummularia*. Če primerjamo sliki 4 in 6, lahko ugotovimo, da se večji del črne površine s slike 6 ujema s površino s slike 4, kjer naj bi po projekciji modela nastopile takšne spremembe v podnebjju, da tam navadna bukev ne bi več mogla potencialno uspevati. Ti rezultati nakazujejo (ne dokazujejo), da bo gliva *B. nummularia* lahko eden od škodljivih organizmov, ki bo verjetno vplival na potencialno razširjenost navadne bukve v Sloveniji.



Slika 5: Delež potencialno poškodovanih bukovih gozdov zaradi *Biscogniauxia nummularia* v obdobju 2000–2100 v treh scenarijih podnebnih sprememb



Slika 6: Potencialno ustrezni klimatski pogoji za pooglenitev bukve v obdobju 2071–2100 in treh scenarijih podnebnih sprememb

## **2. Drugi sklop raziskav**

### **2.1. Potencialne sanitarne sečnje smreke zaradi podlubnikov in vpliva podnebnih sprememb (dr. Nikica Ogris)**

Razvili smo model, katerega namen je izdelava projekcij sanitarnih sečenj smreke zaradi podlubnikov v Sloveniji v različnih scenarijih podnebnih sprememb. Model in njegove rezultate smo objavili v priznani reviji Ecological Modelling: Ogris N., Jurc M. 2010. Sanitary felling of Norway spruce due to spruce bark beetles in Slovenia: A model and projections for various climate change scenarios. Ecological Modelling, doi:10.1016/j.ecolmodel.2009.05.015. Rezultati modela so pokazali, da je zelo velika verjetnost, da bo sanitarne sečnje smreke vedno več in sicer v vseh preučevanih scenarijih podnebnih sprememb. Model je koristen, ker z njim lahko identificiramo območja, ki bodo najprej in najbolj prizadeta zaradi smrekovih podlubnikov. Ta informacija nam bi lahko pomagala prirediti gozdnogospodarske načrte in dolgoročno zmanjšati gospodarsko škodo, ki nastane ob obsežni sanitarni sečnji zaradi smrekovih podlubnikov. Najprej bodo prizadeta rastišča, kjer se smreka pojavlja nenaravno, v nižinah, v tleh, ki so bogata z N, P in K in na območjih, ki so bolj izpostavljeni suši (Ogris N. in Jurc M., 2010).

### **2.2. Raziskave asociacijskih gliv s smrekovimi podlubniki (Andreja Repe in prof. dr. Maja Jurc)**

Smreka (*Picea abies* (L.) Karst) je prevladujoča drevesna vrsta slovenskih gozdov, v lesni zalogi je zastopana z 32 %, ocena naravnega deleža, ki naj bi ga zastopala pa je le 8 %. Smreka je torej razširjena tudi zunaj svojega naravnega areala in sicer zaradi pospeševanja, ki je posledica največje zemljiške rente oziroma pričakovanega največjega donosa. Vitalnost smreke, ki raste zunaj rastišč naravnega areala je pogosto zmanjšana zaradi suš v rastni dobi, še posebej pa je to vidno v višjih starostih sestojev. S tem so povezane škode na navadni smreki zaradi abiotskih in biotskih dejavnikov (predvsem smrekovi podlubniki). Za uspešno obvladovanje teh škodljivih organizmov moramo poznati bionomijo posameznih podlubnikov ter njihov odnos z drugimi živalskimi, rastlinskimi in predvsem glivnimi vrstami. Podlubniki so vektorji gliv, prenašajo jih na svojih telesih oziroma se z njimi prehranjujejo in jih z iztrebki prenesejo na novega gostitelja. Živijo v asociaciji z različnimi glivami, zlasti s tistimi iz skupine ofiostomatoidnih gliv. To je umetna skupina morfološko podobnih rodov iz debla Ascomycota, med katerimi so pomembni patogeni dreves in povzročitelji diskoloracije lesa. Rodovi te skupine so *Ophiostoma* Syd. & P. Syd., *Ceratocystis* Ellis & Halst., *Ceratocystiopsis* H.P. Upadhyay & W.B.Kendr., *Grosmannia* Goid., kakor tudi nespolne oblike gliv *Leptographium* Lagerb. & Melin, *Pesotum* J.L. Crane & Schokn., *Sporothrix* Hektoen & C.F. Perkins, *Hyalorhinocladiella* H.P. Upadhyay & W.B. Kendr., *Thielaviopsis* Went, *Chalara* (Corda) Rabenh., *Graphium* Corda. Znanje o ofiostomatoidnih glivah, ki živijo v asociaciji s podlubniki v Sloveniji ni zadostno. V sklopu projekta CRP V4-0493 smo načrtovali raziskati ali najpomembnejša smrekova podlubnika *Ips typographus* in *Pityogenes chalcographus* prenašata ofiostomatoidne glive, katere so vrste teh gliv in s kolikšnimi deleži so zastopane. Ugotoviti smo želeli ali asociacijske gliv povzročajo sušenje dreves in ugotoviti patogenost posameznih vrst in izolatov gliv.

Prvi del je obsegal raziskavo vrstne sestave asociacijskih gliv. Terensko delo je leta 2008 potekalo od maja do julija, v treh sestojih odrasle navadne smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) v različnih fitogeografskih območjih Slovenije v območnih enotah: OE Bled, OE Kočevje, OE Ljubljana. In v letu 2009 od maja do julija v območnih enotah: OE Maribor, OE Kočevje, OE Ljubljana. Nabrani so bili vzorci skorje in lesa z rovi podlubnikov, prav

tako so bili nabrani živi osebki določenih vrst podlubnikov iz skorje in lesa. Iz nabranih vzorcev so bile izolirane asociacijske glive. Za izolacijo gliv so bili uporabljeni različni hranilni mediji (MEA, CSMA), izolirane glive so bile določene s klasično morfometrično identifikacijo, mikroskopskimi metodami in rastjo v kulturi. V letu 2009 smo se povezali s Thomasom Kirisitsom, strokovnjakom za ofiostomatoidne glive, iz Universität für Bodenkultur Wien, University of Natural Resources and Life Sciences, Dunaj, zaradi dodatnih potrditev morfološko določenih vrst ofiostomatoidnih gliv.

Zaradi natančnosti determinacije je pomembna alternativa klasičnim metodam vpeljava molekularnih metod. Glede na morfologijo gliv, ki so zrasle na 2 % MEA smo izločili skupine. Predstavnik vseh skupin smo izbrali za sekvenciranje. Uporabili smo naslednjo metodologijo: ekstrakcijo DNA, pomnožitev DNA z metodo PCR, uporabili smo metodo z namnožitvijo regij ITS in LSU ribosomske DNA ter beta – tubulin. Prečiščene PCR produkte smo nato sekvencirali z uporabo enakih oligonukleotidnih začetnikov kot so bili uporabljeni za PCR. Sekvenciranju sledi analiza z različnimi programskimi orodji za analiziranje in poravnavanje zaporedij. Pridobljena zaporedja se nato uporabijo za filogenetske analize, vključujoč že poznane sekvence, ki jih najdemo v spletnih podatkovnih bankah. Ta del raziskave zaradi obsežnosti dela (veliko število izolatov in dolgotrajnost analiz) še vedno poteka in bo končan v naslednjih mesecih.

Rezultati raziskave so pokazali, da so najpogosteje izolirane glive, ki jih prenašajo smrekovi podlubniki, ofiostomatoidne glive (76 % vseh izoliranih gliv). Našli smo 10 različnih vrst. Najbolj pogosta gliva na vseh lokacijah je *Ophiostoma bicolor*, sledijo *Ophiostoma ainoe*, *Grosmannia piceaperda*, *Ophiostoma piceae*, *Ophiostoma cucullatum*, *Pesotum* sp., *Graphium fimriasporum*, *Leptographium* sp., *Grosmannia penicillata*. Na 4 lokacijah je bila prisotna tudi *Ceratocystis polonica*, najbolj patogeno vrsta, ki živi v asociaciji z *I. typographus*. Zelo hitro prodre v traheide, kjer prekine vodni transport v živih drevesih. Drugi del raziskave je obsegal raziskavo patogenosti asociacijskih gliv. Patogenost gliv, katerih vektorji so podlubniki, je zelo raznolika. Primerjali smo patogenost najbolj pogosto izoliranih ofiostomatoidnih gliv pridobljenih tekom raziskave. Test smo izvedli z individualno in masovno inokulacijo zdravih dreves (ki sledi naravi, saj so glive s podlubniki simultano inokulirane v drevo). Inokuliranje se uporablja za preučevanje patogenosti gliv in proženja obrambnih mehanizmov dreves, za vrednotenje nivoja odpornosti dreves, za ugotavljanje praga gostote inokulacije, ki povzroči sušenje dreves. Primerjali smo različne izolate gliv na drevesih, ki rastejo na enakih rastiščih, tleh, so enake starosti, vitalnosti in položaja v sestoju. Drevesa smo spomladi 2010 masovno inokulirali s štirimi inokulacijami na dm<sup>2</sup> v 120 cm širokem pasu. Ta del raziskave še poteka, saj smo v prvem delu raziskave preučevali vrste in delež zastopanosti ofiostomatoidnih gliv v slovenskih gozdovih. Nadaljevali pa smo z raziskavo patogenosti. V tem času, torej 4 mesece po inokulaciji bodo drevesa podrti, izmerjena bo površina obarvanja odvzetih vzorcev in izmerjena bo površina izsušenosti beljave, ki jo povzročijo glive. Uporabili bomo metodo ocenjevanja poškodovanosti krošenj kot pokazatelja vitalnosti dreves. Za individualno inokulacijo smo izbrali različne izolate in jih inkulirali na izbrana drevesa po obodu debla, ravno tako bomo po treh mesecih preverjali velikost nekroze obarvanje in izsušenost beljave.

Končni rezultati drugega dela raziskave, iz leta 2010, bodo znani v nekaj mesecih. Prvi del raziskave je obsežen in zahteva velik časovni okvir in veliko število analiz in obdelavo velikega števila izolatov, pri ugotavljanju prisotnosti in določevanju – morfološkem in s pomočjo molekularnih tehnik. Drugi del raziskave smo tako lahko pričeli šele po zaključku prvega dela in to šele spomladi 2010, saj raziskava patogenosti na terenu lahko poteka samo v določenem delu leta, torej v rastni sezoni dreves in se prične spomladi

odvisno od začetka rojenja podlubnikov oziroma odvisno od zunanjih temperatur ter se konča s koncem rastle sezone oziroma jeseni.

### **3. Tretji sklop raziskav**

#### **3.1. Vpliv temperature na glivo *Chalara fraxinea***

Izvedli smo tudi poskuse z glivo *Chalara fraxinea*. (1) Najprej smo merili hitrost rasti v čisti kulturi pri temperaturah 5, 10, 15, 20, 22, 25, 28 in 30°C. Poskus smo izvedli v petih ponovitvah s štirimi izolati. Gliva najhitreje raste pri 22 °C, medtem ko se rast glive na temperaturah 28 in 30°C v petih tednih sploh ni začela. Ugotovljene so tudi velike razlike v hitrosti rasti med različnimi izolati glive. (2) Čiste kulture glive *C. fraxinea* smo nato izpostavili še višjim temperaturam. Kulture v epruveh smo segreti na 34, 36, 38, 40, 42 in 44°C in jih vzdrževali pri teh temperaturah 1, 2, 4, 8, 16, 24 ur. Preživetje micelija smo nato preverjali s precepljanjem segrevanih kultur na nova gojišča. Za glivo so bila uničujoča predvsem segrevanja nad 40 °C. (3) Preživetje glive smo preverjali tudi v toplotno tretiranih okuženih sadikah velikega jesena (*Fraxinus excelsior*). Okužene sadike smo 5 oziroma 10 ur namakali v banji z vodo, ki je bila segreta na 36, 40 in 44°C. Za vsako tretiranje smo uporabili 40 sadik. 20 sadik smo po vsakem segrevanju uporabili za izolacijo gliv, nato pa smo vseh 40 posadili na vrtu, da bi preverili še preživetje samih sadik. Glive *C. fraxinea* nismo uspeli izolirati iz nobene toplotno tretirane sadike (uspešnost izolacije glive je bila sicer slaba tudi iz kontrolnih sadik – stare okužbe), z višanjem temperature in daljšim časom tretiranja pa je močno upadlo tudi število izolacij drugih gliv. Sadike (nedormantne!) so precej dobro preživele segrevanje na 36 in 40 °C, medtem ko je bilo preživetje na 44°C že precej slabše.

Z raziskavami v povezavi toplotnega tretiranja sadik bomo nadaljevali, cilj pa je razviti metodo, s katero bi sadike jesenov obvarovali oziroma ozdravili okužbe z glivo *C. fraxinea*.

#### **3.2. Vključenost v COST akcije (dr. Nikica Ogris)**

Vključili smo se v COST akcijo FP0703 ECHOES: Expected Climate Change and Options for European Silviculture. Sodelovali smo pri sestavljanju poročila za Slovenijo. Napisali smo glavni del naslednjih poglavij: (1) Observed impacts: observed climatic evolution, impacts on ecosystem dynamics and functioning, vegetation phenology, vegetation distribution area, insect phenology and distribution area, disturbances and extreme events. (2) Expected impacts: expected climatic evolution, impacts on ecosystem dynamics and functioning, vegetation phenology, vegetation distribution area, insects, parasites, pathogens.

V okviru COST akcije FP0703 ECHOES: Expected Climate Change and Options for European Silviculture smo napisali povzetke za tri študije primerov, ki jih bomo obdelali v okviru akcije, to so modeli BarkBeet, BiscNum in TreeShift. Namen modela BarkBeet je oceniti potencialno sanitarno sečnjo smreke zaradi podlubnikov v različnih scenarijih podnebnih sprememb. Namen modela BiscNum je oceniti vpliv glive *Biscogniauxia nummularia* na spremembo potencialnega areala bukve v Sloveniji v različnih scenarijih sprememb podnebja. Model TreeShift ocenjuje potencialne premike posameznih drevesnih vrst v Sloveniji zaradi vpliva podnebnih sprememb. Poleg študijev primerov smo pomagali izpolniti vprašalnik za delovni sklop WG 1, ki preučuje vplive podnebnih sprememb. Naredili smo seznam najbolj pomembnih pričakovanih vplivov na gozdove v Sloveniji.

Sodelovali smo v okviru COST akcije FP0701 Post-fire forest management. Prijavili smo Short-Term Scientific Missions, podiplomskemu študentu. Tema raziskave je: Forest fuels

map of Slovenia. Iz tega pričakujemo izjemno pomemben dosežek za nadaljnji razvoj modelov požarne ogroženosti gozdov v Sloveniji, saj je karta goriv osnovni vhodni paramater v vse požarne modele. Poleg tega bo razvil model požarne ogroženosti po zgledu kanadskega Fire Weather Index modela (Van Wagner, 1987; Van Wagner in sod., 1992).

### 3.3. Recenzija člankov (dr. Nikica Ogris)

Recenzirali smo članek "Vpliv podnebnih sprememb na pričakovano prostorsko prerazporeditev tipov gozdne vegetacije", avtorji Kutnar L., Kobler A., Bergant K. za revijo Zbornik gozdarstva in lesarstva. Članek opisuje raziskavo, v kateri so simulirali prerazporeditev gozdne vegetacije v Sloveniji zaradi podnebnih sprememb. Raziskava je dala zanimive rezultate, saj predvidi, da bo v Sloveniji do leta 2070 prišlo do sprememb tipa gozdne vegetacije na več kot 75 % vseh gozdnih površin. Njihov model napoveduje močno krčenje bukovih gozdov in širjenje termofilnih združb.

Recenzirali smo članek "Climate change and forest diseases", avtorji Sturrock Rona, Frankel Susan, Brown Anna, Hennon Paul, Kliejunas John, Lewis Kathy, Worrall James, Woods Alex za priznane revijo Plant Pathology. V članku proučujejo odnos med klimatskimi spremenljivkami in več boleznimi gozdnega drevja. Obravnavajo spremembe, ki se bodo zgodile v odnosih med klimo, gostiteljem in patogenom, ki bo posledica podnebnih sprememb.

### 3.4. Študije primerov

Obravnavali smo sušenje črnega bora na področju Čepovana v GGE Banjšice (Ogris N. in Jurc D., 2010). Z ogledom na terenu in analizo smo ugotovili, da so primaren vzrok sušenja črnega bora revna tla. Na apnenčastih tleh z zelo malo prsti ob ne rednih padavinah zelo hitro pride do sušnega stresa za bor. Takšnih dogodkov je bilo v zadnjih 10-ih letih veliko. Ob sušnem stresu se črni bor ne more tako dobro obraniti fakultativnih parazitov kot takrat, kadar ima na voljo dovolj vlage. Zato se je v večjem obsegu pojavila gliva *Diplodia pinea*, ki povzroča sušico najmlajših borovih poganjkov. Manjši delež vej pa je okužila in uničila gliva *Cenangium ferruginosum*, ki povzroča bolezen sušico borovih vej. Zanimivo je bilo to, da se je gliva *D. pinea* nahajala tudi na starejših posušenihi vejah. Iz tega sklepamo, da je v prejšnjih 4-ih letih prišlo do izredno močnih sušnih stresov, kar je glivi omogočilo širjenje tudi v starejše veje in ne samo enoletne poganjke, kot je zanjo značilno. V okviru raziskave sušenja črnega bora na področju Čepovana, smo podali tudi predlog ukrepanja.

Analizirali smo razmere, ki so bile ključne za sušenje črnega bora na območju Slavnika v letu 2008. Rezultate smo objavili v medmrežni reviji Novice iz varstva gozdov: Ogris N., Košiček B. 2009. Vzroki izredno obsežnega pojava sušice najmlajših borovih poganjkov (*Diplodia pinea*) v okolici Podgorja leta 2008. Novice iz varstva gozdov, 2: 2-4. URL: [http://193.2.23.10/nvg/izdaja\\_no.asp?no=2-2](http://193.2.23.10/nvg/izdaja_no.asp?no=2-2). Ugotovili smo, da je bilo sušenje črnega bora posledica prekrivanja več dejavnikov: (1) pomladi in poleti 2007 je primanjkovalo padavin (črni bor je zelo občutljiv na sušo v pomladanskih mesecih); (2) nadpovprečno topla zima in pomlad v letu 2007; (3) toča 30. aprila 2007, 23. maja 2007 in 27. septembra 2007; (4) mikroklimatske razmere, ki ustrezajo zaprti dolini (višja relativna zračna vlažnost). Vse naštetje je predisponiralo črni bor za okužbo z glivo *Diplodia pinea*, ki povzroča bolezen sušico najmlajših borovih poganjkov.

Naredili smo obsežno analizo vzrokov propadanja gradna na Dularjevem bregu pri Zidanem mostu (Ogris in sod., 2009). Ugotovili smo, da je revno in sušno rastišče primarni vzrok propadanja hrastov na obravnavanem območju. Poleg tega je gozd na



Dularjevem bregu pri Zidanem Mostu močno poškodovan zaradi navadnega ohmelja. Znano je, da seme navadnega ohmelja prenašajo ptiči, predvsem drozgi. Omenjen breg je očitno lokacija, kjer se ptiči nekoliko pogosteje zaustavljajo, prehranjujejo s semeni navadnega ohmelja in tako prenašajo polparazitsko cvetnico na gradne v gozdu. Rastišče je suho in toplo, kar nakazuje drevesne vrste, ki se pojavljajo v gozdu (mali jesen, maklen, črni gaber). V takem rastišču hitreje pride do sušnega stresa v rastlinah, kot na rastiščih z globokimi in bogatimi tlemi. To, poleg navadnega ohmelja, predstavlja dodaten stres zaradi katerega se sušijo in lomijo veje na gradnu. Zaradi fiziološke oslabelosti najdemo na prizadetih hrastih zelo raznoliko mikofloro, katere glavna značilnost je oportunistična patogenost. Tako smo določili glive *Colpoma quercinum*, *Caudospora taleola*, *Coryneum elevatum*, za katere je značilno, da postanejo patogene za hrast, ko je oslabiljen; torej imajo sekundaren pomen. Vse določene glive so tipični predstavniki gliv, ki zajedajo oslabiljene in hirajoče hraste. Iste vrste gliv so na propadajočih hrastih ugotovili tudi drugi raziskovalci (npr. Kowalski, 1991). Poleg navadnega ohmelja in sušnega rastišča je na Dularjevem bregu primaren vzrok propadanja gradna tudi kostanjev rak. Za kostanjev rak je znano, da se pojavlja poleg domačega kostanja tudi na različnih vrstah hrastov. V Sloveniji imamo zabeležen primer kostanjevega raka na gradnu na območju Žežlja v krajevni enoti Adlešiči (Sedlar, 2009). Poleg sušnega rastišča je na Dularjevem bregu problem tudi starost dreves, npr. starost posekanega gradna je bila 176 let. V tej starosti je gradnu že močno upadla vitalnost in s tem povečala občutljivost na okužbe z glivami ali na napade škodljivcev. Dendrokronološka analiza, ki je pokazala, da hrasti na obravnavanem območju hirajo že od leta 1970 naprej. V elaboratu smo podali tudi predlog za ukrepanje.

### Viri

- Bergant K. 2006. "Projekcije mesečnih povprečij temperature zraka, padavin in evapotranspiracije za devet krajev v Sloveniji za obdobje 1961–2100". Nova Gorica, Univerza v Novi Gorici, Center za raziskave atmosfere (osebni vir, julij 2006)
- Bergant K. 2007. Projekcije podnebnih sprememb za Slovenijo. V: Podnebne spremembe - vpliv na gozd in gozdarstvo. Jurc M. (ed.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 67-86
- Carletta J. 1996. Squibs and discussions: assessing agreement on classification tasks: the kappa statistic. *Computational Linguistics*, 22, 2: 249-254
- Geisser S. 1975. The predictive sample reuse method with applications. *Journal of the American Statistical Association*, 70, 350: 320-328
- Hendry S.J., Lonsdale D., Boddy L. 1998. Strip-cankering of beech (*Fagus sylvatica*): Pathology and distribution of symptomatic trees. *New Phytologist*, 140, 3: 549-565
- Iverson L.R., Prasad A.M. 2002. Potential redistribution of tree species habitat under five climate change scenarios in the eastern US. *Forest Ecology and Management*, 155: 205-222
- Jurc D., Ogris N., Jurc M. 2007. Gliva novčičasta biskonjoja (*Biscogniauxia nummularia*) povzroča pooglenitev navadne bukve (*Fagus sylvatica*) na Brkinih. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 14 f. str.
- Kowalski T. 1991. Oak decline: I. Fungi associated with various disease symptoms on overground protions of middle-aged and old oak (*Quercus robur* L.). *European journal of forest pathology*, 21 136-151
- Ogrin D. 1996. Podnebni tipi v Sloveniji. *Geografski vestnik*, 68: 39-56

- Ogris N., Hauptman T., Levanič T., Jurc D. 2009. Navadno ohmelje (*Loranthus europaeus*) je prizadelo graden na revnem rastišču na Dularjevem bregu pri Zidanem Mostu. Ljubljana, Poročevalska, diagnostična in prognostična služba za varstvo gozdov, Gozdarski inštitut Slovenije str.
- Ogris N., Jurc D. 2008. Suša je omogočila nekaterim endofitom in fakultativnim parazitom povzročiti poškodbe bukve na področju Reštanja, Bohor. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 5 f. str.
- Ogris N., Jurc D. 2010. Vzroki poškodovanosti črnega bora v Čepovanu. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Poročevalska, diagnostična in prognostična služba za varstvo gozdov: 7 str.
- Ogris N., Jurc M. 2010. Sanitary felling of Norway spruce due to spruce bark beetles in Slovenia: A model and projections for various climate change scenarios. *Ecological Modelling*, 221, 2: 290-302
- PMLVKP. 2006. Povprečna mesečna in letna vsota korigiranih padavin za obdobje 1971–2000: 12 mesečnih kart in 1 letna karta v digitalni rasterski obliki z ločljivostjo 1 km. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za meteorologijo str.
- PRETP. 2006. Povprečna referenčna evapotranspiracija za obdobje 1971–2000: 12 mesečnih kart in 1 letna karta v digitalni rasterski obliki z ločljivostjo 1 km. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za meteorologijo str.
- PTMP. 2006. Povprečna temperatura zraka za obdobje 1971–2000: 12 mesečnih kart in 1 letna karta v digitalni rasterski obliki z ločljivostjo 1 km. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za meteorologijo str.
- Quinlan J.R. 1993. C4.5: programs for machine learning. San Mateo, Morgan Kaufmann: 302 str.
- Sedlar I. 2009. Vzroki sušenja gradna (*Qercus petraea*) v krajevni enoti Adlešiči. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 53 str.
- Stone M. 1974. Cross-validators choice and assessment of statistical predictions. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 36, 2: 111-147
- Tresner H.D., Hayes J.A. 1971. Sodium chloride tolerance of terrestrial fungi. *Applied Microbiology*, 22, 2: 210-213
- Van Wagner C.E. 1987. Development and structure of the canadian forest fire weather index system. *Forestry Technical Report*, 35 1-37
- Van Wagner C.E., Stocks B.J., Lawson B.D., Alexander M.E., Lynham T.J., McAlpine R.S. 1992. Development and structure of the canadian forest fire behavior prediction system. *Information report, ST-X-3* 1-63
- Witten I.H., Frank E. 2005. *Data mining: practical machine learning tools and techniques*, 2<sup>nd</sup> edition. San Francisco, Morgan Kaufmann: 524 str.

### 3. Izkoriščanje dobljenih rezultatov:

- 3.1. Kakšen je potencialni pomen<sup>2</sup> rezultatov vašega raziskovalnega projekta za:
- a) odkritje novih znanstvenih spoznanj;
  - b) izpopolnitev oziroma razširitev metodološkega instrumentarija;
  - c) razvoj svojega temeljnega raziskovanja;
  - d) razvoj drugih temeljnih znanosti;
  - e) razvoj novih tehnologij in drugih razvojnih raziskav.
- 3.2. Označite s katerimi družbeno-ekonomskimi cilji (po metodologiji OECD-ja) sovpadajo rezultati vašega raziskovalnega projekta:
- a) razvoj kmetijstva, gozdarstva in ribolova - Vključuje RR, ki je v osnovi namenjen razvoju in podpori teh dejavnosti;
  - b) pospeševanje industrijskega razvoja - vključuje RR, ki v osnovi podpira razvoj industrije, vključno s proizvodnjo, gradbeništvo, prodajo na debelo in drobno, restavracijami in hoteli, bančništvom, zavarovalnicami in drugimi gospodarskimi dejavnostmi;
  - c) proizvodnja in racionalna izraba energije - vključuje RR-dejavnosti, ki so v funkciji dobave, proizvodnje, hranjenja in distribucije vseh oblik energije. V to skupino je treba vključiti tudi RR vodnih virov in nuklearne energije;
  - d) razvoj infrastrukture - Ta skupina vključuje dve podskupini:
    - transport in telekomunikacije - Vključen je RR, ki je usmerjen v izboljšavo in povečanje varnosti prometnih sistemov, vključno z varnostjo v prometu;
    - prostorsko planiranje mest in podeželja - Vključen je RR, ki se nanaša na skupno načrtovanje mest in podeželja, boljše pogoje bivanja in izboljšave v okolju;
  - e) nadzor in skrb za okolje - Vključuje RR, ki je usmerjen v ohranjanje fizičnega okolja. Zajema onesnaževanje zraka, voda, zemlje in spodnjih slojev, onesnaženje zaradi hrupa, odlaganja trdnih odpadkov in sevanja. Razdeljen je v dve skupini:
  - f) zdravstveno varstvo (z izjemo onesnaževanja) - Vključuje RR - programe, ki so usmerjeni v varstvo in izboljšanje človekovega zdravja;
  - g) družbeni razvoj in storitve - Vključuje RR, ki se nanaša na družbene in kulturne probleme;
  - h) splošni napredek znanja - Ta skupina zajema RR, ki prispeva k splošnemu napredku znanja in ga ne moremo pripisati določenim ciljem;
  - i) obramba - Vključuje RR, ki se v osnovi izvaja v vojaške namene, ne glede na njegovo vsebino, ali na možnost posredne civilne uporabe. Vključuje tudi varstvo (obrambo) pred naravnimi nesrečami.

---

<sup>2</sup> Označite lahko več odgovorov.

3.3. Kateri so **neposredni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

V zvezi s predvidenimi klimatskimi spremembami je bilo v projektu dokazano, da se spremembe zdravja gozdov v Sloveniji že dogajajo (odmiranje črnega gabra na Krasu). Raziskave pooglenitve bukve in modeliranje razvoja te bolezni je pokazalo izjemno velik potencialni vpliv bolezni na sestavo gozda. Smrekovi podlubniki so že doslej pomemben usmerjevalec razvoja gozdov in njihov vpliv bo, tudi zaradi asociacijskih gliv, v prihodnosti še odločilnejši. Rezultati projekta imajo zaradi opisanih ugotovitev velik vpliv na številne družbeno – ekonomske cilje.

3.4. Kakšni so lahko **dolgoročni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Rezultati ugotavljajo in dokazujejo pomen povišanih temperatur in suše na dogajanje v gozdnem ekosistemu. V skladu z modelnimi napovedmi klimatskih sprememb to pomeni povečevanje poškodb in škod v gozdovih v prihodnosti zaradi že prisotnih organizmov.

3.5. Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- a) v domačih znanstvenih krogih;
- b) v mednarodnih znanstvenih krogih;
- c) pri domačih uporabnikih;
- d) pri mednarodnih uporabnikih.

3.6. Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

Javna gozdarska služba (Zavod za gozdove Slovenije) uporablja rezultate pri varstvu, načrtovanju in gojenju gozdov.

3.7. Število diplomantov, magistrrov in doktorjev, ki so zaključili študij z vključenostjo v raziskovalni projekt?

1 doktorat (B. Piškur)  
3 diplomska dela (M. Vrhovnik, J. Kelenc, N. Habjan)

#### 4. Sodelovanje z tujimi partnerji:

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami.

1. prof. dr. Thomas Kirisits: Universität für Bodenkultur Wien, University of Natural Resources and Life Sciences, Dunaj  
2. D. Pavlic, M. J. Wingfield, Department of Microbiology and Plant Pathology, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute (FABI), Centre of Excellence in Tree Health

Biotechnology, Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of Pretoria, Pretoria 0002, Južna Afrika

3. B. Slippers: Department of Genetics, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute (FABI), Centre of Excellence in Tree Health Biotechnology, Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of Pretoria, Pretoria 0002, Južna Afrika

4. G. Maresi: FEM-IASMA, Centre for Technology Transfer, Via E. Mach 1, 38010 San Michele all'Adige, TN, Italija

#### 4.2. Kakšni so rezultati tovrstnega sodelovanja?

S skupnim delom smo opravili raziskavo in objavili prispevke (poleg tega načrtujemo še druge objave)

#### 5. Bibliografski rezultati<sup>3</sup> :

*Za vodjo projekta in ostale raziskovalce v projektni skupini priložite bibliografske izpise za obdobje zadnjih treh let iz COBISS-a) oz. za medicinske vede iz Inštituta za biomedicinsko informatiko. Na bibliografskih izpisih označite tista dela, ki so nastala v okviru pričujočega projekta.*

#### 6. Druge reference<sup>4</sup> vodje projekta in ostalih raziskovalcev, ki izhajajo iz raziskovalnega projekta:

- predstavitev na mednarodni konferenci v Torinu (ICPP; 2008)
- predavanje na seminarju hrvaškega društva za zaščito rastlin (Opatija; 2009)
- predavanje na 1. seminarju in delavnici iz varstva gozdov strokovni gozdarski javnosti (Ljubljana, 2010)
- organizacija seminarjev za strokovne delavce Zavoda za gozdove Slovenije (1× letno)
- opremljanje Laboratorija za varstvo gozdov z osnovno molekularno opremo

<sup>3</sup> Bibliografijo raziskovalcev si lahko natisnete sami iz spletne strani:<http://www.izum.si/>

<sup>4</sup> Navedite tudi druge raziskovalne rezultate iz obdobja financiranja vašega projekta, ki niso zajeti v bibliografske izpise, zlasti pa tiste, ki se nanašajo na prenos znanja in tehnologije.

Navedite tudi podatke o vseh javnih in drugih predstavitev projekta in njegovih rezultatov vključno s predstavitvami, ki so bile organizirane izključno za naročnika/naročnike projekta.