

# ZNAČILNOSTI ZARAŠČANJA NA OPUŠČENIH KMETIJSKIH ZEMLJIŠČIH V HALOZAH

## PATTERNS OF SUCCESSION ON ABANDONED AGRICULTURAL LAND IN HALOZE

Mateja COJZER<sup>1</sup>, Jurij DIACI<sup>2</sup>, Robert BRUS<sup>3</sup>

(1) Zavod za gozdove Slovenije, mateja.cojzer@zgs.si

(2) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, jurij.diaci@bf.uni-lj.si

(3) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, robert.brus@bf.uni-lj.si

### IZVLEČEK

Namen raziskave je bil preučiti značilnosti in potek zaraščanja z grmovnimi in drevesnimi vrstami na opuščeni kmetijski zemljiščih v Halozah. Ker se površine gozdov in zemljišč v zaraščanju iz desetletja v desetletje povečujejo, smo preučili trend njihovega naraščanja. Vegetacijsko sestavo na zemljiščih v zaraščanju smo primerjali z vegetacijsko sestavo mladih razvojnih faz gozda in na njihovi osnovi še strategije zaraščanja. Od leta 1985 do leta 2015 se je površina gozdov v Halozah povečala za 7,8 %. Ugotovili smo, da so se opuščena kmetijska zemljišča začela zaraščati z grmovnimi vrstami, z napredujočo sukcesijo sta se povečala število drevesnih vrst in gostota osebkov. Proces zaraščanja poteka prek stadijev »*Cornus sanguinea*« - »*Cornus sanguinea*« - »*Carpinus betulus*«. Pri obnovitvenih procesih v gozdu so že od začetka prevladovali drevesne vrste, z razvojem gozda se je gostota osebkov manjšala, število vrst pa se bistveno ni spreminjalo. Sukesijski razvoj vegetacije na zemljiščih v zaraščanju je progresiven ali napredujoč in poteka prek različnih stadijev od grmiščne h klimaksni vegetaciji. Končna vegetacijska stopnja vodi v obeh primerih v bukov gozd.

**Ključne besede:** Haloze, zaraščajoča se kmetijska zemljišča, sukcesijski procesi zaraščanja, vrstna sestava, gostota osebkov, Shannonov indeks pestrosti, pomembnost vrste, dominantne vrste

### ABSTRACT

The aim of the research was to study the characteristics and pathways of the successional development of shrubs and tree species on abandoned agricultural land in the Haloze region. Forests and abandoned lands have been increasing in this region for several decades. Thus, we studied the trends of this increase. We compared the species composition on abandoned land with that of forest in the young development phase. We also examined succession strategies on abandoned land. The forest area in the Haloze region increased by 7.8 % between 1985 and 2015. On abandoned agricultural land, succession begins with shrub species and continues with an increasing number of tree species along with an augmentation in tree density. The successional process proceeds through the *Cornus sanguinea* - *Cornus sanguinea* - *Carpinus betulus* stages. In the young development phases of the forest, tree species predominate from the beginning of succession, the density of individuals decreases during succession, and the number of species does not change significantly. The secondary succession pathway on abandoned land progresses through various stages from shrubs to climax vegetation. The final vegetation stage in both cases is beech forest.

**Key words:** species composition, dominant species, Importance Value, the Haloze region, abandoned agricultural land, old-field succession, density of individuals, Shannon's index

GDK 914(497.4Haloze)(045)=163.6

DOI 10.20315/ASetL.119.3

Prispelo / Received: 14. 5. 2019

Sprejeto / Accepted: 15. 7. 2019

## 1 UVOD

### 1 INTRODUCTION

V Evropi je prvo opazno zaraščanje kmetijskih zemljišč in s tem znatno povečanje deleža gozda dokumentirano po industrijski revoluciji, to je v začetku 19. stoletja, drugo pa po koncu druge svetovne vojne, ko se je začel trend zmanjševanja števila kmečkega prebivalstva (Baldock in sod., 1996; Gellrich in sod., 2007). Porast zaraščajočih se kmetijskih zemljišč je bil še zlasti opazen v gorskih predelih ter na območjih z neugodni-

mi razmerami za obdelovanje (Baldock in sod., 1996; MacDonald in sod., 2000; Rickebusch in sod., 2007). Kmetijska zemljišča se zaraščajo predvsem na opuščeni pašnikih, na zemljiščih s strmimi nagibi, z majhno proizvodno sposobnostjo zemljišč in nerazvito cestno infrastrukturo (MacDonald in sod., 2000; DLG, 2005; Kobler in sod., 2005). Vzroki za opuščanje rabe kmetijskih zemljišč so pogosto tudi majhna in razdrobljena posest, nizki dohodki od dela, premoženje lastnikov zemljišč, višina subvencij, ki jih kmetje dobivajo za ob-

delovanje zemlje, starost kmetov, vprašanje nasledstva in izobrazba kmetov (Baldock in sod., 1996).

V ZDA so se kmetijska zemljišča obširneje začela zaraščati po ameriški državljanski vojni (1865) (4-H Virtual Forest User's Guide, 2009). Proces zaraščanja na opuščenih kmetijskih zemljiščih (njivah) so poimenovali »old-field« succession (Bazzaz, 1975). Med prvimi sta sukcesijske procese in s tem potek zaraščanja na opuščenih kmetijskih zemljiščih začela preučevati Billings leta 1930 (1938) ter Oosting (1942).

V Sloveniji so zaraščanje začeli podrobneje preučevati konec 20. stoletja (npr. Mlinšek, 1968; Mlekuž, 1991; Golob in sod., 1994; Mirtič in Pirc, 1997; Cunder, 1998; Kobler, 2001; Kobler, 2002; Perpar, 2002; Borec in sod., 2004; Hočevnar in sod., 2004; Kozorog, 2004; Bricman, 2005; Kobler, 2005; Eler, 2007). Raziskovalci so se bolj ali manj ukvarjali z naravnimi in socioekonomskimi dejavniki, ki vplivajo na zaraščanje. V Sloveniji je zaraščanje opuščenih kmetijskih zemljišč odsev pospešene industrializacije in zapostavljanja razvoja kmetijstva, poleg tega je na zaraščanje močno vplivalo množično odseljevanje prebivalstva v drugi polovici prejšnjega stoletja (Cunder, 1998; Perpar, 2002).

V vzhodni Sloveniji so večino gozdov izkrčili za vinograde in pašnike že v srednjem veku (Cimperšek, 2008). Haloze lahko uvrščamo med območja, kjer so zaradi izrazite reliefne razčlenjenosti razmere za kmetovanje med najslabšimi v državi in kjer so glavni vzroki za opuščanje kmetijske pridelave podobni zlasti zahodnemu delu Slovenije. Zaradi negativnih trendov, ki vplivajo na zaraščanje, ni realnih možnosti, da bi se

v Halozah te površine ponovno uporabljale v kmetijske namene (Cojzer, 2011).

Zaraščanje je proces, ki nastane po prenehanju kmetijske rabe (paše, košnje, oranja) in poteka na opuščenih kmetijskih zemljiščih (FAO, 2006). Z zaraščanjem se začne proces naseljevanja vrst (Baldock in sod., 1996; Gellrich in sod., 2007), kar se kaže v spremembi vrstnega sestava ter v številu in razvrstitvi organizmov, ki naseljujejo določeno območje (Kimmins, 2004), pri tem procesu pa nastajajo nove združbe. Na opuščenih kmetijskih zemljiščih poteka sekundarni razvoj gozdnih fitocenoz v smeri potencialne naravne vegetacije (klimaksa) (Košir, 2001; Pueyo in Beguería, 2007). Razvoj praviloma poteka v več stadijih, ki so odvisni od medsebojnega delovanja med vegetacijo, tlemi ter lokalno sestojno klimo (Bazzaz, 1975; Pärtel in Zobel, 1995; Benabdellah in sod., 2003). Na območju Haloz podrobnejših tovrstnih raziskav do sedaj ni bilo narejenih. Namen naše raziskave je bil natančneje analizirati značilnosti zaraščanja in sukcesijskega razvoja na opuščenih kmetijskih zemljiščih (v nadaljevanju zemljišča v zaraščanju), ki so bila v preteklosti v uporabi kot travniki, pašniki ali vinogradi, ter jih primerjati z razvojem vegetacije pri procesu naravne obnove v gozdu.

## 2 OBMOČJE RAZISKAVE IN METODE DELA

### 2 STUDY AREA AND METHODS

#### 2.1 Območje raziskave

##### 2.1 Study area

Raziskovali smo na območju Haloz oziroma v GGE Rodni vrh (Gozdnogospodarski načrt za gozdnogo-



**Slika 1:** Območje raziskave in geografski položaj Haloz v Sloveniji

**Fig. 1:** The location of the study area and the geographical position of the Haloze region in Slovenia

spodarsko enoto Rodni vrh za obdobje 2004–2013, 2005a) in GGE Vzhodne Haloze (Gozdnogospodarski načrt za gozdnogospodarsko enoto Vzhodne Haloze za obdobje 2005–2014, 2005b). Haloze ležijo na severovzhodu Slovenije. GGE Rodni vrh leži v osrednjem delu haloškega gričevja in obsega del zahodnih Haloz, del Dravinjskih goric (Savinsko) in del Dravinjske doline (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005a). GGE Vzhodne Haloze obsega svet nizkih goric, ki ga imenujemo tudi Vinorodne Haloze (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005b).

Gričevnata pokrajina Haloz je močno razčlenjena in strma (slika 2). Absolutne nadmorske višine Haloz se gibljejo med 200 in 568 metri. Samo 13 % površin ima nagibe pod 30 %, 67 % površin ima nagibe od 30 % do 50 % in 20 % površin nad 50 % (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005a, 2005b).

Za Haloze je značilno subpanonsko podnebje (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005a, 2005b). Povprečna letna temperatura zraka, izmerjena na obravnavanem območju (meteorološka postaja Turški vrh, 280 m nm.v.) za obdobje od 1980 do 2012 (WebMet, 2013), je 10,5 °C. Letno povprečje padavin (meteorološka postaja Cirkulane, 241 m nm.v.) za obdobje od 1980 do 2012 (WebMet, 2013) je 1024 mm/m<sup>2</sup> in narašča od vzhoda proti zahodu.

Petrografska podlago v Halozah v pretežni meri tvorijo terciarni laporji in peščenjaki, med gradom Borlom in Zavrčem se pojavlja litotamnijski apnenec, dolinska dna številnih haloških potokov pa prekrivajo ilovnato peščene naplavine (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005a, 2005b). V Halozah so se, odvisno od petro-

grafske podlage, razvila evtrična do distrična rjava tla, rendzine, rankerji ter pseudogleji (Tla Slovenije, 2015). Haloze ležijo v predpanonskem obrobju preddinarskega fitoklimatskega teritorija (Košir, 1994). Obravnavano območje poraščajo bukovi in hrastovo gabrovi gozdovi (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005a, 2005b).

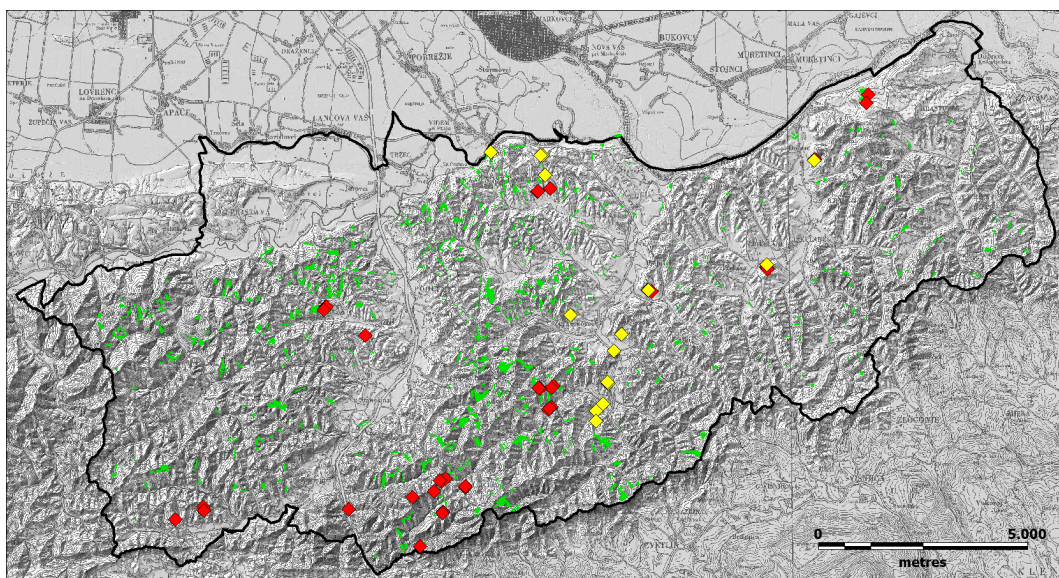
Raziskava je potekala na bukovih rastiščih, ki smo jih v skladu s Tipologijo gozdnih rastišč Slovenije na podlagi ekoloških in vegetacijskih razmer za potrebe usmerjanja razvoja gozdov (Kutnar in sod., 2012) uvrstili v predpanonsko podgorsko bukovje.

Bukovi gozdovi v nižinah prehajajo v hrastovo-gabrove gozdove (Košir, 1994) oz. predpanonsko gradnovo belogabrovje (Kutnar in sod., 2012). Vrstna sestava bukovega gozda vsebuje več vrst iz hrastovo-gabrovega gozda (Košir, 1979). V značilni rastlinski kombinaciji prevladujejo navadna bukev, graden, navadni beli gaber, evropski pravi kostanj in gorski javor. Grmovni sloj v celoti gradi pomladek drevesnih vrst, predvsem navadne bukve in navadnega belega gabra.

## 2.2 Metode dela

### 2.2 Methods

Za preučevanje vegetacijskih sprememb smo uporabili metodo kronosekvenc (ang.: *space-for-time substitution*) oziroma zamenjave časa s prostorom (Bard, 1952). Pri tej metodi se v istem časovnem obdobju v podobnem okolju oziroma na podobnih rastiščih spremlja vegetacijo različne starosti na različnih lokacijah (npr. različne stadije sukcesije) (Pickett in Kolasa, 1989; Bazzaz, 1996; Bonet in Pausas, 2004). Metoda kronosekvenc je manj natančna od metode trajnih plo-



**Slika 2:** Območje raziskave z vrisanimi ploskvami. Ploskve, označene z rdečo barvo, pripadajo zemljiščem v zaraščanju, z rumeno barvo ploskvam v gozdu, zeleno so obarvana zemljišča v zaraščanju (ZGS, 2005).

**Fig. 2:** The location of the study area with plots. Plots marked in red represent abandoned land, and plots marked in yellow represent forest land. Areas of abandoned land are shown in green (ZGS, 2005).

skeve, saj že majhne rastiščne razlike lahko povzročijo spremembe v vrstni sestavi.

Lokacije ploskev so bile tako za zemljišča v zaraščanju kot tudi za gozd izbrane na podlagi digitalnih ortofoto posnetkov, v merilu 1:5000, znotraj obdobja cikličnih snemanj 1995–2005 ter na podlagi sestojne baze podatkov za gozdnogospodarska načrta GGE Rodni vrh (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005a) in GGE Vzhodne Haloze (Gozdnogospodarski načrt ..., 2005b). Vse ploskve so bile orientirane v smeri sever–jug.

V raziskavi smo kot zemljišča v zaraščanju obravnavali opuščena kmetijska zemljišča, ki se, glede na opustitev rabe zemljišč največ zadnjih 20 let, niso uporabljala v kmetijske namene (travniki, pašniki, vinogradi).

Kriteriji za izbor ploskev so bili v obeh primerih:

- velikost: na zemljiščih v zaraščanju 20 m × 20 m in v gozdu 10 m × 20 m;
- oblika (kvadrat oz. pravokotnik), ter
- razvojna faza (razvojna stopnja, v kateri je bil sestoj, to so mladje, gošča in letvenjak).

Kot mladje smo definirali mlad sestoj, ki traja od samega nastanka, to je od vznika (klice) pa do časa, ko se prično osebki drevesnih in grmovnih vrst med seboj dotikati, vendar krošnje še niso sklenjene (Leibundgut, 1996). Med mladje smo tako zajeli osebkke (tudi klice) drevesnih in grmovnih vrst, ki pripadajo zeliščnemu sloju, ter osebkke drevesnih in grmovnih vrst, ki presegajo višino zeliščnega sloja do višine 1,3 m. Mladje preraste v goščo, ko se krošnje mladih dreves sklenejo, to je pri višini 1,3 do 1,8 m. Faza gošče traja do začetka odmiranja spodnjih vej (Leibundgut, 1996). Gošča preraste v letvenjak, ko zaradi pomanjkanja svetlobe spodnje veje odmrejo do višine človeka in je začetek žive krošnje v človekovi višini (Leibundgut, 1996). Trajanje letvenjaka je odvisno od prsnega premera. Le-ta mora biti manjši od 10 cm.

Pri izboru ploskev v gozdu smo, poleg naštetih kriterijev (velikost, oblika, razvojna faza), upoštevali še, da so pomladitvene površine nastale s sečnjo oz. pomladitvenim posekom v odraslem gozdu pred letom 2005 in v velikosti manjših vrzeli (do 0,09 ha) ter da je na ploskvah uspeval izključno pomladek, ki je nastal z naravnim pomlajevanjem.

Večino popisov smo opravili v času od začetka avgusta do konca oktobra leta 2006, del popisov pa v septembru 2007.

Vegetacijske popise dendroflora smo opravili na 52 ploskvah, in sicer ločeno na zemljiščih v zaraščanju ter v gozdu (slika 2). Na zemljiščih v zaraščanju smo popisali 37 ploskev: v razvojni fazi mladje 5 ploskev, v gošči 15 ploskev in v letvenjaku 17 ploskev. V gozdu smo v

analizo vključili 15 ploskev: v vsaki razvojni fazi smo tako popisali po 5 ploskev.

Vegetacijske popise dendroflora smo opravili na podlagi štetja osebkov (tudi pomladka v zeliščni plasti) na ploskvah. Za vsako ploskev posebej smo izračunali število vrst (drevesnih in grmovnih) (vrstni sestav) ter gostoto (število osebkov posamezne vrste) ter to preračunali na ha. Osnovni kazalec absolutne gostote sestoja (v nadaljevanju gostota) je število dreves oz. osebkov ( $N$ ) na enoto površine (ha) (Kotar, 2005). Število dreves je odvisno od starosti sestoja, drevesne vrste, proizvodne sposobnosti rastišča in od zgradbe sestoja. Z rastjo sestoja se oblikujejo plasti sestoja (Kotar, 2005). Rast gozdnega sestoja je tesno povezana s procesom naravnega izločanja dreves (Kotar, 1996).

Parametre diverzitete smo izračunali za vsako ploskev posebej glede na dejansko število osebkov na ha s Shannonovim (Shannon, 1948) diverzitetnim indeksom.

Shannonov diverzitetni indeks ( $H'$ ) (Shannon, 1948):

$$H' = -\sum_{i=1}^S (p_i \cdot \ln p_i) \quad \dots (1)$$

pri čemer je  $p_i = N_i/N$ ; in  $N = \sum N_i$ , če je  $i = 1$  in gre do  $S$ , ali kjer so  $p_1, p_2, \dots, p_p$  relativna obilja (abundance) posameznih rastlinskih vrst.

Z grafom smo predstavili povezanost vrstne pestrosti oziroma vrednosti Shannonovega indeksa ( $H'$ ) z leti opustitve rabe zemljišč na preučevanih ploskvah. Starost (v letih) opustitve rabe smo dobili s štetjem letnic na posekanem najstarejšem konkurentu na ploskvi (Cojzer, 2011).

Za preučevanje sukcesijskih poti zaraščanja smo določili dominantne (vodilne, prevladujoče) vrste. Dominantne vrste so glavne graditeljice sukcesijskih poti na zemljiščih v zaraščanju in procesov naravne obnove v gozdu (Johnson in Skousen, 1990). Dominantne vrste so tiste drevesne in grmovne vrste, ki glede na gostoto osebkov, pogostnost in prevlado pojavljanja prevladujejo v posameznih sukcesijskih stadijih. Določili smo jih za vsako razvojno fazo posebej ter ločeno za zemljišča v zaraščanju in za gozd.

Za vsako vrsto posebej smo izračunali vrednost pomembnosti vrste (ang.: *Importance Value (IV)*) (Curtis in McIntosh, 1951; Kent in Coker, 1992).

Pomembnost vrste ( $IV$ ) je merilo za pomembnost določene vrste v združbi. Določeno je z vsoto relativne gostote, relativne pogostnosti in relativne prevlade vrste v skupnosti. Izračuna se za vsako vrsto posebej

po naslednji formuli (Curtis in McIntosh, 1951; Kent in Coker, 1992):

$$IV = Rden + Rfre + Rdom \quad \dots (2)$$

pri čemer je:

*Rden*... relativna gostota,

*Rfre*... relativna pogostnost, in

*Rdom*... relativna prevlada.

Relativna gostota je razmerje med številom osebkov določene vrste in številom vseh osebkov, npr. na poskusnih ploskvah.

$$Rden = \frac{\text{število osebkov določene vrste}}{\text{število vseh osebkov}} \times 100 \quad \dots (3)$$

Pogostnost ali frekvenca je pogostost pojavljanja neke vrste, npr. na poskusnih ploskvah.

$$Rfre = \frac{\text{število ploskev, na katerih se določena vrsta pojavlja}}{\text{število vseh ploskev}} \times 100 \quad \dots (4)$$

Prevlada ali dominanca izraža obseg prevlade določene vrste v rastlinski združbi zaradi njene velikosti, pogostosti in pokrovnosti.

$$Rdom = \frac{\text{prevlada določene vrste}}{\text{prevlada vseh vrst}} \times 100 \quad \dots (5)$$

Vsota vseh relativnih vrednosti daje vrednost pomembnosti vrste (*IV*). Skupna vsota *IV* vseh vrst je 300

(100 + 100 + 100). Drevesne in grmovne vrste smo glede na pomembnost vrste razvrstili od največje vrednosti do najmanjše. Večjo vrednost *IV* ima vrsta, bolj pomembna je za določeni stadij.

Za prostorsko obdelavo podatkov smo uporabljali programsko orodje MapInfo v. 8,5, za osnovne statistične analize podatkov pa Excel 2007. Pri statistični obdelavi podatkov smo uporabljali programsko orodje Statgraphics Plus for Windows.

### 3 REZULTATI IN RAZPRAVA

#### 3 RESULTS AND DISCUSSION

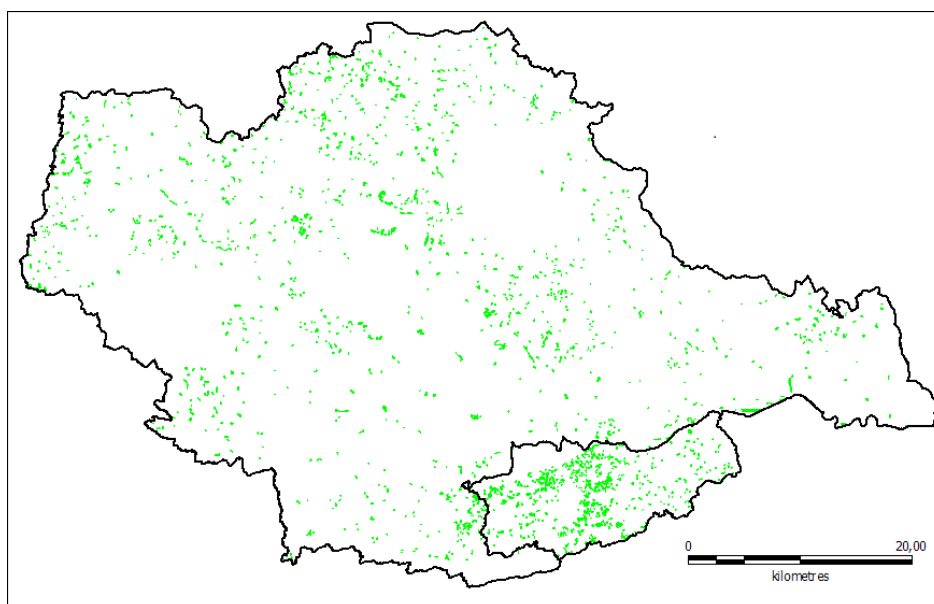
##### 3.1 Površina zemljišč v zaraščanju in gozdov

##### 3.1 The share of abandoned land and forest area

Na OE Maribor je bilo po podatkih ZGS (ZGS, 2010) leta 2010 evidentiranih 96.790,57 ha gozdov in 1.423,71 ha zemljišč v zaraščanju (slika 3). Največja gostota zemljišč v zaraščanju je bila prav na območju Haloz.

Z zadnjo obnovo gozdnogospodarskih načrtov gozdnogospodarske enote (v nadaljevanju GGE) Rodni vrh (Gozdnogospodarski načrt ..., 2015a) in GGE Vzhodne Haloze (Gozdnogospodarski načrt ..., 2015b) je bilo v teh dveh GGE skupaj evidentiranih 565,46 ha zemljišč v zaraščanju. V zadnjih desetih letih se je površina takšnih zemljišč povečala za 38,9 %. Po podatkih ZGS iz leta 2005 pa je bilo v teh dveh GGE skupaj evidentiranih 407,12 ha zemljišč v zaraščanju (slika 3), kar je pomenilo 28,6 % vseh zemljišč v zaraščanju na OE Maribor.

V preglednici 1 je prikazano spreminjanje površine gozdov na obravnavanem območju Haloz v obdobju od 1985 do 2015 (Gozdnogospodarski načrt ..., 2015a,



**Slika 3:** Zemljišča v zaraščanju na OE Maribor, povzeto po podatkih ZGS (ZGS, 2010)

**Fig. 3:** Areas of abandoned land in the Maribor Forest Management Region according to data from the Information System of Slovenian Forest Service (ZGS, 2010)

**Preglednica 1:** Spreminjanje površine gozdov v Halozah v obdobju od 1985 do 2015 (Gozdnogospodarski načrt ..., 2015a, 2015b)

Leto Year	Površina gozdov Forest area (ha)	Gozdnatost Forest cover (%)	Indeks Index (%)
1985	6.916,70	39,5	100,0
1995	7.064,75	40,3	102,1
2005	7.396,37	42,2	106,9
2015	7.453,10	42,6	107,8

**Table 1:** Changes in the forest area in Haloze during the period from 1985 to 2015 (Gozdnogospodarski načrt ..., 2015a, 2015b)

2015b). V tridesetih letih se je površina gozdov povečala za 7,8 %.

### 3.2 Primerjava vegetacijske sestave dendroflоре med zemljišči v zaraščanju in mladimi razvojnimi fazami gozda

#### 3.2 Comparison between species composition on abandoned land and young forest stands

V raziskavi smo podrobneje preučevali proces zaraščanja na opuščeni kmetijskih zemljiščih v Halozah ter ga primerjali s procesom naravne obnove v gozdu. Za odkrivanje sukcesijskih poti zaraščanja in obnovitvenih procesov v gozdu je potrebno poznavanje vegetacijske sestave. Vegetacija se skozi čas spreminja, spremembe, ki nastajajo, pa najlaže ugotavljamo v spreminjanju vrstnega sestava in zgradbe gozda glede na razvojne faze. V ta namen smo analizirali vegetacijsko sestavo dendroflоре na zemljiščih v zaraščanju in v gozdu.

Na zemljiščih v zaraščanju smo na 37 ploskvah evidentirali 46 vrst, od tega 32 drevesnih in 14 grmovnih. V gozdu smo na 15 ploskvah evidentirali 35 vrst, od tega 24 drevesnih in 11 grmovnih. V prilogi 1 so prikazane drevesne in grmovne vrste po obravnavanjih, prav tako smo v njej podali slovenska in latinska imena taksonov<sup>1</sup> ter okrajšave.

Na zemljiščih v zaraščanju je bilo razmerje med drevesnimi in grmovnimi vrstami 65 % : 35 %, v gozdu pa 77 % : 23 %. V povprečju je bilo na zemljiščih v zaraščanju evidentiranih več vrst (drevesnih in grmovnih skupaj) kot pa v gozdu (preglednica 2), vendar smo s statističnimi analizami ugotovili, da se števili statistično ne razlikujeta ( $t = -1,020$ ;  $p = 0,312$ ). V drevesni sestavi med zemljišči v zaraščanju in gozdom nismo odkrili značilnih razlik ( $t = 0,580$ ;  $p = 0,564$ ), čeprav je več drevesnih vrst bilo v povprečju evidentiranih v gozdu (preglednica 2). Smo pa odkrili značilne razlike v grmovni sestavi ( $t = -3,099$ ;  $p = 0,003$ ), kjer je bilo v povprečju več grmovnih vrst evidentiranih na zemlji-

ščih v zaraščanju (preglednica 2). Naše ugotovitve se ujemajo z drugimi tovrstnimi raziskavami, ki dokazujejo, da so opuščena kmetijska zemljišča v tej zgodnji fazi razvoja poraščena večinoma z grmovnimi vrstami (Kricher, 1998; Harmer in sod., 2001; Saïd, 2001; Korzeniak, 2005), vrstna pestrost pa na začetku sukcesijskega razvoja narašča. Raziskave na Korziki (Saïd, 2001) so pokazale, da je število grmovnih vrst največje po 15 letih od prve nasemenitve grmovnih vrst.

Ker je analiziranje sestave dendroflоре samo na nivoju dveh obravnavanj (Z - zemljišča v zaraščanju in G - gozd) premalo podrobno, smo vegetacijsko sestavo znotraj njiju analizirali še na nivoju razvojnih faz.

Vrstna sestava, število vrst in gostota osebkov se skozi razvoj vegetacije spreminjajo. Proces naravne obnove v gozdu se z vidika spreminjanja vegetacijske sestave razlikuje od procesa zaraščanja na opuščeni kmetijskih zemljiščih. Njune razvojne poti se na začetku procesov razlikujejo, kasneje pa si vse bolj postajajo podobne. Na zemljiščih v zaraščanju smo v raziskavo zajeli samo mlade razvojne faze in jih opredelili kot začetne stadije v progresivnem razvoju sekundarne sukcesije (Kimmins, 2004).

Pri preučevanju razlik v sestavi dendroflоре po razvojnih fazah med zemljišči v zaraščanju in gozdom smo potrdili, da se obravnavanja značilno razlikujejo tako v povprečnem številu drevesnih vrst na ploskev ( $F = 5,33$ ;  $p = 0,001$ ) kot tudi grmovnih vrst na ploskev ( $F = 3,22$ ;  $p = 0,014$ ) (preglednica 2). Na zemljiščih v zaraščanju se število drevesnih vrst s staranjem razvojnih faz značilno povečuje ( $F = 9,82$ ;  $p = 0,000$ ) (preglednica 2), medtem ko se število grmovnih vrst sprva še povečuje, potem pa se začne zmanjševati ( $F = 0,65$ ;  $p = 0,530$ ). Po opustitvi rabe zemljišč se najprej naselijo grmovne vrste (Baldock in sod., 1996; Gellrich in sod., 2007), nato pa se začnejo mednje vraščati pionirske drevesne vrste (Pärtel in Zobel, 1995; Kricher, 1998), ki jih sčasoma prerastejo. Podobno kot pri drugih študijah (Kricher, 1998) se je tudi v tej raziskavi pokazalo, da se število drevesnih vrst na začetku sukcesijskega razvoja povečuje, število grmovnih vrst

<sup>1</sup> Vso nomenklaturu praprotnic in cvetnic smo povzeli po Mali flori Slovenije (Martinčič in sod., 2007). V besedilu ne navajamo imen avtorjev posameznih taksonov.

**Preglednica 2:** Povprečno število (pN) drevesnih (dv) in grmovnih (gv) vrst po razvojnih fazah (RF), ločeno za zemljišče v zaraščanju (Z) in gozd (G), ter Shannonov indeks pestrosti ( $H'$ ). V oklepaju so podane vrednosti za standardno napako (SD).

Obravnavanje Treatment	RF DP	Število ploskev Number of plots	pN skupaj (SD) mN total (SD)	pNdV (SD) mNts (SD)	pNgv (SD) mNss (SD)	$H'$
Z AL	mladje young growth	5	7,8 (3,1)	3,2 (1,9)	4,6 (1,5)	0,978 (0,384)
	gošča thicket	15	14,5 (2,8)	9,2 (2,1)	5,3 (2,1)	1,514 (0,438)
	letvenjak pole stand	17	14,7 (5,4)	10,3 (4,1)	4,4 (2,4)	1,576 (0,625)
<b>Skupaj Z Total AL</b>		37	13,7 (4,7)	8,9 (3,9)	4,8 (2,1)	1,470 (0,551)
G F	mladje young growth	5	11,2 (3,1)	9,4 (2,1)	1,8 (1,3)	1,144 (0,698)
	gošča thicket	5	13,8 (2,9)	11,6 (3,4)	2,2 (1,3)	1,637 (0,368)
	letvenjak pole stand	5	12,0 (2,5)	7,6 (1,7)	4,4 (2,3)	1,516 (0,660)
<b>Skupaj G Total F</b>		15	12,3 (2,9)	9,5 (2,9)	2,8 (2,0)	1,432 (0,591)

**Table 2:** The mean number (mN) of tree (ts) and shrub (ss) species individuals per ha according to developmental phases (DP) and separately for abandoned land (AL) and forest (F), and Shannon's index ( $H'$ ). Standard deviation is shown in brackets (SD).

pa se v začetnih stadijih razvoja sprva povečuje, potem pa začne upadati.

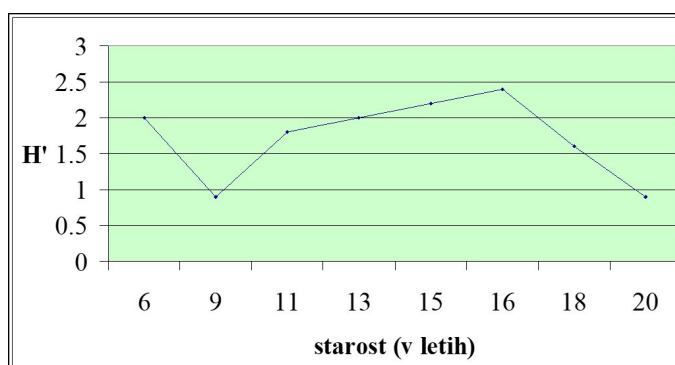
V gozdu se povprečno število drevesnih vrst s staranjem razvojnih faz bistveno ne spreminja ( $F = 3,19$ ;  $p = 0,078$ ), se pa s staranjem razvojnih faz neznačilno povečuje povprečno število grmovnih vrst ( $F = 3,38$ ;  $p = 0,068$ ) (preglednica 2). Po pomladitvenem poseku v odraslem gozdu se na ogolele površine nasemenijo tako pionirske kot druge vrste, ki rastejo v neposredni okolici, med njimi tudi klimaksne. Tako je že v začetku sukcesijskega razvoja pionirskega gozda pestrost drevesnih vrst velika in se v naslednjih letih še povečuje. Ko pionirske drevesne vrste v boju za obstanek začnejo izgubljati proti drugim vrstam, se začne manjšati tudi vrstna pestrost.

Glede na dejansko število osebkov na ha posameznih drevesnih in grmovnih vrst smo izračunali Shannonov indeks pestrosti ( $H'$ ). Največji Shannonov indeks imajo vrstno pestre ploskve, kjer ima vsaka od vrst približno enako število osebkov. Med Shannonovimi indeksi za obravnavanje gozd in zemljišča v zaraščanju nismo odkrili značilnih razlik ( $F = 0,05$ ;  $p = 0,824$ ). V povprečju je imelo nekoliko večjo vrednost  $H'$  obravnavanje zemljišča v zaraščanju, ki je znašalo 1,470 (0,551), za obravnavanje gozd pa je znašalo 1,432 (0,591) (preglednica 2).

S Shannonovim indeksom pestrosti ( $H'$ ) je bila največja pestrost zabeležena v fazi gošče v gozdu, najmanjša pa v fazi mladja na zemljiščih v zaraščanju (preglednica 2). Vrstna pestrost je največja v tistem stadiju, kjer uspevajo svetloljubne in sencozdržne vr-

ste hkrati (Bazzaz, 1975). Na zemljiščih v zaraščanju vrstna pestrost s staranjem razvojnih faz (neznačilno) narašča ( $F = 2,56$ ;  $p = 0,092$ ), kar je v skladu s teorijo (Whittaker, 1972), da vrstna pestrost narašča z napredujočo sukcesijo, vendar pa največje vrednosti ne dosega v klimaksnih združbah. Tudi študije drugih avtorjev, ki so bile opravljene na opuščeni kmetijskih zemljiščih (Margalef, 1963; Odum, 1969), zagovarjajo tezo, da vrstna pestrost s sukcesijo v začetnih fazah razvoja narašča.

Slika 4 prikazuje, kako se z leti opustitve rabe zemljišč povečuje vrstna pestrost na zemljiščih v zaraščanju v Halozah. V prvih šestih letih naraste, nato nekoliko pade, v letih od 9 do 16 ponovno hitro narašča, potem pa začne ponovno padati. Naše ugotovitve se ujemajo z ugotovitvami drugih avtorjev (Auclair in Goff, 1971; Whittaker, 1972; Horn, 1974; Bazzaz, 1975, 1996), da vrstna pestrost na mezofilnih rastiščih, kamor uvrščamo tudi preučevana rastišča Haloz, v začetku do približno 15 let po prekinitvi obdelovanja hitro narašča, ko se začno uveljavljati drevesne vrste, še nekoliko naraste, okrog dvajset let po opustitvi kmetijske rabe pa se začne vrstna pestrost zmanjševati, kar se nadaljuje tudi v poznejših sukcesijskih stadijih oziroma, da je vrstna pestrost večja v vmesnih kot v kasnejših (klimaksnih) fazah. V večini primerov so tudi sicer najbolj vrstno pestre združbe, ki uspevajo v mezofilnih razmerah, oziroma na teh rastiščih vrstna pestrost hitro naraste (Whittaker, 1972), nato pa začne padati, medtem ko se na sušnih rastiščih skozi čas povečuje (Auclair in Goff, 1971).



**Slika 4:** Povezava med vrstno pestrostjo ( $H'$ ) in starostjo na zemljiščih v zaraščanju v Halozah

**Fig. 4:** Relationship between species richness ( $H'$ ) and succession on abandoned land in the Haloze region

### 3.3 Razlike v gostoti osebkov drevesnih in grmovnih vrst med zemljišči v zaraščanju in mladimi razvojnimi fazami gozda

#### 3.3 Differences in the density of tree and shrub species individuals between abandoned land and young forest stands

Gostota oz. število osebkov na ha je pomemben kazalnik pri preučevanju vegetacijske sestave. Medtem ko so v gozdu povsem prevladovali osebki drevesnih vrst (91,5 %) in so grmovne vrste sestavljale le manjši delež (8,5 %), je bilo na zemljiščih v zaraščanju razmerje bolj uravnoteženo (preglednica 3). Osebki drevesnih vrst so sestavljali 50,5 %, osebki grmovnih vrst pa 49,5% delež.

Iz preglednice 3 je razvidno, da je gostota osebkov v gozdu nekoliko večja kot pa na zemljiščih v zaraščanju (23.906,3 vs 19.447,2), vendar se obravnavanji značilno ne razlikujeta ( $t = 1,352$ ;  $p = 0,183$ ). Gostota osebkov drevesnih vrst je v gozdu dvakrat večja kot pa na zemljiščih v zaraščanju ( $t = 3,509$ ;  $p = 0,001$ ). Obratno

razmerje je pri grmovnih vrstah, kjer je na zemljiščih v zaraščanju gostota osebkov grmovnih vrst mnogo večja od gostote osebkov v gozdu ( $t = -3,913$ ;  $p = 0,000$ ). V obeh primerih se obravnavanji značilno razlikujeta.

Skupna gostota osebkov se na zaraščajočih se površinah iz mlajših v starejše razvojne faze neznačilno povečuje ( $F = 0,33$ ;  $p = 0,723$ ) (preglednica 3). V fazi mladja se na zemljiščih v zaraščanju obilneje pojavljajo grmovne vrste, delež osebkov drevesnih vrst je majhen, najštevilčnejša vrsta je rdeči dren. V fazi gošče še vedno prevladujejo grmovne vrste, njihov delež se počasi manjša v korist drevesnih vrst. Po številčnosti še vedno prevladuje rdeči dren. V fazi letvenjaka, glede na številčnost, drevesne vrste že prevladujejo nad grmovnimi. Najobilneje se pojavlja navadni beli gaber. Obraten trend smo zaznali v gozdu, kjer se gostota osebkov iz mlajših v starejše razvojne faze neznačilno zmanjšuje ( $F = 2,22$ ;  $p = 0,152$ ) (preglednica 3). V fazi mladja se v gozdu obilneje pojavljajo drevesne vrste, delež grmov-

**Preglednica 3:** Število osebkov (N) drevesnih (dv) in grmovnih (gv) vrst na ha po razvojnih fazah (RF), ločeno za zemljišče v zaraščanju (Z) in gozd (G). V oklepaju so podane vrednosti za standardno napako (SD).

**Table 3:** The number (N) of tree (ts) and shrub (ss) species individuals per ha according to developmental phases (DP) and separately for abandoned land (AL) and forest (F). Standard deviation is shown in brackets (SD).

Obravnavanje Treatment	RF DP	Število ploskev Number of plots	N/ha skupaj (SD) N/ha total (SD)	Ndv (SD) Nts (SD)	Ngv (SD) Nss (SD)
Z AL	mladje young growth	5	16.277,0 (9.035,6)	919,0 (818,9)	15.358,0 (9.311,8)
	gošča thicket	15	19.612,0 (7.539,9)	8.622,7 (7.176,3)	10.989,3 (7.009,7)
	letvenjak pole stand	17	20.234,1 (11.309,8)	13.491,5 (11.033,1)	6.742,6 (5.961,6)
<b>Skupaj Z Total AL</b>		37	19.447,2 (9.472,5)	9.818,7 (9.600,5)	9.628,5 (7.335,0)
G F	mladje young growth	5	33.087,0 (17.962,5)	32.070,0 (18.385,8)	1.017,0 (1.570,3)
	gošča thicket	5	21.842,0 (7.826,2)	18.692,0 (10.600,9)	3.150,0 (3.169,6)
	letvenjak pole stand	5	16.790,0 (9.322,8)	14.870,0 (9.591,3)	1.920,0 (1.925,4)
<b>Skupaj G Total (F)</b>		15	23.906,3 (13.573,1)	21.877,3 (14.602,7)	2.029,0 (2.335,1)

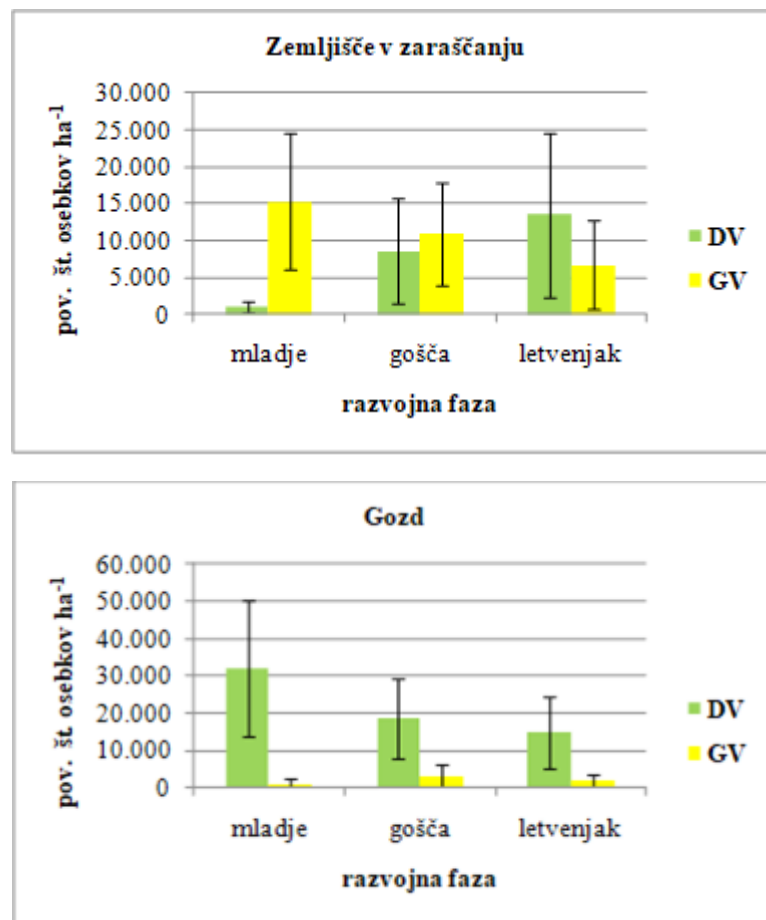


nih vrst je majhen. V mladju prevladuje navadna bukev. V fazi gošče v gozdu po gostoti osebkov še vedno prevladujejo drevesne vrste, njihov delež je v tej fazi najmanjši, delež grmovnih vrst pa je nekoliko narasel. Prevladuje še vedno navadna bukev, čeprav se je njen delež zmanjšal skoraj za polovico. V fazi letvenjaka v gozdu še vedno močno prevladujejo drevesne vrste, katerih delež je sedaj spet nekoliko narasel. Najobilneje se pojavlja navadni beli gaber. Gostota osebkov drevesnih in grmovnih vrst se skozi razvojne faze oz. obravnavanja spreminja. Gostota osebkov drevesnih vrst se na zaraščajočih se površinah iz mlajših v starejše razvojne faze značilno povečuje ( $F = 4,12$ ;  $p = 0,025$ ), v gozdu pa neznatno manjša ( $F = 2,26$ ;  $p = 0,147$ ) (preglednica 3). Obratno se gostota grmovnih vrst na zemljiščih v zaraščanju s staranjem razvojnih faz značilno zmanjšuje ( $F = 3,54$ ;  $p = 0,040$ ), v gozdu pa nekoliko naraste iz faze mladja v fazo gošče, nato pa se ponovno zmanjša ( $F = 1,06$ ;  $p = 0,377$ ) (preglednica 3).

Najmanjšo gostoto drevesnih vrst smo v povprečju evidentirali v fazi mladja na zemljiščih v zaraščanju, največjo gostoto pa v fazi mladja v gozdu (slika 5). V fazi gošče je na zemljiščih v zaraščanju gostota dreve-

snih vrst za dvakrat manjša kot pa v gozdu, medtem ko se v fazi letvenjaka razmerje že skoraj izenači. V gozdu poteka najmočnejše izločanje v fazi mladja in gošče (Kotar, 2005). S starostjo upada število dreves, kar je posledica naravne mortalitete ter gozdnogojitvenih ukrepov (Kotar, 2005). Kot vidimo, se pojavljata dva ekstrema, obakrat v fazi mladja. Prvi je na zemljiščih v zaraščanju, kjer se v fazi mladja začenejo sukcesijske poti z grmovnimi vrstami, drugi pa v gozdu, kjer se v fazi mladja začne proces naravne obnove z drevesnimi vrstami. V fazi letvenjaka, ki je nekje na koncu inicialne faze in na začetku vmesne, je gostota osebkov že veliko bolj izenačena (slika 5). V tej fazi se sukcesijski stadiji stekajo ali konvergirajo (Bazzaz, 1996; Sarmiento in sod., 2003). Razvoj poteka proti bukovim gozdovom.

Za zemljišča v zaraščanju veljajo v poteku razvoja vegetacije drugačne zakonitosti kot pri naravni obnovi gozda. Na zemljiščih v zaraščanju se v začetnih stadijih v procesu sekundarne sukcesije število osebkov povečuje (Odum, 1969; Whittaker, 1975; Glenn-Lewin in van der Maarel, 1992), medtem ko se v gozdu zmanjšuje (Leibundgut, 1996).



**Slika 5:** Gostota osebkov drevesnih (DV) in grmovnih vrst (GV) po razvojnih fazah, ločeno za zemljišče v zaraščanju in gozd

**Fig. 5:** The density of tree (DV) and shrub species (GV) individuals according to developmental phases and separately for abandoned land and forest

Na območju Haloz prevladujejo bukovi gozdovi, ki so v skladu z rastiščnimi tipi Slovenije opredeljeni kot predpanonsko podgorsko bukovje (Kutnar in sod., 2012), le-ti v dolinskih predelih prehajajo v hrastovogabrov gozd oz. v predpanonsko gradnovo belogabrovje (Kutnar in sod., 2012). Ker se bukova in gabrova rastišča pogosto prepletajo, ne moremo potegniti ostre meje, prav tako zaradi prepletanja rastišč prehajajo tudi drevesne vrste, ključni dejavnik pri razvoju gozdov so človekovi vplivi. Naše ugotovitve v raziskavi se glede vloge navadne bukve in navadnega belega gabra pri pomlajevanju in v vrstni sestavi v mladih razvojnih fazah v gozdu ujemajo z ugotovitvami Marinčeka (1987) in Koširja (1979, 1994) ter nam pojasnjujejo, zakaj v začetnih fazah razvoja gozda moč navadne bukve v začetku pojema in zakaj prevlada navadni beli gaber, kakšna je njegova vloga. Marinček (1987) navaja, da je v subpanonskem svetu, kamor spadajo tudi Haloze, bukev že zunaj svojega optimalnega areala, zato se njena moč tu zmanjšuje. Bukev lahko uspešno tekmuje z drugimi vrstami le v ohranjenih sestojnih in talnih razmerah, sicer jo kmalu izrinejo pionirske vrste. Na spodnjem robu svoje razširjenosti prepušča prostor belemu gabru in gradnu. Med gozdovi bukve in gozdovi belega gabra obstaja t. i. bojna cona. Katera od drevesnih vrst prevlada, je odvisno od človekovega vpliva. V dobro ohranjenih gozdovih v drevesni plasti prevla-

duje bukev. Če gozd posekamo, se v sestojnih vrzelih zelo razbohoti beli gaber in šele čez določen čas se zopet uveljavi bukev. Beli gaber ima predvsem vlogo melioratorja, saj njegovo odpadlo listje močno pospešuje biološko aktivnost tal (Kotar in Brus, 1999). Ugotovitve Marinčeka (1987) dopolnjujejo še Koširjeve (1979) ugotovitve, da recentni sukcesijski razvoj bukovih gozdov poteka pod regresijskim vplivom človeka v smeri od postopnega uveljavljanja pa vse do prevladovanja belega gabra in grmovnih vrst, ki jih uvrščamo v razred *Prunetalia spinosae*. Uveljavljanje posameznih vrst in oblika fitocenoz v regresiji je tesno povezana z vrsto in intenziteto človekovega vpliva. S prekinitvijo človekovih vplivov razvoj naglo preide nazaj v bukov gozd.

### 3.4 Sukcesijski procesi razvoja vegetacije na zaraščajočih se površinah

#### 3.4 Successional pathways on abandoned agricultural land

Ker se vegetacijska sestava dendroflora skozi sukcesijski proces zaraščanja spreminja in je na začetku sukcesijskega razvoja zaradi majhnega števila vrst bolj podobna primarnim sukcesijam kot pa sekundarnim (Baniya in sod., 2009), kamor proces zaraščanja sicer uvrščamo (Pueyo in Beguería, 2007), smo znotraj razvojnih faz vegetacijsko sestavo analizirali še na podlagi dominantnih vrst.

**Preglednica 4:** Pomembnost (IV) posameznih drevesnih in grmovnih vrst po razvojnih fazah (RF) za zemljišče v zaraščanju (*Rden* - relativna gostota, *Rfre* - relativna pogostnost, *Rdom* - relativna prevlada). Prikazane so štiri dominantne vrste za vsako razvojno fazo. Kratice vrst so navedene v prilogi 1.

**Table 4:** Importance Value tables (IV) of tree and shrub species according to developmental phases (DP) for abandoned land (*Rden* - relative density, *Rfre* - relative frequency, *Rdom* - relative dominance). Four dominant species are shown for each developmental phase. Species abbreviations are listed in Appendix 1.

RF DP	Vrsta Species	Gostota Density	Pogostnost Frequency	Prevlada Dominance	Rden	Rfre	Rdom	IV
mladje young growth	<i>Cor_san</i>	54.870,00	1,00	0,12	67,42	13,51	55,00	135,93
	<i>Ace_cam</i>	1.490,00	0,60	0,06	1,83	8,11	30,56	40,49
	<i>Pru_spi</i>	13.175,00	0,80	0,01	16,19	10,81	6,67	33,67
	<i>Ros_sp.</i>	2.580,00	0,80	0,00	3,17	10,81	0,00	13,98
gošča thicket	<i>Cor_san</i>	100.615,00	1,00	0,42	34,20	7,01	9,29	50,50
	<i>Aln_glu</i>	26.825,00	0,33	1,43	9,12	2,34	31,56	43,01
	<i>Car_bet</i>	29.140,00	0,93	0,18	9,91	6,54	4,09	20,54
	<i>Pru_spi</i>	21.540,00	0,87	0,18	7,32	6,07	3,99	17,39
letvenjak pole stand	<i>Car_bet</i>	112.170,00	0,88	1,96	32,61	6,02	15,16	53,79
	<i>Aln_glu</i>	12.385,00	0,35	3,86	3,60	2,41	29,82	35,83
	<i>Cor_san</i>	39.065,00	0,82	0,13	11,36	5,62	1,02	18,00
	<i>Ace_pse</i>	21.855,00	0,82	0,43	6,35	5,62	3,30	15,28
skupaj total	<i>Car_bet</i>	141.360,00	0,81	0,98	19,65	6,00	12,51	38,16
	<i>Aln_glu</i>	39.610,00	0,32	2,35	5,50	2,40	30,12	38,02
	<i>Cor_san</i>	194.550,00	0,92	0,25	27,04	6,80	3,16	37,00
	<i>Pru_spi</i>	52.555,00	0,70	0,41	7,30	5,20	5,28	17,79

### 3.4.1 Dominantne vrste

#### 3.4.1 Dominant species

Dominantne rastlinske vrste imajo zelo vplivno vlogo v rastlinski združbi. Za določitev dominantnih vrst je potreben izračun pomembnosti vrste (*IV*) (Curtis in McIntosh, 1951). Večja je vrednost *IV*, dominantnejša je vrsta, na katero se nanaša. Dominantne vrste so vrste, ki glede na gostoto osebkov, pogostnost in prevlado pojavljanja dominirajo v posameznih sukcesijskih stadijih. Pomembnost vrste (*IV*) smo izračunali po razvojnih fazah za vsako drevesno in grmovno vrsto. V preglednici 4 so prikazane vrednosti le za štiri dominantne vrste (Cojzer, 2011).

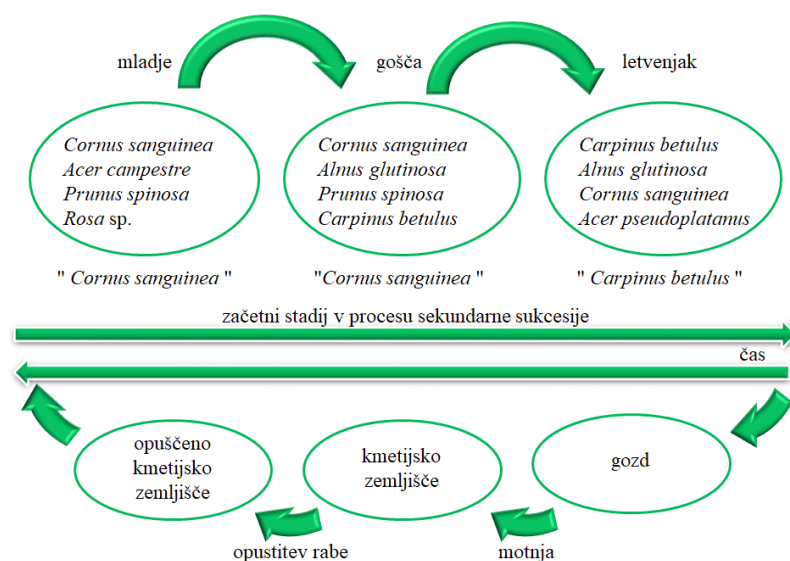
Dominantne vrste so pomembne vrste (vodilne, prevladujoče) za posamezne razvojne faze. Vse tri razvojne faze (mladje, gošča in letvenjak) skupaj tvorijo začetni ali pionirski stadij sukcesijskega procesa zaraščanja, zaraščanje opuščeni kmetijskih zemljišč pa poteka prek dominantnih vrst, značilnih za posamezne razvojne faze (preglednica 4). Navadni beli gaber, črna jelša, rdeči dren, črni trn, poljski javor, šipek in gorski javor so pionirske vrste zgodnjih ali pionirskih sukcesijskih stadijev. Rdeči dren, poljski javor, črni trn in šipek se v dominantni vlogi pojavijo na začetku, v zgodnjih etapah zaraščanja, črna jelša, navadni beli gaber in gorski javor pa nekoliko kasneje v času trajanja pionirskega stadija. Rdeči dren se v dominantni vlogi pojavlja v vseh treh razvojnih fazah, zato lahko to vrsto opredelimo kot dominantno pionirsko vrsto pri zaraščanju opuščeni kmetijskih zemljišč v Halozah.

Dominantne vrste na zemljiščih v zaraščanju imajo značaj pionirskih in pol-pionirskih vrst. Dominantne vrste v poteku razvoja vegetacije s svojo razširjenostjo, velikostjo, zastiranjem, prevladovanjem itd. vplivajo

na razvoj in število drugih vrst (vrstno pestrost) oz. pestrost združbe (Tatoni in Roche, 1994). Na mezofilnejših rastiščih, kakršna prevladujejo tudi v Halozah, je v fazi letvenjaka, ko skupaj v istem času in prostoru uspevajo svetloljubne in sencoždržne vrste, vrstna pestrost največja (Auclair in Goff, 1971).

Z raziskavo smo ugotovili, da se na opuščeni kmetijskih zemljiščih v Halozah najprej pojavijo grmovne vrste rdeči dren, črni trn in šipek ter pionirska drevesna vrsta poljski javor. To je prvi inicialni stadij grmiščne vegetacije, ki ga opredeljujemo kot stadij »*Cornus sanguinea*«. Delež drevesnih vrst je glede na gostoto osebkov le 5,6 %. Rdeči dren je svetloljubna vrsta, ki raste na bogatih, svežih do vlažnejših tleh in prenese tudi zmerno sušna rastišča (Brus, 2005). Najpogostejši je v nižinah in gričevju v hrastovo-gabrovih gozdovih (Brus, 2005). Ker so v preteklosti v kmetijske namene izkrčili največ prav hrastovo-gabrovih gozdov, se rdeči dren, kot pionirska vrsta, s procesom zaraščanja vrača na svoja rastišča. Ko se pionirske grmovne vrste razrastejo, lahko pod njihovo zaščito rastejo druge, nižje vrste (Myster in Pickett, 1994; Kimmins, 2004). Če postane združba grmovnih vrst zelo gosta, lahko popolnoma onemogoči, ali pa vsaj delno upočasni razvoj gozda (Kricher, 1998). V novih razmerah pride do drugačnega načina tekmovanja: višje rastoče rastline, ki potrebujejo manj svetlobe in več vlage, lahko prerastejo vrste, ki potrebujejo veliko svetlobe ter tako motijo in ovirajo njihov razvoj (Baldock in sod., 1996; Benabdellah in sod., 2003). Grmovne vrste so z ekološkega vidika pomembna vmesna stopnja v razvoju gozda.

V naslednji fazi se delež grmovnih vrst zmanjša, vse bolj se uveljavljajo drevesne vrste. Prevladuje še vedno rdeči dren, povečuje se delež navadnega belega gabra



**Slika 6:** Potek sekundarne sukcesije v Halozah od opustitve kmetijske rabe do klimaksnega gozda

**Fig. 6:** The pattern of secondary succession in the Haloze region from abandoned agricultural land to climax forest

in črne jelše. Kot pomembna vrsta se pojavlja še črni trn, ki je skromna in prilagodljiva vrsta s široko ekološko amplitudo (Brus, 2005). Še vedno govorimo o stadiju »*Cornus sanguinea*«. Od gospodarsko pomembnih drevesnih vrst pomembno gostoto dosega gorski javor. V fazi letvenjaka sta že nekoliko bolj izoblikovani struktura in vrstna sestava. V tej fazi drevesne vrste močno prevladajo nad grmovnimi, ki počasi izginjajo (Kimmins, 2004). Kot najpomembnejša vrsta se v tej fazi predstavlja navadni beli gaber. Sledijo še drevesni vrsti črna jelša in gorski javor ter grmovna vrsta rdeči dren, ki počasi izgublja boj z drevesnimi vrstami. V tej fazi je stadij »*Cornus sanguinea*« zamenjal stadij »*Carpinus betulus*«. Navadni beli gaber je prilagodljiva, odporna in konkurenčno močna vrsta, dokaj hitre rasti v mladosti, ki zgodaj, redno in obilno rodi (Brus, 2005). Rad ima bogata in sveža tla. Podobno kot rdeči dren raste v nižinah in gričevjih skupaj z divjo češnjo, lipovcem, poljskim brestom in poljskim javorom (Brus, 2005). Vse našete vrste so stalne spremljevalke hrastovo-gabrovih gozdov, naša raziskava pa je pokazala, da so zelo pogoste na zemljiščih v zaraščanju. Bolj ko se pionirski stadij zaključuje, bolj se razmerja med drevesnimi in grmovnimi vrstami spreminjajo.

Z raziskavo smo odkrili, da se vrstna sestava vegetacije na zemljiščih v zaraščanju skozi inicialni stadij spreminja in je usmerjena v klimaksne združbe. Vzpostavitev klimaksnega stanja je dolgotrajen proces, ki je povezan z izrazitimi spremembami v vrstni sestavi (Benabdellah in sod., 2003). Nastajajo pionirski, prehodni in končni stadiji gozda. Čim starejši so razvojni stadiji, tem odločilnejšo vlogo igra rastišča pri uveljavljanju drevesnih vrst (Mlinšek, 1968). Razvoj vegetacije poteka v progresivni smeri (Kimmins, 2004). Tudi v naši raziskavi lahko na podlagi pojavljanja določenih grmovnih in drevesnih vrst potrdimo, da sekundarna sukcesija na zemljiščih v zaraščanju poteka od preprostejših sku-

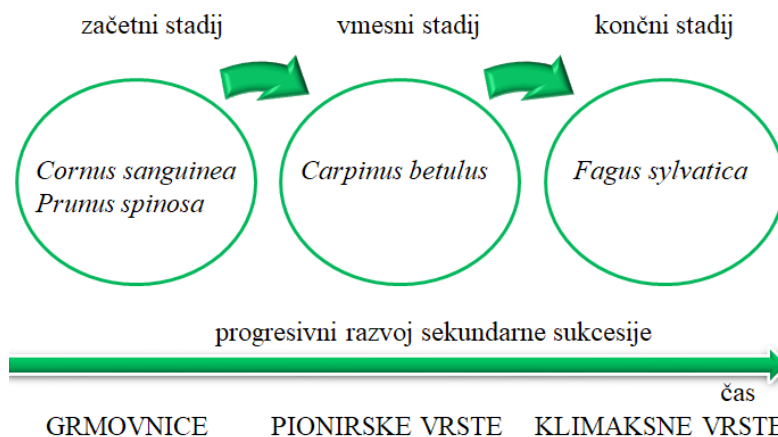
pnosti, kot je grmiščna vegetacija, proti bolj zapletenim, oziroma da vodi v razvoj klimaksnega gozda. Zato lahko govorimo o progresiji ali progresivnem razvoju.

Če primerjamo vodilne vrste naše raziskave v Halozah z raziskavo na Kočevskem, vidimo, da je v gričevnatih predelih Haloz najštevilčnejša grmovna vrsta rdeči dren, med drevesnimi vrstami pa prevladuje navadni beli gaber. Na Kočevskem poteka sukcesivni razvoj prek navadne leske, med drevesnimi vrstami pa prevladuje trepetlika (Mlinšek, 1968). Tako v slovenskem prostoru kot tudi drugod po Evropi in svetu potekajo začetni stadiji na zemljiščih v zaraščanju prek različnih vrst (Mlinšek, 1968; Harmer in sod., 2001; Benabdellah in sod., 2003; Eler, 2007; Pueyo in Beguería, 2007). Zaporedje priseljevanja vrst je različno, odvisno je predvsem od rastišča in tudi od naključja, tempo naseljevanja je odvisen od razpoložljivosti semenske banke, stopnje pripravljenosti tal za klitje in od konkurenčne moči pionirjev (Mlinšek, 1968), zgradba novonastalega gozda pa je odvisna od rastišča oz. mikrorastiščnih razmer, geološke podlage, lege ter vrstne sestave okoliških gozdov (Mirtič in Pirc, 1997). Neposredna primerjava naših izsledkov z rezultati drugih študij je otežena, saj večina študij obravnava potek sukcesij prek zeliščnih vrst, ki niso bile cilj naše raziskave, nekatere študije pa obravnavajo samo drevesne vrste in tako ne vključujejo grmovnih vrst, kot npr. študija o zaraščanju Suhe krajine (Mirtič in Primc, 1997).

#### 4 ZAKLJUČKI

#### 4 CONCLUSIONS

V obdobju od leta 1985 do 2015 se je površina gozdov v Halozah povečala za 7,8 %. Zaradi zahtevnih terenских razmer za obdelovanje zemlje in odseljevanja delovno aktivnega prebivalstva so majhne možnosti, da bi se opuščena kmetijska zemljišča ponovno uporabljala za kmetijske namene.



**Slika 7:** Potek sekundarne sukcesije prek stadijev na opuščenih kmetijskih zemljiščih v Halozah

**Fig. 7:** The stages of secondary succession on abandoned land in the Haloze region

Med zemljišči v zaraščanju in gozdom obstajajo razlike v poteku naseljevanja vrst in s tem med sukcesijskimi stadiji. Vrstna sestava ter gostota osebkov se na zemljiščih v zaraščanju po razvojnih fazah razlikujeta od vrstne sestave in gostote osebkov v gozdu. S staranjem razvojnih faz se na zemljiščih v zaraščanju število vrst in gostota osebkov povečujeta, v gozdu se število vrst bistveno ne spreminja, gostota osebkov pa se manjša. Na zemljiščih v zaraščanju opravljajo vlogo dominantnih vrst predvsem pionirske vrste. Potek sukcesijskega razvoja vegetacije na zemljiščih v zaraščanju je progresiven ali napredujoč, saj razvoj poteka prek različnih stadijev od grmiščne h klimaksni vegetaciji.

V raziskavah, ki so bile narejene v Sloveniji in obravnavajo zaraščanje opuščenih kmetijskih površin, so bili raziskani predvsem naravni in socioekonomski dejavniki, ki vplivajo na zaraščanje, ter vzroki za zaraščanje. Manjkajo pa raziskave o drevesni in grmovni sestavi ter poteku zaraščanja na opuščenih kmetijskih površinah ter raziskave o načrtnem usmerjanju sukcesijskega razvoja teh sestojev.

Razvoj sestojev na zemljiščih v zaraščanju je možno načrtno usmerjati le z ukrepi nege. Ker je že sicer nega mlajših razvojnih faz v gozdu zapostavljena, je težko pričakovati, da bi se sestoji na zemljiščih v zaraščanju negovali. Vsekakor pa je to nujno potrebno storiti takoj, ko ti sestoji prerasejo v fazo drogovnjaka in se jih glede na zahtevane kriterije (Zakon o gozdovih, 1993 in nasl.) vključi v gozd.

## 5 POVZETEK

### 5 SUMMARY

In the Haloze region, secondary succession on abandoned agricultural land is the result of difficult farming conditions and the emigration of the active working population. From 1985 to 2015, forest area increased by 7.8 % in the region. Given that the potential for reusing these abandoned areas as farmland is minimal, the forest area and the area of abandoned land are expected to continue to increase in the next decade.

We compared abandoned land and the young growth phases of forest with respect to vegetation composition according to the number of species and the density of individuals. We analyzed the overgrowth characteristics and determined the secondary succession pattern on abandoned land in the region. We used statistical analyses, Shannon's diversity index ( $H'$ ) and the Importance Value ( $IV$ ).

In total, 48 species (34 tree species and 14 shrub species) were recorded on 52 plots. On abandoned land 46 species (32 tree species and 14 shrub species) were recorded on 37 plots. In the forest 35 species

(24 tree species and 11 shrub species) were recorded on 15 plots. The species which appeared only on abandoned land were as follows: *Malus sylvestris*, *Robinia pseudoacacia*, *Aesculus hippocastanum*, *Ulmus carpini-folia*, *Sorbus domestica*, *Prunus cerasus*, *Quercus cerris*, *Populus alba*, *Alnus incana*, *Salix* sp., *Viburnum opulus*, *Frangula alnus* and *Euonymus europaea*. The two species which only appeared in forest were *Pinus strobus* and *Larix decidua*. All other species appeared both in forest and on abandoned land.

With respect to species composition, abandoned land ( $13.7 \pm 1$  species) is somewhat more diverse than forest ( $12.3 \pm 1$  species), but the differences are not significant. Shannon's diversity index did not show significant differences in species composition between abandoned land and forest. Abandoned land differs from forest in the number of shrub species, but there is no difference in the number of tree species. On average, there are more shrub species on abandoned land and more tree species in forest.

There is no difference in total mean values of the density of individuals (per ha) between abandoned land ( $19,447.2 \pm 1,557.3$ ) and forest ( $23,906.3 \pm 3,504.6$ ), although on average there is a higher density of tree species in forest. However, mean values of the density of individual tree and shrub species differ between abandoned land and forest. On average, in forest there is a higher density of individual tree species, whereas on abandoned land there is a higher density of individual shrub species.

Abandoned land and forest typically differ with respect to the developmental phases of tree and shrub species. There are also typical differences in the density of individuals between tree and shrub species. As the developmental phase process progresses on abandoned land, the number of species and density of individuals increase. In forest the number of species does not change significantly and the density of individuals decreases. The biggest differences in species composition with respect to developmental phases were found on abandoned land, since pole stands are the most diverse and young growth is the least diverse. The Shannon index did not show differences in plant species richness between the developmental phases of abandoned land and those of forest.

On abandoned land the average share of pioneer tree species is highest in the initial succession stages, and its share decreases with vegetation successional development, while the share of climax species increases. Abandoned land differs from forest with respect to the dominant species. The dominant species on abandoned land are *Carpinus betulus*, *Alnus glutinosa*, *Cornus sanguinea* and *Prunus spinosa*, whereas the dominant spe-

cies in forest are *Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus*, *Quercus petraea* and *Alnus glutinosa*. Abandoned farmland is initially overgrown by shrub species. The number of tree species and the density of individuals increases as succession progresses, whereas the share of pioneer trees decreases. The process proceeds through the *Cornus sanguinea* - *Cornus sanguinea* - *Carpinus betulus* stages. Tree species prevail in forest. The density of individuals decreases and the number of species does not change significantly. The process of natural restoration goes through the *Fagus sylvatica* - *Fagus sylvatica* - *Carpinus betulus* stages. Although there are differences between abandoned land and forest in the initial development of vegetation, and also in the early successional stages, their vegetation development in the pole stand phase converges. The final vegetation stage is beech forest.

Detailed vegetation analyses have shown that the number of species and individuals on abandoned land and in forest are different. On abandoned land the number of species and individuals increase from regeneration to pole stand, whereas in forest the number of individuals from regeneration to pole stand decreases. Thus, in the pole stand the number of species and individuals are similar, except that there are more climax species in the forest. Based on the analyses, we were able to determine overgrowth strategies on abandoned land and the process of natural restoration in forest.

## 6 ZAHVALA

### 6 ACKNOWLEDGEMENTS

Prispevek je nastal v okviru doktorske disertacije Značilnosti zaraščanja in možnosti usmerjanja sukcesijskega razvoja sestojev pionirskih drevesnih in grmovnih vrst na novonastalih gozdnih površinah. Za pomoč pri terenskem delu se zahvaljujem kolegom z ZGS, Območne enote Maribor, pri kartnem delu pa Zlatku Mlinariču. Hvala recenzentom za vse koristne in konstruktivne pripombe in popravke.

## 7 VIRI

### 7 REFERENCES

- Auclair A.N., Goff F.G. 1971. Diversity relations of upland forests in the western Great Leakes area. *American Naturalist*, 105, 946: 499–528.
- Baldock D., Beaufoy G., Brouwer F., Godeschalk F. 1996. Farming at the Margins: Abandonment or Redeployment of Agricultural Land in Europe. London, The Hague, Institute for European Environmental Policy.
- Baniya C.B., Solhoy T., Vetaas O.R. 2009. Temporal changes in species diversity and composition in abandoned fields in a *trans*-Himalayan landscape, Nepal. *Plant Ecology*, 201: 383–399.
- Bard G.E. 1952. Secondary succession on the Piedmont of New Jersey. *Ecological Monographs*, 22: 195–215.
- Bazzaz F.A. 1975. Plant Species Diversity in Old-Field Successional Ecosystems in Southern Illinois. *Ecology*, Early spring, 56, 2: 485–488.
- Bazzaz F.A. 1996. Plants in changing environments: linking physiological, population and community ecology. Cambridge, Cambridge University Press.
- Beguieria S. 2006. Changes in Land Cover and Shallow Landslide Activity: A Case Study in the Spanish Pyrenees. *Geomorphology*, 74: 196–206.
- Benabdellah B., Albrecht, K.F., Pomaz V.L., Denisenko W.A., Logofet D.O. 2003. Markov chain models for forest successions in the Erzgebirge, Germany. *Ecological Modelling*, 159: 14–160.
- Billings W.D. 1938. The structure and development of old field shortleaf pine stands and certain associated physical properties of the soil. *Ecological Monographs*, 8, 3: 437–499.
- Bonet A., Pausas J.G. 2004. Species richness and cover along a 60-year chronosequence in old-fields of southeastern Spain. *Plant Ecology*, 174: 257–270.
- Borec A., Flambard A., Pažek K. 2004. Relationships between production system of Slovenian mountain farms and dynamics of overgrowing areas. *Agricultura*, 3: 32–36.
- Bricman T. 2005. Pionirske drevesne vrste na opuščenih košenicah revirjev Pameče in Razbor: diplomsko delo. Ljubljana: 81 str.
- Brus R. 2005. Dendrologija za gozdarje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 408 str.
- Cimperšek M. 2008. Kserotermni gozdovi gradna in cera po subpanskem hribovju Obsotelja in Kozjanskega (vzhodna Slovenija) ter njihove posebnosti. *Gozdarski vestnik*, 66, 3: 187–205.
- Cojzer M., 2011. Značilnosti zaraščanja in možnosti usmerjanja sukcesijskega razvoja sestojev pionirskih drevesnih in grmovnih vrst na novonastalih gozdnih površinah: doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 195 str.
- Cunder T. 1998. Zaraščanje kmetijskih zemljišč v Slovenskem Alpskem svetu. V: Sonaravni razvoj v slovenskih Alpah in sosedstvu: 1. Melikovi geografski dnevi, Kranjska gora, 5.–7. november 1998. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo: 165–175.
- Curtis J.T., McIntosh R.P. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32, 3: 476–496.
- DLG. 2005. Land Abandonment, Biodiversity and the CAP. Government Service for Land and Water Management of the Netherlands (DLG), Utrecht.
- Eler K. 2007. Dinamika vegetacije travišč v slovenskem submediteranu: vzorci in procesi ob spremembah rabe tal: doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 228 str.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2006. The role of agriculture and rural development in revitalizing abandoned/depopulated areas. Commission on Agriculture ECA, 34th Session of the European, Riga, Latvi WWW.FAO.ORG/WORLD/REGIONAL/REU/ECA/ECA\_EN/ECA34\_3.PDF (30. nov. 2009).
- Gellrich M., Baur P., Koch B., Zimmermann N.E. 2007. Agricultural land abandonment and natural forest re-growth in the Swiss mountains: A spatially explicit economic analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118: 93–108.
- Glenn-Lewin D.C.; van der Maarel E. 1992. Patterns and processes of vegetation dynamics V: Glenn-Lewin D.C., Peet R.K., Veblen T.T. (ur.). *Plant Succession. Theory and prediction*. Chapman and Hall, London: 11–59.
- Golob S., Hrustel Majcen M., Cunder T. 1994. Raba zemljišč v zaraščanju v Sloveniji. Kako izboljšati posestno strukturo v Sloveniji. 9. tradicionalni posvet kmetijske svetovalne službe. Bled, Ministrstvo RS za kmetijstvo in gozdarstvo: 89–98.
- Gozdnogospodarski načrt za gozdnogospodarsko enoto Rodni vrh za obdobje 2004–2013. 2005a. Maribor, Zavod za gozdove Slovenije, OE Maribor: 117 str.
- Gozdnogospodarski načrt za gozdnogospodarsko enoto Rodni vrh za obdobje 2014–2023. 2015a. Maribor, Zavod za gozdove Slovenije, OE Maribor: 160 str.

- Gozdnogospodarski načrt za gozdnogospodarsko enoto Vzhodne Haloze za obdobje 2005–2014. 2005b. Maribor, Zavod za gozdove Slovenije, OE Maribor: 150 str.
- Gozdnogospodarski načrt za gozdnogospodarsko enoto Vzhodne Haloze za obdobje 2015–2024. 2015b. Maribor, Zavod za gozdove Slovenije, OE Maribor: 162 str.
- Harmer R., Peterken G., Kerr G., Poulton P. 2001. Vegetation changes during 100 years of development of two secondary woodlands on abandoned arable land. *Biological Conservation*, 101: 291–304.
- Hočevar M., Kušar G., Cunder T. 2004. Monitoring in analiza zaraščanja kraške krajine v GIS okolju. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 75: 21–26.
- Horn H.S. 1974. The ecology of secondary succession. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 25–37.
- Johnson C.D., Skousen J.G. 1990. Tree species composition, canopy coverage, and importance on several AML sites in Northern West Virginia. V: Mining and Reclamation Conference and Exhibition. Charleston, West Virginia, April 23–26, 1990. Volume II: 318 str.
- Kent M., Coker P. 1992. *Vegetation Description and Analysis: A Practical Approach*. CRC Press Chichester, John Wiley and Sons: 363 str.
- Kimmins J.P. 2004. *Forest ecology: A Foundation for Sustainable Forest Management and Environmental Ethics in Forestry*. 3rd ed. New Jersey, Prentice Hall, Upper Saddle River: 463–515.
- Kobler A. 2001. Sprejemljivost zaraščanja kot funkcija kakovosti kulturne krajine: prostorski model: magistrsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 187 str.
- Kobler A. 2002. Uporaba multispektralnih satelitskih posnetkov in metod GIS za zaznavanje ter napoved zaraščanja. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 69: 277–308.
- Kobler A., Cunder T., Pirnat J. 2005. Modelling spontaneous afforestation in Postojna area, Slovenia. *Journal for Nature Conservation*, 13, 2–3: 127–135.
- Korzeniak J. 2005. Species richness and diversity related to anthropogenic soil disturbance in abandoned meadows in the Bieszczady mts. (Eastern Carpathians). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 74, 1: 65.
- Košir Ž. 1979. Ekološke, fitocenološke in gozdnogospodarske lastnosti Gorjancev v Sloveniji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 17, 1: 1–242.
- Košir Ž. 1994. Ekološke in fitocenološke razmere v gorskem in hribovitem jugozahodnem obrobju Panonije. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev: 149 str.
- Košir Ž. 2001. Obravnavanje sekundarnih (antropogenih) gozdnih fitocenoz in gozdnogospodarsko načrtovanje. *Gozdarski vestnik*, 59, 9: 367–373.
- Kotar M. 1996. Prevrščanje dreves v optimalni fazi bukovega gozda. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 49: 5–32.
- Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije. Ljubljana: 163 str.
- Kotar M., Brus R. 1999. Naše drevesne vrste. Ljubljana, Slovenska matica v Ljubljani: 121–123.
- Kozorog E. 2004. Ali je zaraščanje kmetijskih površin problem? *Gozdarski vestnik*, 62, 9: 407–408.
- Kricher C.J. 1998. *A Field Guide to Eastern Forests: North America*. Boston, Houghton Mifflin, The Peterson Field Guide Series, 37: 459 str.
- Kutnar L., Veselič Ž., Dakskobler I., Robič D. 2012. Tipologija gozdnih rastišč Slovenije na podlagi ekoloških in vegetacijskih razmer za potrebe usmerjanja razvoja gozdov. *Gozdarski vestnik*, 70, 4: 195–214.
- Leibundgut H. 1996. Nega gozda. Prevod s komentarjem. Kotar M. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 191 str.
- MacDonald D., Crabtree J.R., Wiesinger G., Dax T., Stamou N., Fleury P., Gutiérrez Lazpita J., Gibon A. 2000. Agricultural Abandonment in Mountain Areas Of Europe: Environmental Consequences and Policy Response, *Journal of Environmental Management*, 59: 47–69.
- Margalef R. 1963. On certain unifying principles in ecology. *American Naturalist*, 97: 357–374.
- Marinček L. 1987. Bukovi gozdovi na Slovenskem. Ljubljana, Delavska enotnost: 153 str.
- Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Podobnik A., Turk B., Vreš B., Ravnik V., Frajman S., Strgulc Krajšek B., Trčak B., Bačič T., Fischer M.A., Eler K., Surina B. 2007. Mala flora Slovenije, Ključ za določevanje praprotnic in semenk. Četrta, dopolnjena in spremenjena izd. Ljubljana, Tehniška založba: 968 str.
- Mirtič A., Primc J. 1997. Zaraščanje opuščanih kmetijskih površin z gozdom v suhi krajini: diplomsko delo. Ljubljana: 135 str.
- Mlekuž I. 1991. Problematika opuščanih senožeti v Breginjskem Kotu. *Gozdarski vestnik*, 49, 3: 158–161.
- Mlinšek D. 1968. Premena grmišč v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 26: 129–153.
- Myster R.W., Pickett S.T.A. 1994. A comparison of rate of succession over 18 years in 10 contrasting old fields. *Ecology*, 75, 2: 387–392.
- Odum E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science*, 164, 3877: 262–270.
- Oosting H.J. 1942. An ecological analysis of the plant communities of the Piedmont, North Carolina. *American Midland Naturalist*, 28, 1: 1–126.
- Pärtel M., Zobel M. 1995. Small-scale dynamics and species richness in successional alvar plant communities. *Ecography*, 18: 83–90.
- Perpar A. 2002. Stanje in procesi v kmetijstvu v različnih tipih podeželskih območij v Sloveniji. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani: Kmetijstvo, 97, 1: 281–300.
- Pickett S.T.A., Kolasa J. 1989. Structure of theory in vegetation science. *Vegetatio*, 83: 7–15.
- Pueyo Y., Beguería S. 2007. Modelling the rate of secondary succession after farmland abandonment in a Mediterranean mountain area. *Landscape and Urban Planning*, 83, 4: 245–254.
- Rickebusch S., Gellrich M., Lischke H., Guisan A., Zimmermann N.E. 2007. Combining probabilistic land-use change and tree population dynamics modelling to simulate responses in mountain forests. *Ecological Modelling*, 209, 2–4: 157–168.
- Saïd S. 2001. Floristic and life form diversity in post-pasture successions on a Mediterranean island (Corsica). *Plant Ecology*, 162: 67–76.
- Sarmiento L., Llambi L.D., Escalona A., Marquez N. 2003. Vegetation patterns, regeneration rates and divergence in an old-field succession of the high tropical Andes. *Plant Ecology*, 163: 63–74.
- Shannon C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27: 379–423, 623–653.
- Tatoni T., Roche P. 1994. Comparison of old-field and forest revegetation dynamics in Provence. *Journal of Vegetation Science*, 5, 3: 295–302.
- Tla Slovenije, 2015. Ljubljana (13. oktober 2015) [http://soil.bf.uni-lj.si/projekti/pdf/atlas\\_final\\_2015\\_reduced.pdf](http://soil.bf.uni-lj.si/projekti/pdf/atlas_final_2015_reduced.pdf) (17. junij 2019).
- van der Maarel E. 2005. *Vegetation Ecology – an overview*. V: *Vegetation ecology*. Van der Maarel E. (ur.). Malden, Oxford, Carlton, Blackwell Publishing: 1–51.
- WebMet, 2013. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Državna meteorološka služba. <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/> (05. feb. 2013).
- Whittaker R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21, 2–3: 213–251.

Whittaker R.H. 1975. *Communities and ecosystems*. 2nd edition, New York, Macmillan-Collier: 387 str.

Zakon o gozdovih. 1993. Uradni list RS, št. 30/93, 13/98 - odl. US, 56/99 - ZON, 67/02, 110/02 ZG-1, 115/06, 110/07, 8/10 - ZSKS-B, 106/10, 63/2013, 101/13 - ZdavNepr, 17/14, 24/15, 9/16 - ZGGLRS, 77/16.

ZGS, 2005. Baza prostorskih podatkov ZGS. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.

ZGS, 2010. Baza prostorskih podatkov ZGS. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.

4-H Virtual Forest User's Guide, Old-Field Succession (21. november 2009) <http://sites.ext.vt.edu/virtualforest/pdf/SuccessionUsersGuide.pdf> (3. dec. 2009).

**Priloga 1: Seznam drevesnih in grmovnih vrst in njihova zastopanost po obravnavanjih**

**Appendix 1: List of tree and shrub species and their presence per treatment**

Latinsko ime <i>Latin name</i>	Slovensko ime <i>Slovenian name</i>	Kratica <i>Acronym</i>	Zemljišče v zaraščanju <i>Abandoned land</i>	Gozd <i>Forest</i>
<i>Abies alba</i> Miller	bela jelka	<i>Abi_alb</i>	✓	✓
<i>Acer campestre</i> L.	maklen, (poljski javor)	<i>Ace_cam</i>	✓	✓
<i>Acer platanoides</i> L.	ostrolistni javor	<i>Ace_pla</i>	✓	✓
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	beli, (gorski) javor	<i>Ace_pse</i>	✓	✓
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	navadni divji kostanj	<i>Aes_hip</i>	✓	
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	črna jelša	<i>Aln_glu</i>	✓	✓
<i>Alnus incana</i> (L.) Moench.	siva jelša	<i>Aln_inc</i>	✓	
<i>Betula pendula</i> Roth	navadna breza	<i>Bet_pen</i>	✓	✓
<i>Carpinus betulus</i> L.	navadni beli gaber	<i>Car_bet</i>	✓	✓
<i>Castanea sativa</i> Mill.	evropski pravi kostanj	<i>Cas_sat</i>	✓	✓
<i>Fagus sylvatica</i> L.	navadna bukev	<i>Fag_syl</i>	✓	✓
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	veliki jesen	<i>Fra_exc</i>	✓	✓
<i>Fraxinus ornus</i> L.	mali jesen	<i>Fra_orn</i>	✓	✓
<i>Juglans regia</i> L.	navadni oreh	<i>Jug_reg</i>	✓	✓
<i>Larix decidua</i> Miller	navadni macesen	<i>Lar_dec</i>		✓
<i>Malus sylvestris</i> (L.) Mill.	lesnika	<i>Mal_syl</i>	✓	
<i>Picea abies</i> (L.) Karsten	navadna smreka	<i>Pic_abi</i>	✓	✓
<i>Pinus strobus</i> L.	gladki, (zeleni) bor	<i>Pin_str</i>		✓
<i>Pinus sylvestris</i> L.	rdeči bor	<i>Pin_syl</i>	✓	✓
<i>Populus alba</i> L.	beli topol	<i>Pop_alb</i>	✓	
<i>Populus tremula</i> L.	trepetlika	<i>Pop_tre</i>	✓	✓
<i>Prunus avium</i> L. var. <i>sylvestris</i>	divja češnja	<i>Pru_avi</i>	✓	✓
<i>Prunus cerasus</i> L.	višnja	<i>Pru_cer</i>	✓	
<i>Pyrus pyraeaster</i> (L.) Borkh	hruška drobnica	<i>Pyr_pyr</i>	✓	✓
<i>Quercus cerris</i> L.	cer	<i>Que_cer</i>	✓	
<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.	graden	<i>Que_pet</i>	✓	✓
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	navadna robinija	<i>Rob_pse</i>	✓	
<i>Salix caprea</i> L.	iva	<i>Sal_cap</i>	✓	✓
<i>Salix</i> sp. L.	vrba	<i>Sal_sp.</i>	✓	
<i>Sorbus domestica</i> L.	skorš	<i>Sor_dom</i>	✓	
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	brek	<i>Sor_tor</i>	✓	✓
<i>Tilia cordata</i> Mill.	lipovec	<i>Til_cor</i>	✓	✓
<i>Ulmus minor</i> Mill.	poljski brest	<i>Ulm_car</i>	✓	
<i>Ulmus glabra</i> Huds.	goli, (gorski) brest	<i>Ulm_gla</i>	✓	✓
<i>Berberis vulgaris</i> L.	navadni češmin	<i>Ber_vul</i>	✓	✓
<i>Cornus sanguinea</i> L.	rdeči dren	<i>Cor_san</i>	✓	✓
<i>Corylus avellana</i> L.	navadna leska	<i>Cor_ave</i>	✓	✓
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	enovrati glog	<i>Cra_mon</i>	✓	✓
<i>Euonymus europaea</i> L.	navadna trdoleska	<i>Euo_eur</i>	✓	
<i>Frangula alnus</i> Mill.	navadna krhlika	<i>Fra_aln</i>	✓	
<i>Juniperus communis</i> L.	navadni brin	<i>Jun_com</i>	✓	✓
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	navadna kalina	<i>Lig_vul</i>	✓	✓
<i>Lonicera xylostemum</i> L.	puhastolistno kosteničevje	<i>Lon_xyl</i>	✓	✓
<i>Prunus spinosa</i> L.	črni trn	<i>Pru_spi</i>	✓	✓
<i>Rosa</i> sp. L.	šipek	<i>Ros_sp.</i>	✓	✓
<i>Sambucus nigra</i> L.	črni bezeg	<i>Sam_nig</i>	✓	✓
<i>Viburnum lantana</i> L.	(navadna) dobrovita	<i>Vib_lan</i>	✓	
<i>Viburnum opulus</i> L.	(navadna) brogovita	<i>Vib_opu</i>	✓	✓