

# VEGETACIJA, EKOLOŠKI DEJAVNIKI IN NJIHOVA SOODVISNOST V PRIMERU CESTNIH BREŽIN

Igor ZELNIK\*

## Izvleček

Delo obravnava vegetacijo in ekološke dejavnike na cestnih brežinah ter njihove medsebojne vplive. Po standardni metodi je bila popisana vegetacija, analizirani so bili vzorci tal in temperatura. Metoda kanonične skladnostne analize (CCA) kaže na to, da na sestavo vegetacije najbolj vpliva vodni režim, ki je odvisen predvsem od naklona, ki določa količino prejetih padavin. Pomembna je tudi reakcija tal, ki so na splošno bazična in siromašna. Z metodo hierarhične klasifikacije in z deduktivno metodo smo popise uvrstili v 8 združb. Vegetacija je najbolj pestra na brežini z najslabšimi razmerami.

## Abstract

The work deals with vegetation and ecological factors of the roadside slopes as well as their reciprocal influences. Vegetation was inventoried using the standard method and soil samples as well as temperature were analysed. Canonical Correspondence Analysis method reveals that it is water regime that mostly influences vegetation, especially depends on steepness, which determinates the amount of received precipitation. Soil reaction is also important, due to the fact that soil is generally alkaline and poor. The relevés were classified into 8 communities using hierarchic classification method and deductive methods. Vegetation is most diversified on the slope with most severe conditions.

**Ključne besede:** cestne brežine, sanacija, ozelenjevanje, vegetacija, ekološki dejavniki, temperature, talne razmere, Slovenija

**Key words:** roadside slopes, sanation, revegetation, vegetation, ecological factors, temperatures, soil conditions, Slovenia

## 1. UVOD

Razmere na cestnih brežinah so mnogokrat preveč ekstremne za uspevanje vegetacije ali pa je njen razvoj zelo otežen. Tabela 1 prikazuje glavne vzroke in posledice za oteženo rast rastlin na neugodnih mestih. Razvoj vegetacije in njen čim hitrejši razvoj v smeri klimaksnih stadijev je v primeru cestnih brežin izrednega pomena za stabilizacijo in ozelenitev. Želimo ugotoviti, kateri okoljski dejavniki (na katere lahko deloma v procesu izvedbe sanacije vplivamo) so pri tem najpomembnejši. Najprej je treba inventarizirati rastlinske vrste in vegetacijo, ki je merilo za uspešnost ozelenitve brežine. Na podlagi stanja in florističnega inventarja

vegetacijskega pokrova lahko sklepamo na ekološke razmere in probleme na brežinah, natančnejši vpogled v rastiščne razmere pa nam dajo analize abiotskih dejavnikov. S to problematiko se je med drugim ukvarjal Klein (1982), ki je opredelil cestne brežine kot rastišče, revno z organskimi snovmi, bogato s kalcijem, suho do občasno vlažno, z bazično reakcijo tal in revno z dušikom. Ugotovil je, da tvorijo večji delež vrste intenzivno gojenih travnikov in ruderalke. Godefroid & Tanghe (1995) sta občestno vegetacijo primerjala z intenzivno gojenimi travniki v smislu vegetacije, bogastva vrst in kemijskih lastnosti tal (N, P, K, Ca, Mg, pH). Mitchley & al. (1996) so pri proučevanju vzpostavljanja in razvoja vegetacije na nerodovitnih nasipih

\* Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU, p. p. 306, Novi trg 2, SI-1001, Ljubljana

ugotovili, da se zaradi gnojenja z dušikom in fosforjem opazno povečuje biomasa trav in zmanjšuje pestrost in prisotnost avtohtonih vrst in da elementa skupaj omejujeta rast na nerodovitni podlagi. Gray & Sotir 1996 sta ugotovila, da rastline s senčenjem vplivajo na izboljšanje rastišča, izboljšajo vodni režim in omilijo temperaturni režim tal, omogočajo nastanek humusa iz opada in so tudi potencialni fiksatorji dušika. Tla tudi zaščitijo pred neugodnimi vplivi.

V Sloveniji so se z vegetacijo in sanacijo cestnih brežin ukvarjali Marinček & al. (1994), rezultati petletnih opazovanj uspešnosti sanacij in inventarizacije vegetacije brežin so zbrani v rokopisnem poročilu Čarni & al. (1999). S to problematiko se je ukvarjal tudi Zelnik (2000). Ta prispevek obravnava soodvisnost vegetacije in ekoloških dejavnikov, ki potencialno omejujejo uspevanje vegetacije.

Inventarizacijo in analizo smo naredili na štirih brežinah, ki so v istem fitogeografskem in klimatskem območju. Pri proučevanju rastiščnih razmer, smo raziskali vrsto dejavnikov, ki pojasnjujejo vzroke za dobro ali slabo rast rastlin (tabela 1), za naselitev določenih rastlinskih vrst oziroma za nastanek določenih rastlinskih združb. Na osnovi analiz ekoloških dejavnikov in primerjave z dejanskim stanjem vegetacije je potem mogoče napovedati, katere ukrepe je potrebno izvesti za izboljšanje rastiščnih razmer v sklopu vzdrževalnih del, če te ne omogočajo optimalne hitrosti zaraščanja. Hkrati lahko na podlagi teh raziskav izberemo najprimernejše rastlinske vrste (Zelnik 2000). Če je sanacija uspešna, pa nam analize pomagajo razčleniti vzroke za uspeh, kar nam služi kot vodilo v prihodnje.

Na osnovi vegetacijskih popisov in meritev

ekoloških dejavnikov so bile narejene multivariatne analize. Z metodo kanonične skladnostne analize - CCA (Canonical Correspondence Analysis) naj bi ugotovili, kateri dejavniki imajo največji vpliv na obstoj in sestavo vegetacijskega pokrova oziroma na hierarhijo teh dejavnikov. Z metodo hierarhične klasifikacije popisov in z deduktivno metodo smo popise uvrstili v združbe.

## 1.1 Območje raziskav

Proučevane cestne brežine se nahajajo na severovzhodnem obrobju Grosupeljske kotline, ob odseku avtoceste 022 Višnja Gora–Ljubljana, med krajema Polica in Grosuplje (slika 1). Območje leži glede na razdelitev Slovenije na naravnogeografske regije (Kovač 1994) na meji med predalpskim hribovjem in dinarskim krasom celinske Slovenije.

Geološka podlaga vpliva na vegetacijo. Na vkopnih brežinah, kjer je matična podlaga razgaljena ali jo prekriva le tanka plast zemlje, je ta vpliv toliko večji. Na saniranih brežinah, kjer je bila zemlja navožena od drugod, govorimo le o antropogenih tleh oziroma o antropogeni rendzini. Tla, ki nastajajo tu po naravni poti, lahko opredelimo s pojmom protorendzina.

Osnovna tektonska enota območja je zahodno-dolenjska mezozojska gruda, ki je v tem delu nastala v triasu (Buser 1968). Skladoviti rjavo-sivi dolomit, ki se menjava s peščenimi sljudnatimi in lapornatimi peščenjaki ter skrilavci, sestavlja osnovo brežine Polica 2. Plasti kot sladkor zrnatega dolomita med trdnimi dolomiti, ki so zelo erodibilne, sestavljajo večino brežine Polica 1a. Glavni dolomit je matična podlaga brežin Polica 1, Grosuplje in dela brežine Polica 1a. Sicer pa se na območju brežin Polica 1 in

*Tabela 1: Problemi za rast rastlin na neugodnih mestih (Richards & Coppin 1990)*

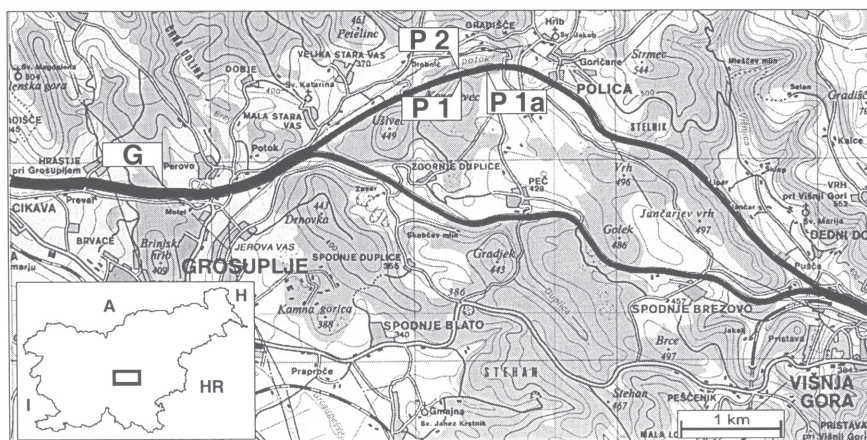
*Tab. 1: Problems for plant growth on unfavourable sites (Richards & Coppin 1990)*

<b>problem</b>	<b>posledice</b>
<b>fizikalni</b>	
plitev substrat	učinek suše je močan, slaba razvitost koreninskih sistemov
groba tekstura, skeletnost	slaba poljska kapaciteta
strmo pobočje	nestabilnost, velik površinski odtok
<b>kemijski</b>	
nizka vsebnost hranil	nerodovitnost
nizka izmenljiva kapaciteta	močno spiranje hranil (pri skeletnih tleh)
visok ali nizek pH	nedostopnost nekaterih hranil (fosfor)
<b>klimatski</b>	
malo padavin	suša (poleti)
veliko padavin	erozija, odnašanje tal, spiranje hranil
ekspozicija	večja možnost suše, dolgotrajnega mraza, skrajšanje vegetacijske sezone



Slika 1: Lokacija cestnih brežin Grosuplje (G), Polica 2 (P 2), Polica 1 (P 1) in Polica 1a (P 1a) ob avtocestnem odseku Višnja Gora–Ljubljana

Fig. 1: Location of roadside slopes Grosuplje (G), Polica 2 (P 2), Polica 1 (P 1) and Polica 1a (P 1a) along the motorway section Višnja Gora–Ljubljana



2, srečujejo vse tri plasti dolomitov, zato je težko govoriti o točno določenem tipu matične podlage.

Podnebje je subalpskega tipa s sorazmerno toplimi poletji in hladnimi, vlažnimi zimami. Srednja letna temperatura (Grosuplje) je okoli 9 °C, srednja januarska –1,8 °C, srednja julijska temperatura pa je 19,2 °C. Vegetacijska doba traja povprečno 7 mesecev, od marca do novembra. Letna količina padavin je 1400–1500 mm. Največ padavin pade junija, najmanj pa marca. Smer vetrov in vetrovnost sta v znatni meri od odvisna od reliefa. Prevladujeta vzhodni in zahodni veter (Savnik 1971).

Proučevane cestne brežine ležijo v pasu od 360 do 440 m nadmorske višine, okoliški gozdovi in suhi travniki pa v pasu od 365 do 540 m.

Območje spada v preddinarsko fitogeografsko območje (M. Wraber 1969). Po novejši fitogeografski razdelitvi Slovenije (Zupančič & al. 1987) pa uvrščamo območje v zahodnodolenjski distrikt preddinarskega podsektorja zahodnodinarskega sektorja ilirske flore province.

## 2. MATERIALI IN METODE

Cestne brežine na raziskanem območju so bolj ali manj strme in so izrazito antropogeno rastišče. Človekovi vplivi poleg popolnega preoblikovanja reliefa in odstranitve tal obsegajo tudi sanacijske

ukrepe, med katere sodi dovažanje zemlje, njeno pritrjanje na brežino in sajenje ter sejanje izbranih vrst rastlin.

Za preučevanje rastiščnih razmer smo izbrali štiri vkopne brežine z diametralno nasprotnimi značilnostmi, glede na ekspozicijo in saniranost, na karseda enotni geološki podlagi, v istih mezoklimatskih razmerah. Na odkopne brežine smo se osredotočili, ker je razvoj vegetacije tam mnogo težavnejši. V parih nastopajo štiri brežine (tabela 2).

Na vse štiri preučevane brežine smo namestili termografe in higrografe. Na saniranih brežinah je bila temperatura tal merjena na globinah 5 in 20 cm, na nesaniranih, kjer praktično ni zemlje, pa le na globini 5 cm. Dobilimo zapise z dnevnim potekom temperatur in relativne zračne vlažnosti. Merili smo v času večjega dela vegetacijske sezone: 19. 03.-27. 03. 1999 in 28. 04.-19. 09. 1998. Vzorce za talne analize smo vedno nabrali v okviru območja izbranega fitocenološkega popisa. Nabrani so bili na različno uspešno saniranih mestih do globine 40 cm oziroma manj, če so tla na matični kamnini plitvejša. Večina korenin pri zeliščih se nahaja v gornjih 30-40 cm tal, deleži korenin, ki segajo globlje, so ponavadi majhni (Richards & Coppin 1990). Skupaj je bilo odvzetih 37 vzorcev, in sicer:

- 10 s Polica 1 (št. 2-11),
- 10 s Polica 1a (št. 13-22),
- 8 s Polica 2 (št. 24-31),
- 9 z Grosuplje (št. 33-41).

Tabela 2: Osnovne lastnosti proučevanih cestnih brežin  
Tab. 2: Basic characteristics of the examined roadside slopes

Brežina:	oznaka	lega	Saniranost	Nagib (°)	nm.v. (m)
Polica 1	P 1	N	Da (sistem BVS)	27-80	400-440
Polica 2	P 2	S	Ne	52-68	400-430
Grosuplje	G	S	Da (sistem BVS)	35-58	360-368
Polica 1a	P 1a	N	Ne	27-40	404-410

Obseg parametrov je razviden iz tabele 3, pri čemer so bile nekatere analize izvedene na terenu, večinoma pa v laboratoriju. Talni vzorci so bili analizirani leta 1999 v laboratorijih Centra za pedologijo in varstvo okolja, na Oddelku za agronomijo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani. Postopki analiz tal so bili izvedeni po metodah, zbranih v Hodnik (1988).

Vegetacijo smo popisovali po standardni srednjeevropski metodi (Braun-Blanquet 1964), navajamo le ocene za pokrovnost in številčnost. Vegetacijske popise smo naredili v času optimalno razvite vegetacije (april-september). Velikosti popisnih ploskev so zelo različne: 2–20 m<sup>2</sup>. Merilo za izbor ploskve je bila homogenost vegetacije, ploskve so bile različno velike zaradi heterogenosti substrata in ostalih rastiščnih dejavnikov.

Vegetacijske popise smo obdelali po standardni srednjeevropski metodi (Braun-Blanquet 1964, Westhoff & van der Maarel 1973). Numerično analizo vegetacije smo izvedli s pomočjo programskega paketa SYN-TAX 2000 (Podani 2001), z metodo hierarhične klasifikacije (Complete Linkage Clustering) in z metodo analize glavnih koordinat (PCoA), s komplementom koeficienta podobnosti. Kombinirano oceno številčnosti in pokrovnosti smo transformirali, kot predlaga van der Maarel (1979). Namen statistične obdelave sta tudi primerjava in ugotavljanje podobnosti popisov s posameznih objektov med seboj in s popisi okoliške vegetacije. Numerično analizo vpliva ekoloških dejavnikov na zgradbo vegetacije pa smo izvedli s pomočjo programskega paketa CANOCO (ter Braak 1998), z metodo kanonične standardne analize (CCA). Pri omenjeni analizi so bili upoštevani naslednji dejavniki: naklon pobočja, ekspozicija, globina tal, pokrovnost lesnate vegetacije, reakcija tal, vsebnosti rastlinam dostopnega kalija, fosforja, vode, skupnega dušika, organske snovi, tekstura in skeletnost tal, poljska kapaciteta. Rastlinske taksone smo razvrstili v sintaksone, pri čemer smo upoštevali predvsem sintezna dela (Oberdorfer 1994, Mucina & al. 1993) in lokalne študije rastlinskih združb (Petkovšek 1977). S tovrstnim razvrščanjem, smo dobili sinsistematske spektre vegetacije posameznih brežin. Združitve sinsistematskih razredov v skupine na osnovi ekologije povzemamo po Stottele (1995).

Imena praprotnic in semenk so navedena po delu Mala flora Slovenije (Martinčič & al. 1999). Pri poimenovanju mahov smo uporabili predvsem delo *Catalogus florae Jugoslaviae – Bryophyta –*

*Musci* (Martinčič 1968) in *Die Laubmoose Oesterreichs* (Grims 1999).

Ker smo obdelovali antropogeno vegetacijo, ki jo je težko uvrstiti v asociacije v skladu z induktivnim sistemom srednjeevropske metode, smo se odločili, da uporabimo sistem, ki ga predlaga Kopecký (1978). Postopek je za obdelave takšne vegetacije zelo primeren, saj omogoča uvrstitev vseh popisov antropogenih združb v sistem, lažje ovrednotenje teh združb in njihovo variabilnost ter klasifikacijo prehodnih združb med dvema ali več višjimi sintaksomi. Tovrstno vegetacijo po Kopecký (1978) uvrstimo v izpeljano oziroma temeljno združbo (nem. *Derivatgesellschaft*, *Basalgesellschaft*) ali v cenološko nasičeno združbo ali asociacijo. Tako smo v tem smislu tudi uporabljali pojem združbe, ki je tu ne enačimo s pojmom asociacije, temveč gre za enoto neopredeljenega ranga, vzporedno pojmu fitocenon, ki ga predlaga Kaligarič (1994).

Pri analiziranju popisov z metodo hierarhične klasifikacije in ordinacijsko metodo glavnih koordinat smo upoštevali le zeliščni in mahovni sloj. Vrste grmovnega in drevesnega sloja so bile na sanirane brežine večinoma sajene. Človekov vpliv je močan tudi na zeliščni sloj, saj je bila sejana izbrana setvena mešanica, vendar je tu mnogo manjši kot pri lesnatih vrstah, saj se je v nekaj letih iz okolice naselilo vsaj desetkrat več vrst, kot je bilo sejanih. Najbolj spontano je pojavljanje mahov, vendar je tu težavno popisovanje in določanje pokrovnosti, saj večinoma na terenu ni mogoče ločiti posameznih taksonov. Pri gradientni analizi z metodo CCA smo izpustili tudi mahove, saj se je izkazalo, da so večinoma precej neobčutljivi na večino gradientov ekoloških dejavnikov, optimumi so se namreč porazdelili predvsem na središče grafov in so tako zmanjševali njihovo preglednost.

### 3. REZULTATI

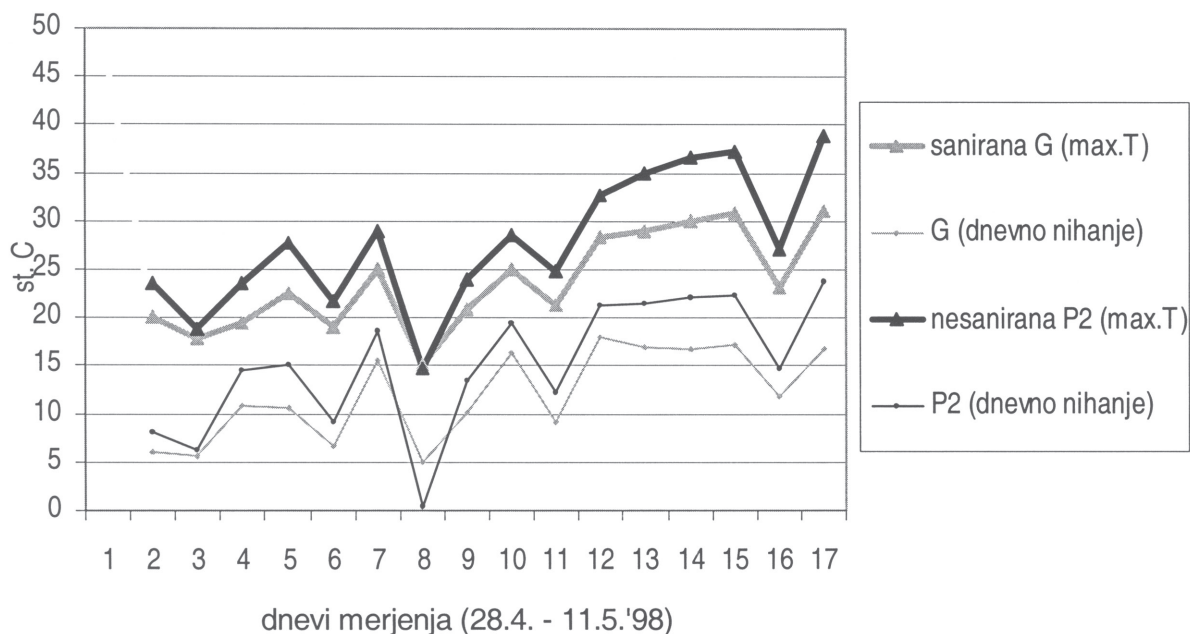
#### 3.1 Temperaturni režim tal

Rezultati potrjujejo ugodno delovanje vegetacije na klimatske razmere na brežinah, kar je najbolj očitno na prisojnih brežinah. V času od 22. 08. do 19. 09., ko je pokrovnost zaradi olistanosti lesnatih vrst največja, so najvišje temperature na sanirani brežini Grosuplje, kjer uspevata lesnata in zeliščna vegetacija, v povprečju 19,3 °C, na nesanirani Polica 2 pa kar 28,1 °C, obe brežini sta strmi. Temperaturno nihanje v povprečju znaša v



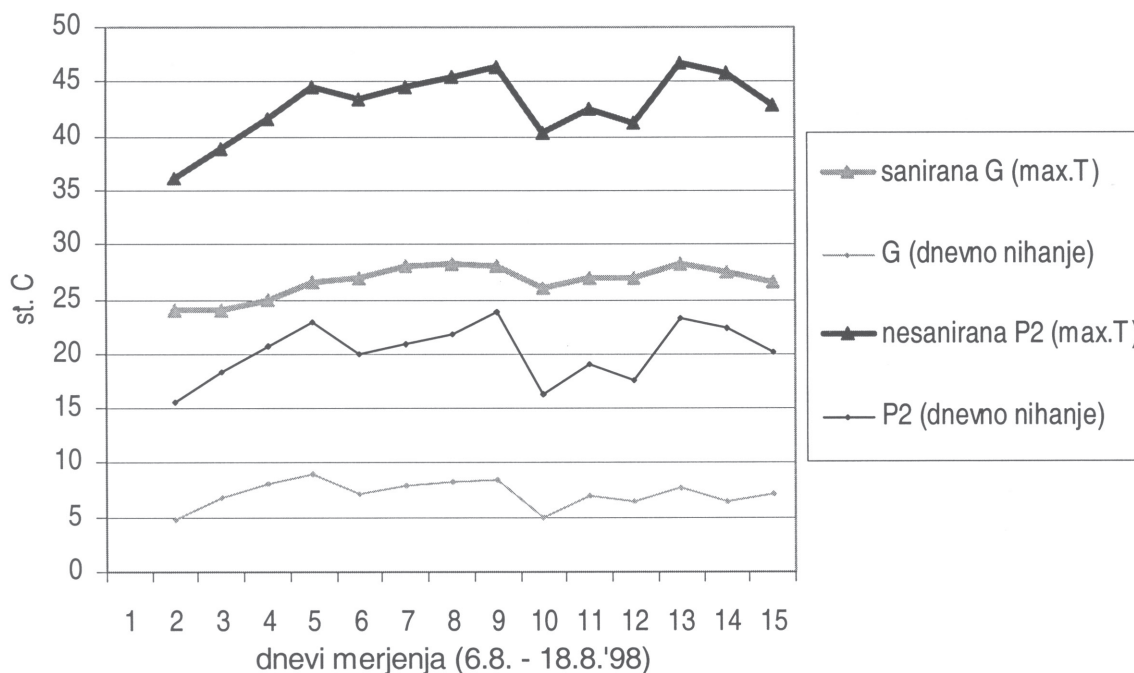
Slika 2: Najvišje dnevne temperature (max. T) in dnevna nihanja temperature tal (na 5 cm globine) pred olistanjem grmovnega sloja na prisojnih brežinah Grosuplje (G) in Polica 2 (P2)

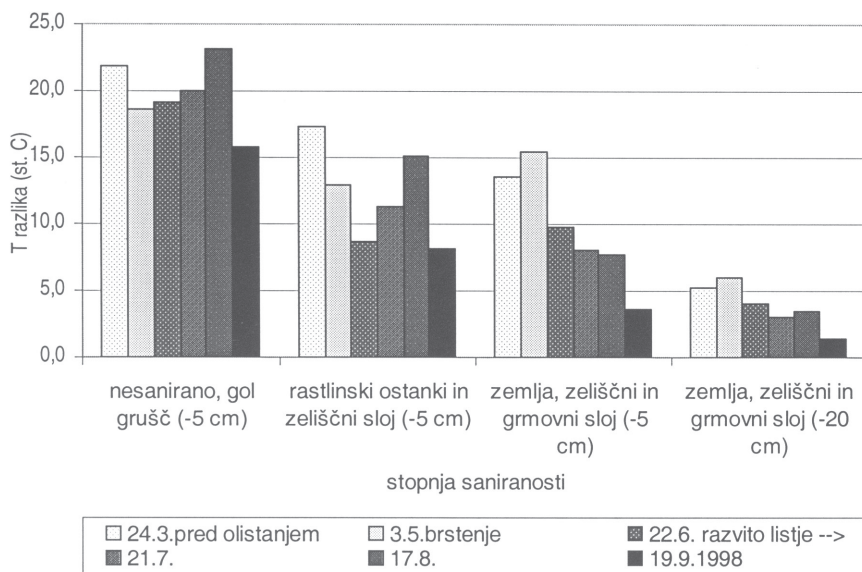
Fig. 2: Highest daily temperatures (max. T) and daily temperature swaying of the grounds (5 cm deep), before foliation of shrub layer on south slopes Grosuplje (G) and Polica 2 (P 2)



Slika 3: Najvišje dnevne temperature (max. T) in dnevna nihanja temperature tal (na 5 cm globine) v času najvišjih letnih temperatur na prisojnih brežinah Grosuplje (G) in Polica 2 (P 2).

Fig. 3: Highest daily temperatures (max. T) and daily temperature swaying of the grounds (5 cm deep), during the annual highest temperature period on south slopes Grosuplje (G) and Polica 2 (P 2)





Slika 4: Vpliv sanacije na dnevno nihanje temperature v različnih obdobjih na prisojnih brežinah, na nesanirani Polica 2 in sanirani Grosuplje (globine merjenja temperature so v oklepajih)

Fig. 4: Influence of sanation on daily temperature swaying in different time periods on south slopes, on the nonsanated Polica 2 and sanated Grosuplje (depths of temperature measuring are in brackets)

prvem primeru komaj 4,1 °C, v drugem pa 11,5 °C. Velika razlika v temperaturnem nihanju kaže na relativno veliko bolj milo fitoklimo na sanirani in ozelenjeni brežini G.

Vpliv vegetacije je zelo dobro razviden iz primerjave rezultatov na istem mestu (sliki 2, 3), v različnem letnem času. O ugodnem učinku vegetacije najbolj zgovorno pričajo podatki o dnevnem nihanju temperature vrhnjega sloja tal na prisojnih brežinah. Na nesanirani brežini (P 2) je v času pred olistanjem povprečno dnevno nihanje temperature 14,6 °C, avgusta, v času najvišjih letnih temperatur, pa kar 20,2 °C. Pri sanirani brežini (G), na kateri uspeva gost grmovni sloj, pa je pred olistanjem povprečno dnevno nihanje 11,7 °C, avgusta pa celo manj, samo 7,1 °C (sliki 2, 3). V času pred olistanjem grmovnega sloja se tako najvišje dnevne temperature in nihanje na različnih brežinah bistveno ne razlikujejo (slika 2), medtem ko so razlike v omenjenih parametrih med brežinama v času najvišjih temperatur očitne (slika 3).

Če primerjamo prisojno (G) in osojno ozelenjeno brežino (P 1), se v povprečju najvišje temperature in nihanje praktično ne razlikujejo (< 1 °C), medtem ko so temperature na goli prisojni brežini (P 2) za 6 °C višje kot na osojni (P 1a).

Nihanje s kakovostjo sanacijskih ukrepov oziroma razvitostjo vegetacije upada v vseh petih obdobjih merjenja. Rezultati prikazujejo veliko večje dnevnotemperaturno nihanje na nesanirani brežini (P 2), zlasti tam, kjer je podlaga gola. Iz slike 4 je

razviden učinek vegetacije, saj se histograma za sanirano brežino G na desni bistveno razlikujeta od skrajno levega z nesanirane brežine P 2. Dnevno nihanje temperature se na nesanirani brežini vse do obdobja najvišjih temperatur (17. 08.) zvišuje, medtem ko na sanirani zasledimo močno zmanjšanje nihanja med 03. 05. (faza brstenja, razvijanja listov) in 22. 06. (optimalna razvitost listov). V nadaljnje gre za zmanjševanje nihanja od olistanja, pa do konca vegetacijske sezone, ko se zasenčenost tal še povečuje.

### 3.2 Kemijski in fizikalni talni dejavniki

Rezultati talnih analiz in oznake vzorcev so prikazani v tabeli 3.

Reakcija tal je na nesaniranih predelih povsod bazična (razen št. 27), ker je podlaga karbonatna. Na saniranih predelih, kjer je debelejša plast zemlje, so tla povprečno nevtralna.

Bazičnost tal je tudi dodatni vzrok za nizke vsebnosti lahko dostopnega fosforja. Vsi vzorci, razen št. 27, 28, kažejo na siromašna tla, saj vsebujejo manj kot 6 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na 100 g tal. Med saniranimi in nesaniranimi mesti ni opaznih razlik, izstopata vzorca z nesanirane brežine Polica 2 (št. 27, 28). Tu so med dolomitom plasti lapornih peščenjakov in skrilavcev, ki vsebujejo več fosforja.

Rezultati kažejo na razlike v vsebnosti kalija med saniranimi in nesaniranimi mesti. Vzorci s ploskev, kjer je pokrovnost drevnine nad polovico



površine in/ali tla prekriva gosta travnata ruša, kažejo na srednje preskrbljena tla. Zopet izstopa vzorec št. 27.

V vseh vzorcih so količine dušika zelo nizke. Izstopa vzorec št. 35, nabran v območju koreninskega sistema rakitovca (*Hippophaë rhamnoides*), ki živi v simbiozi s fiksatorji zračnega dušika (rod *Frankia*). Vseeno je opazna razlika med saniranimi in nesaniranimi predeli, saj so v splošnem vrednosti na saniranih brežinah P 1 in G višje.

Vsebnost organske snovi je spet močno odvisna od pokrovnosti vegetacije, kar je razumljivo. To je najlepše razvidno pri nesanirani brežini Polica 2, kjer je vsebnost tam, kjer na sicer neozelenjeni brežini najdemo zarasle pasove in gostejše sestoje vegetacije (vzorci št. 27, 29, 31), vsaj dvakrat višja od drugih, kjer je vegetacija redkejša. Najmanj organske snovi je v vzorcih z nesanirane brežine Polica 1a (št. 13-21).

Razmerje C/N je merilo za ocenjevanje stopnje razgradnje organske snovi v tleh in s tem merilo za količino sproščenega dušika (N) iz organske snovi. Rezultati so, razen št. 27, nižji od 20, pri čemer se sprošča precejšnja količina organsko vezanega dušika. Čeprav je razmerje C/N ugodno in mineralizacija poteka, so vsebnosti dušika nizke zaradi nizke vsebnosti organskih snovi, iz katere naj bi se sproščal dušik.

Iz rezultatov je razvidno, da so v sanacijskem postopku z nanosom plasti zemlje izboljšali teksturo tal – zmanjšali so delež peska (vzorci št. 7-11, 20-22, 36-41).

Delež skeleta je visok na mestih, kjer ni bilo uspešne sanacije. Tam gre za pretežno skeletna tla, ki vsebujejo malo hranil in vode, pokrovnost vegetacije pa je majhna. Zavajajoča pri tem je nizka vsebnost skeleta na osojni nesanirani brežini Polica 1a (št. 13-22), kjer je pokrovnost prav tako majhna.

### 3.3 Vodni režim

Vrednosti trenutne vsebnosti vode so nizke tam, kjer brežina ni bila sanirana ali je sanacija propadla. Najnižje vrednosti so na golih delih prisojnih brežin (G, P 2), vendar pa podobne vrednosti zasledimo tudi na mestih podorov na osojnih brežinah (P 1, P 1a). Vpliv ekspozicije je najlažje primerljiv pri enakem vegetacijskem pokrovu in talni sestavi (travišče z dominantno *F. rubra*), kjer je na osojni sanirani brežini P 1 vsebnost vode kar 33,2 %, na prisojni G pa le 19,3 %, kljub manjšemu naklonu. S primerjavo vzorcev z osojne brežine P 1 vidimo tudi

vpliv naklona, saj je na mestu, kjer je naklon 36°, vsebnost vode skoraj dvakrat višja (33,2 %), kot je pri naklonu 50°.

Poljska kapaciteta (PK) je podana v volumskih odstotkih tal. Pri tem smo upoštevali delež skeleta, ki zmanjšuje PK oziroma največjo količino vode, ki jo tla lahko vsebujejo. Več kot tri četrtine vzorcev ima PK 20–35 %, to so večinoma ilovnati peski in peščene ilovice. Na sanirani brežini Polica 1 je očitna razlika med substrati na nestabilnih območjih, kjer prevladujeta skelet in pesek, ki vsebuje v povprečju do 13 % vode in stabilnimi območji, saniranimi in prekritimi z ilovicami, ki vsebujejo do cca. 31 % vode. Substrat na nesanirani brežini Polica 1a večinoma vsebuje do 20 % vode, kjer gre za peščeno ilovico, ki je tam na mnogih mestih v debelih plasteh. Kjer brežino prekriva navožena plast glinaste ilovice oziroma gline, je poljska kapaciteta lahko 60 vol. %. Na nesanirani brežini Polica 2 tla le na mestih z malo skeleta vsebujejo do 20 vol. % vode, sicer so vrednosti pod 10 %, v povprečju pa 14 %. Na sanirani brežini Grosuplje imajo tla največjo PK na zgornjem položnem delu in na spodnji bermi (cca. 50 %), kjer so neskeletna in spadajo v teksturni razred glinaste ilovice. Kjer sanacija ni uspela in je zemljo odplavilo, uspevajo le še posamezne grmovnice, ruderalke in nekatere trave, tam je substrat zelo skeleten, vsebuje največ 14 vol. % vode. Na predelih, kjer je ilovica in malo skeleta, vsebujejo tla do 22–28 % vode.

Rastlinam dostopna voda (RDV) je izražena kot količina vode, ki jo definirata poljska kapaciteta in trajna točka venenja (TTV), ko je voda vezana na talne delce tal s tolikšno silo, da jo večina rastlin ni več sposobna vsrkati. Vrednosti dostopne vode (v vol. %) se relativno ne razlikujejo od vrednosti poljske kapacitete, se pa jasno razlikujejo po absolutnih, ki so na brežinah približno dvakrat manjše. Opazna razlika se pojavi le pri pretežno glinastih tleh, saj je večina vode vezana s takšno silo, da je rastline ne morejo absorbirati. Po količini rastlinam dostopne vode (RDV) se sanirana brežina P 1 (vzorci št. 2-11) in nesanirana brežina P 1a (št. 13-22) v bistvu ne razlikujeta, pričakovali bi, da je dostopne vode na sanirani brežini več. V povprečju je količina RDV na nesanirani brežini P 1a celo večja (52 mm) kot na sanirani P 1 (42 mm). Vzrok sta strma skalnata podlaga in zelo prepusten dolomitni pesek, ki izničila prednosti nanesenega sloja zemlje z najbolj ugodno teksturo in poljsko kapaciteto. Količina dostopne vode je najnižja na nesanirani prisojni brežini P 2, kjer je večinoma kamenišče ali protorendzina, v povprečju največ 27 mm. Največja

*Tabela 3: Rezultati analiz tleh vzorcev  
Tab. 3: Results of the analyses of soil samples*

število vzorca	sanirana osojna brežina P1										nesanirana osojna brežina P1a										nesanirana prisojna brežina P2										sanirana prisojna brežina G									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29	30	31	33	35	36	37	38	39	40	41				
naklon (stopinje)	34	24	54	55	38	48	50	36	33	42	38	35	5	7	41	8	35	30	30	30	49	42	60	65	48	50	35	11	35	50	58	40	24	20	20	2				
ekspozicija (Beers)	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	2	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	1,71	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29				
saniranost	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1				
globina tal	40	40	39	13	40	10	13	40	40	40	28	40	40	27	25	40	40	40	40	40	27	40	20	12	25	40	35	30	40	10	10	14	34	40	40	40				
grmovni sloj	0	0	75	25	80	45	90	2	33	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	40	90	80	96	75	4	0				
pH (CaCl2)	7,6	7,4	7,4	7,2	7,2	7,2	7,3	7,0	7,1	7,1	7,8	7,4	7,6	7,4	7,4	7,6	7,5	7,4	7,4	7,3	7,6	7,4	7,6	7,2	7,3	7,3	7,5	7,3	7,3	7,4	7,3	7,2	7,0	7,3	6,9	7,1				
P2O5 mg/100g	0,4	0,6	0,5	0,7	0,9	1,0	1,0	1,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,5	2,9	2,0	11,1	6,3	3,6	1,8	0,8	0,8	1,2	2,0	0,7	1,0	0,9	1,1	1,0				
K2O mg/100g	2,2	4,3	3,8	5,0	6,5	10,1	10,8	13,7	8,2	9,6	1,6	1,6	1,7	3,1	1,7	2,9	6,9	8,6	6,0	5,5	3,8	5,0	1,9	12,0	7,4	7,9	4,1	7,4	7,7	5,0	16,3	10,8	10,8	7,2	9,1	9,8				
organska snov (%)	0,07	1,20	0,50	1,80	2,80	2,40	2,20	4,10	2,40	4,40	0,03	0,07	0,07	0,80	0,10	0,10	0,70	1,10	0,10	1,70	0,30	0,50	0,20	2,90	0,70	2,00	0,70	1,90	1,90	2,40	8,00	2,70	4,60	4,00	3,20	2,60				
C/N	2,0	17,4	9,7	13,1	13,5	9,9	9,1	14,9	11,6	13,4	1,7	1,4	2,0	11,6	5,8	5,8	6,8	9,1	0,8	12,3	8,7	7,3	5,8	33,6	13,5	11,6	13,5	15,7	15,7	13,9	19,3	12,0	20,5	16,6	10,9	11,6				
skupni N (%)	0,02	0,04	0,03	0,08	0,12	0,14	0,14	0,16	0,12	0,19	0,01	0,03	0,02	0,04	0,01	0,01	0,06	0,07	0,07	0,08	0,02	0,04	0,02	0,05	0,03	0,10	0,03	0,07	0,07	0,10	0,24	0,13	0,13	0,14	0,17	0,13				
sand (%)	84,1	67,5	65,2	57,7	37,1	8,7	10,5	24,4	34	17,4	64,9	66,1	70,4	51,9	69,8	71,7	53,9	24,3	31	39,3	70,3	72,3	74,9	62,1	71,7	53,1	79,6	63,4	45,3	55,6	27,2	29,7	15,3	34,5	10,2	9,1				
meľ (%)	11,8	23,4	28,6	27,9	40,8	60	60,2	51,3	44,1	58,1	30,5	29,7	25,8	36,4	24,8	19,7	26,8	31,7	39,1	35,4	21,4	20,3	21,7	26,9	16,8	30,2	15,1	23,8	31,1	28,8	47,9	46,7	57,6	42,7	61,4	52,5				
glina (%)	4,1	9,1	6,2	14,4	22,1	31,3	29,3	24,3	21,9	24,5	4,6	4,2	3,8	11,7	5,4	8,6	19,3	44	29,9	25,3	8,3	7,4	3,4	11	11,5	16,7	5,3	12,8	23,6	15,6	24,9	23,6	27,1	22,8	28,4	38,4				
skeletnost (vol.%)	64	39	47	30	8	2	4	10	12	6	8	7	4	5	9	6	73	5	8	7	79	47	61	62	13	22	68	21	28	40	38	30	3	15	1	2				
Pojjska Kapacit. (vol.%)	7,5	15,2	11,7	18,3	32,1	49,8	53,6	30	29,4	31,5	19,3	19,5	20,2	23,7	20	22,9	7,4	62	34,4	32,2	5,4	11,7	8,2	9,6	23,6	21,6	6,6	19,7	23,9	15,7	21,6	24,4	48,6	28,1	54,9	54,6				
Rastl.Dost.Voda (vol.%)	5,4	11	8,5	12,7	14,7	19,7	26,2	16,1	13,6	16,9	13,8	14	14,5	16,1	14,5	16,8	4,9	16,6	17,4	14,9	3,9	8,5	5,9	6,5	15,8	14,1	4,5	13,8	9,8	10,9	9,5	11,5	21,4	12,4	26,7	26,4				



Tabela 4: Število taksonov na posameznih brežinah in sintaksonomski spekter obcestne in okoliške vegetacije. Deleži taksonov iz posameznih sintaksonov in mahov

Tab. 4: Number of taxa on individual slopes and syntaxonomic spectrum of roadside and adjacent vegetation. Participation of taxa from individual syntaxa and mosses

objekt	Polica 1	Polica 1a	Polica 2	Grosuplje	gozd	suhi travnik
oznaka objekta	P 1	P 1a	P 2	G		
lega	severna	severna	južna	južna	severna	razne
saniranost	da	ne	ne	da	*	*
število taksonov na objektih						
višje rastline	140	106	90	115		
mahovi	23	17	2	4		
povprečno / popis	28,3	28,6	17,4	19,7		
deleži sintaksonov (v %)						
<i>Quercus-Fagetea</i>	14	10	16	9	53	14
<i>Quercetea robore-petraeae</i>	2	5	3	3	6	4
<i>Vaccinio-Piceetea</i>	1	1	1	2	6	1
<i>Erico-Pinetea</i>	2	2	3	1	5	3
<i>Trifolio-Geranietea</i>	4	3	5	5	3	3
<i>Epilobietea angustifolii</i>	2	2	3	-	2	1
<i>Galio-Urticetea</i>	5	1	2	3	2	1
<i>Calluno-Ulicetea</i>	3	2	2	-	1	3
<i>Festuco-Brometea</i>	7	17	14	9	5	37
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	21	24	21	26	3	22
<i>Artemisietea vulgaris</i>	9	10	12	17	-	5
<i>Stellarietea mediae</i>	7	3	5	15	-	-
ostalo	8	7	9	7	3	6
mahovi	14	14	2	3	11	-

količina RDV je na mestu, kjer je gost sestoj rdeče bilnice (*Festuca rubra* ssp. *rubra*), kar tudi pojasnjuje njeno uspevanje na sicer slabo zaraščeni brežini. Sanirana prisojna brežina G je po količinah dostopne vode najbolj raznovrstna. Na strmem delu brežine (38–60°), kjer sanacija ni uspela in so tla skeletna, so vrednosti v povprečju 11 mm. V primeru podora, kjer je substrat, čeprav zelo skeleten, veliko globlji, je RDV do 39 mm. Tam je zeliščni sloj v celoti prekril tla že v dveh letih. Na zgornjem položnem delu brežine (15–20°), kjer so tla globoka, in na bermi je dostopne vode toliko kot na položnem travniku (do 107 mm).

### 3.4 Vegetacija in flora

V vseh fitocenoloških popisih smo skupaj določili 262 taksonov, ki so bili prineseni z zemljo, posejani, sajani ali pa so se naselili iz okolice. Po absolutnem številu je bila vrstno najbolj bogata osovna sanirana brežina P 1, število taksonov na objektih je razvidno iz tabele 4.

Flora in vegetacija cestnih brežin se opazneje ločita od okoliške, občutno manj antropogene vegetacije, kot se med seboj ločijo posamezne brežine, kar kažejo rezultati analiz (tabela 4) sinsistematskih spektrov vegetacije. To je posledica izredno močnega človekovega vpliva, ki poleg ustvarjanja reliefa, pomeni še dovajanje tal in vnos rastlinskih vrst. Antropogenost najbolj nakazujejo ruderalne vrste iz razredov *Artemisietea vulgaris* in *Stellarietea mediae*, ki so na vseh brežinah pogoste, v okoliški vegetaciji pa redke (nekaj %) ali odsotne (slika 5).

Na vseh brežinah imajo največji delež vrste razreda *Molinio-Arrhenatheretea* (22–26 %), ki so sicer značilne za intenzivno gojene travnike, predvsem zaradi sestave setvene mešanice in priseljevanja z okoliških travnikov. Poleg tega ekološke razmere na brežinah omogočajo razvoj predvsem travniških in ruderalnih vrst s široko ekološko amplitudo, veliko konkurenčno močjo in veliko sposobnostjo razširjanja (Stottele 1995).

Ruderalke (*Artemisietea vulgaris* & *Stellarietea mediae*) tako skupaj tvorijo velik delež, ki je višji na

saniranih (16–32 %) kot na nesaniiranih brežinah (13–17 %). Večji delež, zlasti razreda *Stellarietea mediae* (enoletnih plevelov, ki so indikatorji nedavnih motenj) na saniranih brežinah, si razlagamo z večjim človekovim vplivom.

Vrste gozdov, gozdnih robov in posek (*Quercus-Fagetea*, *Quercetea robori-petraeae*, *Vaccinio-Piceetea*, *Erico-Pinetea*, *Galio-Urticetea*, *Trifolio-Geranietea*, *Epilobieteae angustifolii*) imajo največji delež (34 %) na brežini P 2 (nesaniirana in prisojna), kjer so najbolj ekstremne mikroklimatske razmere, in na nasprotni ležeči sanirani in osojni brežini P 1 (31 %). Obe brežini sta namreč vrezani v hrib, porasel z bukovjem (slika 8), od koder se te rastline priseljujejo in tako brežini kažeta najhitrejšje zaraščanje z avtohtonimi vrstami, pri čemer saniranost nima odločilne vloge. Ta podatek pa za absolutno poraščenost ne pove veliko, saj je na nesaniirani brežini P 2 pokrovnost vegetacije najmanjša, delež teh vrst je visok predvsem zaradi odsotnosti konkurence in bližine gozda. Na drugih dveh brežinah (P 1a & G) je teh vrst le 23 %. Od sintaksonov v tej skupini prevladuje *Quercus-Fagetea*.

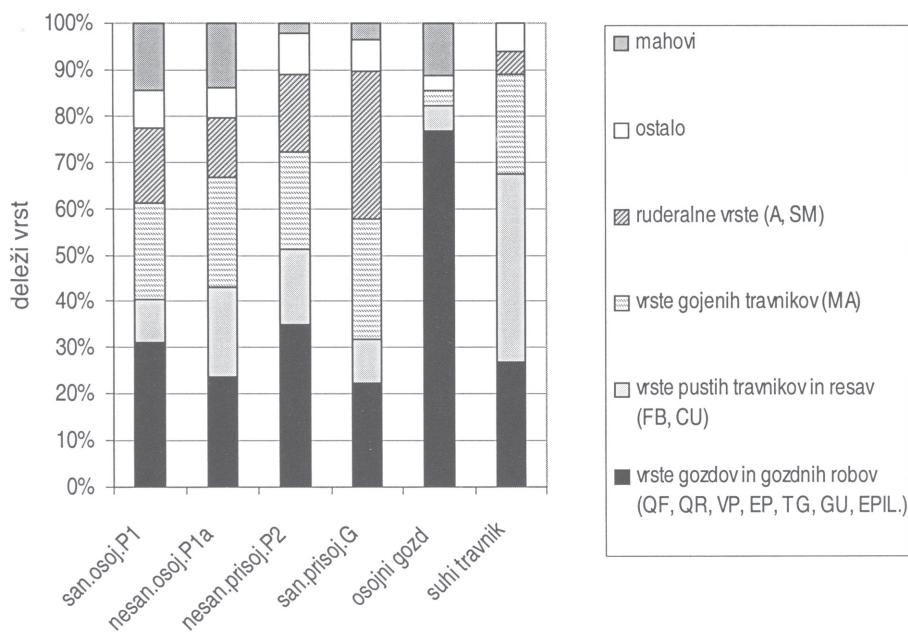
Mahovi imajo pomemben delež na osojnih brežinah P 1 & P 1a (14 %), celo večji kot v gozdu (11 %). Označimo jih lahko kot pionirje senčnih rastišč.

Razred *Festuco-Brometea*, značilen za suhe travnike, ima največji delež na nesaniiranih brežinah, na osojni P 1a 17 % in na prisojni P 2 14 %. Visok delež teh vrst favorizira suho, siromašno in svetlo rastišče, ki ni sanirano in ozelenjeno in kjer ni medvrstne konkurence. Na osojni nesaniirani brežini P 1a je zaradi lege pod ekstenzivnim travnikom velik delež teh vrst. Na saniranih brežinah je delež vrst tega razreda 8 %.

Tudi rezultati metode metrične ordinacije kažejo na precej večjo podobnost med popisi okoliške vegetacije, četudi so to osojni in prisojni gozdovi, kislojubilni gozd in suhi travniki, kot pa podobnost teh skupin določenemu tipu brežine. To prikazuje tudi razporeditev popisov na razsevnem grafu (slika 6), kjer se popisi iz gozda in gozdnega roba na podobnih tleh razvrstijo zelo daleč od skupin popisov s cestnih brežin na degradiranih tleh. Rezultati nam pokažejo tudi izrazito razhajanje med popisi na sanirani osojni brežini P 1 in popisi na nesaniirani prisojni brežini P 2 (slika 7). Popisi s sanirane prisojne brežine G in nesaniirane osojne brežine P 1a se na grafikonu precej prekrivajo, mešajo pa se tudi s popisi z ostalih brežin. S pomočjo dendrograma hierarhične klasifikacije smo vse popise na osnovi podobnosti razvrstili v pregledno tabelo (tabela 7). Posamezni popisi znotraj teh skupin so si bolj podobni.

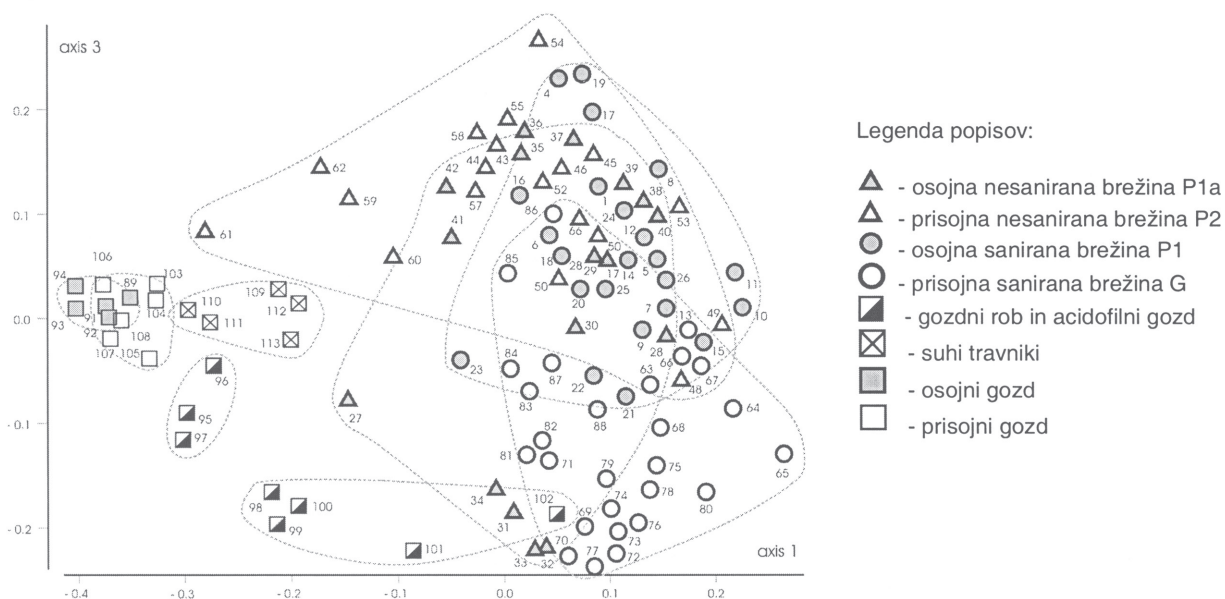
Slika 5: Sintaksonomski spekter vegetacije cestnih brežin (P 1, P 1a, P 2, G) in okoliške vegetacije. Zastopanost glavnih skupin sintaksonov

Fig. 5: Syntaxonomic spectrum of vegetation of roadside slopes (P 1, P 1a, P 2, G) and of adjacent vegetation. Representation of main groups of syntaxons

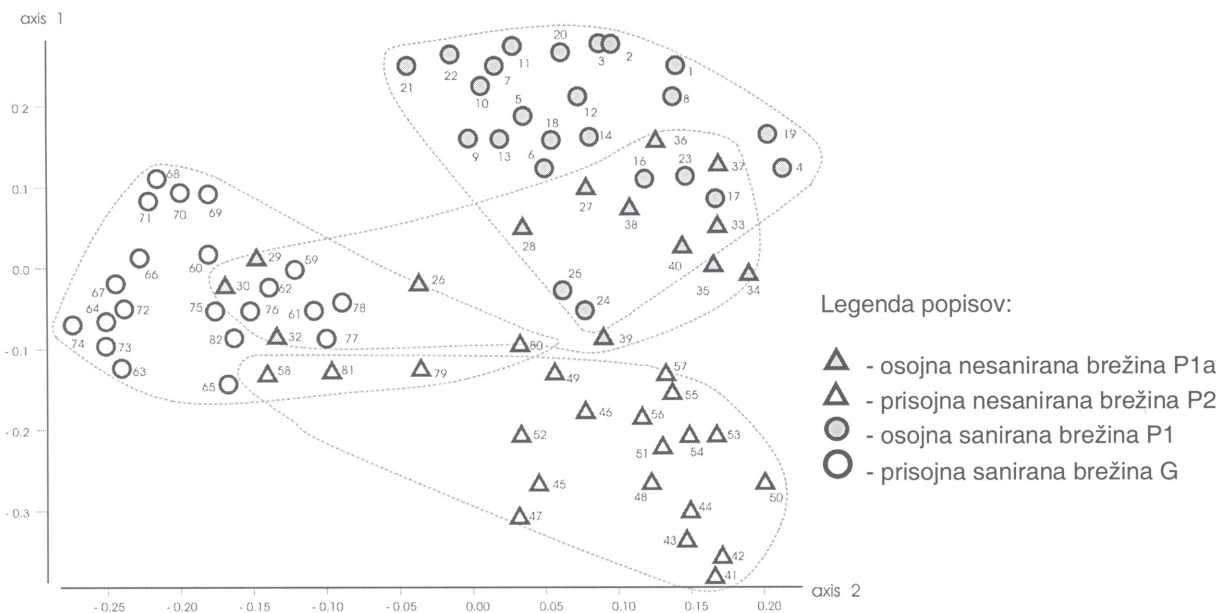




Slika 6: Razsewni graf vseh vegetacijskih popisov  
Fig. 6: Scatter diagram of all relevés



Slika 7: Razsewni graf popisov s štirih cestnih brežin  
Fig. 7: Scatter diagram of relevés from four roadside slopes



Naše raziskave potrjujejo ugotovitve Heindlove (1992), ki pravi, da je kljub velikim razlikam v mikroklimi in talnih dejavniki vegetacija brežin bolj enotna po sestavi in izgledu, kot je posamezna brežina v odnosu do okoliške vegetacije. To pa ni cilj uspešne sanacije in ozelenitve, v smislu spajanja brežine z okolico.

Očitno je, da je vegetacija posamezne brežine bolj heterogena kot okoliška vegetacija na primerljivih rastiščih. Vegetacije brežin ne moremo uvrstiti v induktivni sintaksonomski sistem zaradi heterogenosti floristične strukture, ki nastane zaradi neenakomerne razporeditve abiotičnih dejavnikov (neenakomernosti sanacijskih ukrepov). Manjkajo

ozko specializirane vrste, ki bi omogočile ločitev nižjih sintaksonov, v sestojih pogosto prevladuje ena sama vrsta. Na osnovi dendrograma in tabele 7 smo popise brežin na osnovi podobnosti razvrstili v 15 skupin, za katere smo po deduktivni metodi (Kopecký 1978, Šilc 2001) ugotovili 8 različnih temeljnih in izpeljanih rastlinskih združb. Dve tretjini popisov lahko uvrstimo v temeljno združbo *Festuca rubra ssp. rubra*–[*Molinio-Arrhenatheretea*].

Temeljne združbe:

- Festuca rubra ssp. rubra*–[*Molinio-Arrhenatheretea*]
- Arrhenatherum elatius*–[*Molinio-Arrhenatheretea*]
- Melilotus alba*–[*Artemisietea vulgaris*]

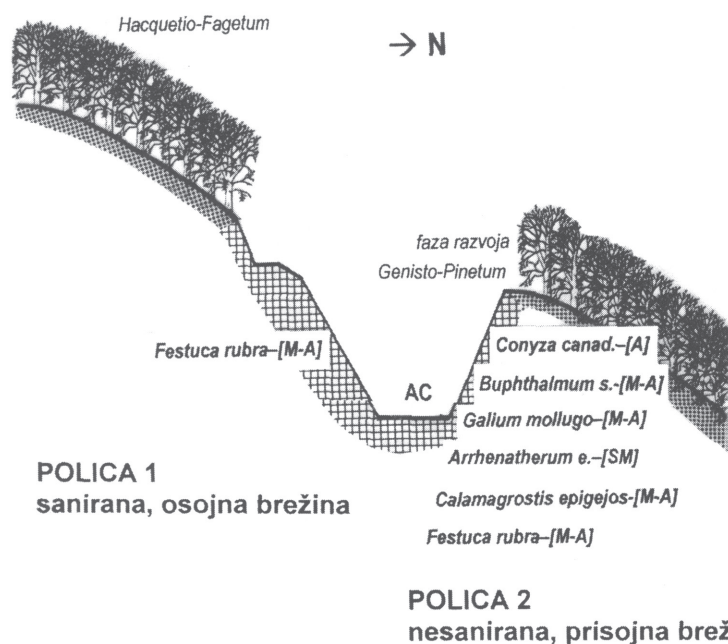
izpeljane združbe:

- Arrhenatherum elatius*–[*Stellarietea mediae*]
- Galium mollugo*–[*Molinio-Arrhenatheretea*]
- Bupthalmum salicifolium*–[*Molinio-Arrhenatheretea*]
- Calamagrostis epigejos*–[*Molinio-Arrhenatheretea*]
- Conyza canadensis*–[*Artemisietea vulgaris*]

faza razvoja asociacije:

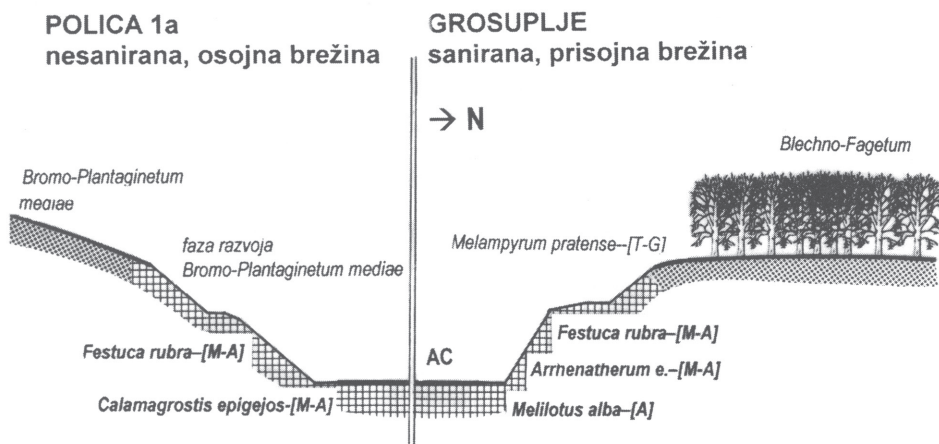
- Genisto januensis*-*Pinetum*
- Bromo-Plantaginetum mediae*

V skupino popisov tovrstnih združb se je uvrstilo tudi nekaj popisov z brežin, ki pa niso tipični. Primer je velika podobnost popisa B 1 (22)



Slika 8: Shematični prečni prerez območja brežin Polica 1 in 2. Cesta je vkopana v osovno gozdnato pobočje

Fig. 8: Schematic cross section of the site of slopes Polica 1 and 2. Road is cut into the forested north slope



Slika 9: Shematični prečni prerez območja brežine Polica 1a, ki leži pod suhim travnikom in na območju brežine Grosuplje, ki leži pod kislojubnim gozdom

Fig. 9: Schematic cross section of the site of slope Polica 1a, situated under the dry meadow and of the site of slope Grosuplje, situated under the acidophilous forest



s popisi s suhih travnikov zaradi lege popisne ploskve neposredno pod ekstenzivnim travnikom (slika 9), kar omogoča nastanek takšne vegetacije, čeprav so rastiščne razmere po vseh proučevanih dejavnikih in antropogenem nastanku veliko bolj podobne razmeram na nesanirani osojni brežini Polica 1a. Fizični stik kot pogoj za vzpostavitev vegetacije suhih travnikov navajata tudi Ulmann & Heindl (1986).

### 3.5 Preučevanje vplivov dejavnikov z metodo direktne gradientne analize (CCA)

Učinki na rastiščne razmere oziroma pomembnost vpliva posameznih ekoloških dejavnikov na sestavo vegetacijskega pokrova je prikazan v Tabeli 5.

Tabela 5: Vrstni red dejavnikov izračunan s pomočjo metode kanonične skladenjske analize CCA (Canonical Correspondence Analysis)

Tab. 5: The order of factors calculated using the Canonical Correspondence Analysis method

dejavnik:	opis:
1. <b>Lega</b>	ekspozicija (po Beers '66)
2. <b>saniranost</b>	saniranost / nesaniranost
3. <b>naklon</b>	naklon $v^\circ$
4. <b>pH</b>	pH v 0,01M $\text{CaCl}_2$
5. <b>P</b>	$\text{P}_2\text{O}_5$ mg/100g tal
6. <b>skelet</b>	skeletnost (vol. %)
7. <b>glina</b>	% gline v finih tleh
8. <b>dostopna voda</b>	večini rastlin dostopna voda (vol.%)
9. <b>Grmi</b>	pokrovnost grmovnega sloja (%)
10. <b>C/N</b>	C/N razmerje
11. <b>org.C</b>	organski C (% finih tal)
12. <b>K</b>	$\text{K}_2\text{O}$ mg/100g tal
13. <b>Pesek</b>	% peska v finih tleh
14. <b>N</b>	skupni N (% finih tal)
15. <b>p.k.</b>	poljska kapaciteta (vol.%)
16. <b>Melj</b>	% melja v finih tleh

Direktna gradientna analiza omogoča primerjavo porazdelitve posameznih vrst z gradienti posameznih ekoloških dejavnikov. Na sliki 10 je prikazana porazdelitev posameznih popisov, ki jih predstavljajo liki glede na gradiente ekoloških dejavnikov, ki jih ponazarjajo puščice, ki kažejo v smeri gradienta posameznega dejavnika. Porazdelitev popisov nam omogoča njihovo razvrščanje v skupine, ki ustrezajo posameznim cestnim brežinam. Tako lahko razberemo tudi značilne ekološke dejavnike na posameznih brežinah.

Za nesanirano prisojno brežino Polica 2 je značilen substrat z visokim deležem skeleta in peska, pa tudi z relativno visoko vsebnostjo fosforja zaradi nekoliko drugačne geološke podlage, kjer so med plastmi dolomita tanjše plasti lapornih skrilavcev in peščenjakov. Rastiščne razmere so sicer na nesanirani prisojni brežini najslabše, zato je pokrovnost vegetacije majhna, pestrost vegetacije pa največja.

Za nesanirano osojno brežino Polica 1a je najbolj značilen parameter reakcija tal, saj so ta tukaj najbolj bazična.

Sanirana prisojna brežina Grosuplje je v povprečju najbolj nagosto porasla z lesnato vegetacijo, substrat pa ima najbrž posledično relativno najvišjo vsebnost kalija, organske snovi in dušika. Brežina je od proučevanih najbolj strma.

Na sanirani osojni brežini Polica 1 so rastiščne razmere najbolj ugodne. Substrat tu vsebuje relativno najvišje deleže gline in melja, posledično pa tudi največ dostopne vode. To se odraža tudi v vegetaciji, ki je tu najbolj enotna, kar je razvidno iz zgoščenosti likov, ki predstavljajo popise.

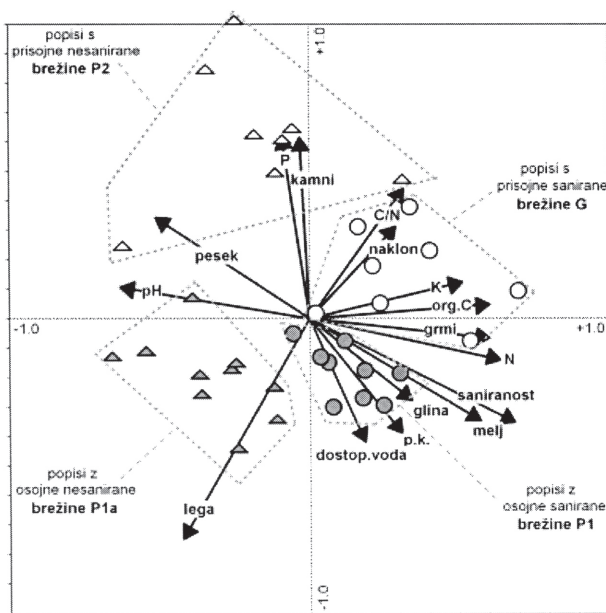
Na sliki 11 so popisi povezani v združbe, v katere smo jih uvrstili po deduktivni metodi. Zopet opazimo največjo pestrost v primeru nesanirane brežine P 2, kjer se pojavljajo skoraj vse ugotovljene združbe. Njeno nasprotje pa je brežina P 1, kjer so zaradi sanacije, in osojne lege rastiščne razmere toliko izenačene, da se pojavi samo ena združba. Drugi dve brežini imata prehodni značaj: P 1a, kjer je razlog za večjo pestrost odsotnost sanacije in prisojna sanirana brežina G, kjer je pestrost vegetacije večja zaradi slabših rastiščnih razmer, saj je naklon večinoma prevelik.

Slika 12 prikazuje razporeditev posameznih rastlinskih taksonov, značilnih za posamezne brežine in združbe ter osnovni inventar vrst (tabela 6). Mesto lika predstavlja optimum posamezne vrste glede na merjene ekološke dejavnike. V diagramu ni prikazane večine ostalih vrst, saj bi se njegova preglednost močno zmanjšala. Pet taksonov osnovnega inventarja je umeščenih približno na sredino diagrama, kar nakazuje njihovo neobčutljivost oziroma široko ekološko amplitudo.

## 4. DISKUSIJA

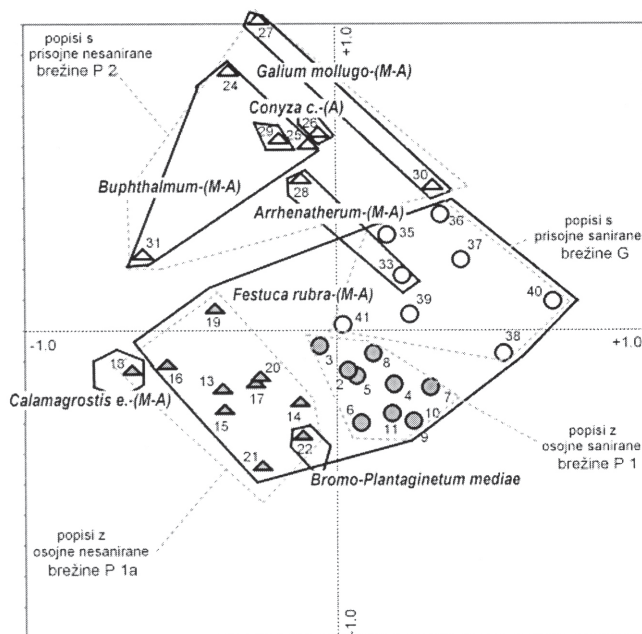
### 4.1 Ekološki dejavniki

Pomembni dejavniki, ki veljajo za vse brežine, so:



Slika 10: Ordinacijski diagram, rezultat CCA, ki prikazuje razvrstitev vegetacijskih popisov in smeri naraščanja gradientov ekoloških dejavnikov

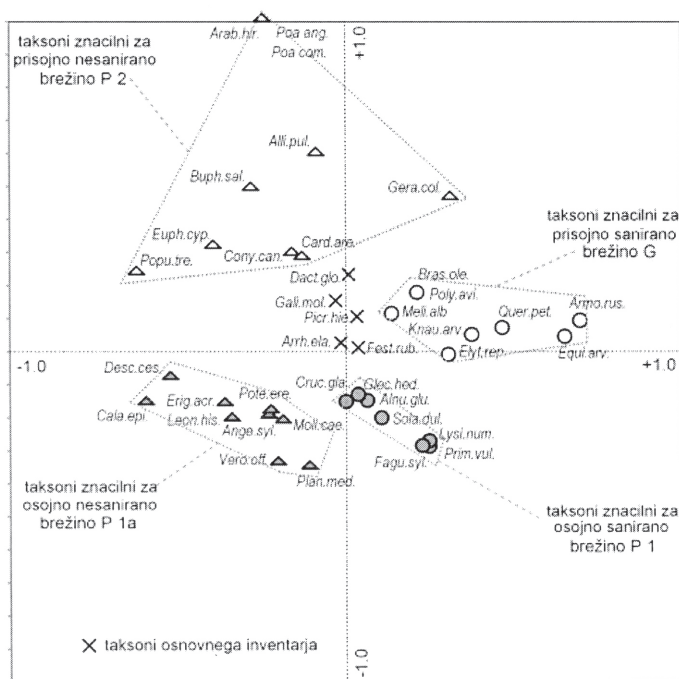
Fig. 10: Ordination diagram, result of CCA, displaying the distribution of releves and directions of increasing gradients of ecological factors



Slika 11: Ordinacijski diagram, rezultat CCA, ki prikazuje razvrstitev vegetacijskih popisov uvrščenih v združbe glede na gradiente ekoloških dejavnikov

Fig. 11: Ordination diagram, result of CCA, displaying the distribution of releves aligned in communities, according to gradients of ecological factors





Slika 12: Ordinaijski diagram, rezultat CCA, ki prikazuje razvrstitev posameznih taksonov glede na gradiente ekoloških dejavnikov. Mesto lika ponazarja optimum taksona glede na proučevane dejavnike (neokrajšana imena taksonov so v tabeli 6)

Fig. 12: Ordination diagram, result of CCA, displaying the distribution of individual taxons according to gradients of ecological factors (nonabbreviated names of taxons are in Table 6)

- velika strmina, s tem neugoden vodni režim in nestabilnost tal,
- siromašnost s hranili (N, P, K),
- bazična tla, ker so to zelo plitva oziroma skeletna tla na karbonatih,
- zmanjšan vpliv konkurence, ker gre za fazo naseljevanja.

Rezultati talnih analiz kažejo, da so tla bolj siromašna, kot so v splošnem na ekstenzivnih travnikih ali v gozdovih, še posebej je to očitno na nesanimiranih ali neuspešno saniranih predelih. Že Klein (1982) je na osnovi talnih analiz opredelil cestne brežine kot rastišče, revno z organskimi snovmi, bogato s kalcijem, suho do občasno vlažno, z bazično reakcijo tal in majhno vsebnostjo dušika. Na slabo saniranih predelih je v tleh visok delež skeleta oziroma peska, kar še poslabša navedene dejavnike in neugodno vpliva na vodni režim v tleh. S kemičnimi analizami ne moremo točno ugotoviti absolutne vsebnosti hranil, dobro pa je mogoče ugotoviti, ali je v tleh malo, dosti ali preveč rastlinskih hranil (Leskošek 1998). Tudi tu velja zakon minimuma, saj zavira rast tisti dejavnik, ki je prisoten v nezadostni količini, kljub optimalni prisotnosti ostalih. Vendar je treba tu omeniti tudi pojem optimuma rastiščnih dejavnikov, zlasti kar se

tiče temperatur tal, ki so mnogokrat previsoke za optimalno uspevanje vegetacije.

#### 4.1.1. Vodni režim

Z metodo kanonične skladnostne analize (CCA) smo ugotovili, da na sestavo vegetacije najopaznejše vpliva vodni režim oziroma naklon pobočja, ki določa količino prejetih padavin in je poleg ekspozicije, na katero v procesu sanacije ne moremo vplivati, najpomembnejši. Voda je izredno pomemben dejavnik na brežinah, kjer je pogosto primanjkuje, zato je temu treba nameniti posebno pozornost. Zelo strma brežina prejme zelo malo padavin, še te pa prej odtečejo po površini, kot se absorbirajo v tla (Barker 1994). To lahko izboljšamo s prestrezanjem površinskega odtoka z žepi, v katerih se zadržuje vlaga, če ima zemlja dovolj veliko poljsko kapaciteto. Ob močnih nalivih učinkuje voda razdiralno, kar naj bi sanacija BVS (Biotic Vegetation Strips) preprečevala z enakomernim porazdeljevanjem vode po vsej brežini.

Podatki o trenutni vsebnosti vlage v tleh zaradi vpliva mikroklimatskih razmer boljše odražajo dejanski vodni režim kot podatki o največji možni vsebnosti vode v tleh. Vpliv ekspozicije na trenutno

Tabela 6: Taksoni osnovnega inventarja in taksoni specifični za posamezne cestne brežine (imena taksonov so na sliki 12 skrajšana na 4 črke za rod in 3 črke za vrsto)

Tab. 6: Basic taxons and taxons specific for individual roadside slopes (names of taxons in Fig. 12 are abbreviated to 4 characters for genus and to 3 for the species)

oznaka popisa	A A A A A A A A A A	B B B B B B B B B B B B B B	C C C C C C C C C C C C C C	G G G G G G G G G G G G
	/ / 2 1 1 / / / / / /	/ / / 1 / / 1 / / 1 / / 1 /	/ / 1 1 1 / / / / 1 1 / / 2	1 1 / / / / 2 / 1 2
	1 2 4 7 9 3 9 7 6 4 5	1 2 9 0 7 8 1 3 3 4 5 4 6 6 5	1 2 8 7 5 4 7 9 6 6 3 8 5 0	0 1 2 4 5 7 4 8 2 1
	vse brežine			
<i>Festuca rubra</i> s.str.	2 3 3 3 1 4 3 4 + 3 5	1 3 2 3 3 3 3 1 1 1 3 3 2 ++	+ 2 2 2 4 2 1 + 2 . + + 1 .	2 1 3 2 4 4 4 + 1 1
<i>Picris hieracioides</i>	+ + . + + + . + + + +	+ + . + 2 2 2 + 2 . . . . .	+ 1 1 + 1 1 3 1 + 2 + . . .	2 2 2 4 2 + 1 + + 2
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1 1 1 2 1 + 2 1 + 2 .	. 2 + + . + 2 1 1 + 1 1 . +	+ 1 1 2 2 . . . 4 2 1 . + .	. + . 1 . + . 1 + 1
<i>Galium mollugo</i>	1 + + + + 1 1 1 + + .	. + + + . . . + + + + + + .	1 2 2 . . 4 1 2 1 1 . + +	+ + + . + . . . . +
<i>Dactylis glomerata</i>	+ . + . + . . . . . +	. . + . + + + . . . . . . . .	+ 1 1 4 + 1 1 1 + . + . + .	+ + 1 + . 1 + + + +
	P1 (sanirana, osojna)	P1a (nesanirana, osojna)	P 2 (nesanirana, prisojna)	G (sanirana, prisojna)
<i>Fagus sylvatica</i> (juv.)	. + . . + . . . . . +	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Cruciata glabra</i>	+ . . + . + . + . . . . .	. . . . . . . . . . . + . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Primula vulgaris</i>	. . . . + . . . . . + . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Glechoma hederacea</i>	. . 1 . + . 1 . + . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . + . . . .
<i>Lysimachia nummularia</i>	. + + + + . + . 2 1 . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Alnus glutinosa</i> (juv.)	. . + . . . . + . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Solanum dulcamara</i>	. + . . . . . + . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Erigeron acris</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . + + + + + . + . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Potentilla erecta</i>	+ . . . + . . . . . . . . . .	. . . + + . . . + 1 . 1 + + . +	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Veronica officinalis</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	+ . . . 1 + + . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Leontodon hispidus</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	+ . . + . . . + . r + 1 + + . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Deschampsia caespitosa</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . + 1 2 . . . . + . 1 . 1 + .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Angelica sylvestris</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . + + + 1 r + 1 . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Molinia caerulea</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . + 1 . + 1 . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Conyza canadensis</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . + + + + + + + . . . . . . .	+ 2 2 2 + 1 + 1 + 1 1 2 + + .	. + . + . . . . + + . . . . .
<i>Bupthalmum salicifolium</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . + + + + . . . . . . . .	5 3 3 3 + + 1 . . . . . 3 2	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Cardaminopsis arenosa</i>	. . . . . + . . . . . . . . . .	. . . . . + 2 + . . . . . . . . .	. . . . . + + + + 1 + + + + . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Euphorbia cyparissias</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . + . . . . . . . . . . .	+ 1 2 + 2 . . . . . . . . . 3 .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Populus tremula</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . + . . . . . . . . . .
<i>Allium pulchellum</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . + + . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Arabis hirsuta</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . + . . + . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Poa compressa</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . + + . . + . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Geranium columbinum</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . + . . + . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Poa angustifolia</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . 1 1 . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .
<i>Quercus petraea</i> (juv.)	. . . . r . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . + . + + . . . . . . . . .
<i>Knautia arvensis</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	+ + . . + . + + . . . . . . .
<i>Agropyron repens</i>	. . . . + . . . . + . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	1 . . + . + + 1 . . . . . .
<i>Polygonum aviculare</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . + + . . .
<i>Melilotus alba</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	4 4 + . . . . . . . . . . . .
<i>Armoracia rusticana</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . 2 + . . . . . . . . .
<i>Brassica oleracea</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . 1 + . . .
<i>Equisetum arvense</i>	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . . . . . . . . . . . .	. . . . . + 2 . . . . . . . . .

vsebnost vode je najbolj jasen na saniranih brežinah, pri enakem vegetacijskem pokrovu (*F. rubra*) in talni sestavi, kjer je na osojni brežini P 1 vsebnost vode kar 33,2 %, na prisojni G pa le 19,3 % kljub manjšemu naklonu in

ugodnejši teksturi tal. Enaka tla so na južnem strmeh pobočju večino časa bolj suha kot na severnem.

Oskrba z vodo je odvisna od naklona terena in je za strme brežine velik problem, ki zaradi velike



strmine (50-60°) prejmejo 40–50 % manj vode, kot bi jo v primeru ravne podlage, pri položnejši P 1a se zmanjša za približno 20 %. V primeru prisojnih brežin, kjer je evapotranspiracija večja, zaradi tolikšne izgube padavin vegetacija slabo uspeva. Količina vode je kljub saniranosti brežine premajhna. Razmere na brežini P 2 še poslabša odsotnost finih tal. S primerjavo vzorcev z osojne brežine P 1 vidimo vpliv naklona, saj je tam kjer je naklon 36°, vsebnost vode skoraj dvakrat višja (33,2 %) kot tam, kjer je 50° (17,3 %) (tabela 3).

Skeletnost in tekstura tal nekoliko manj vplivata na vodni režim kot naklon in ekspozicija. Skeletnost zmanjšuje rodovitnost tal, saj je v določenem volumnu na ta način manj rastlinam dostopnih hranil in manjša poljska kapaciteta. Kjer ni bilo uspešne sanacije, je delež skeleta visok, pokrovnost vegetacije pa majhna. Zavajajoča pri tem je nizka vsebnost skeleta na nesanirani brežini P 1a. Tam je vzrok za slabe razmere čez 50 odstotni delež peska v tleh. Tekstura vpliva na rast rastlin, ker določa zračnost tal, infiltracijsko sposobnost, ionsko kapaciteto in erodibilnost (Munshower 1994). Slabosti ilovnato-peščenih tal, ki so na nesaniranih predelih, so majhna poljska kapaciteta, slaba preskrba rastlin s hranili in nezmožnost zadrževanja dodanih hranil, ki jih padavine hitro izperejo. Najugodnejša so tla z več melja in gline. V peščenih tleh prisotnost gline močno poveča kationsko izmenjalno kapaciteto in sposobnost za zadrževanje vode, taka tla postanejo rodovitnejša. Iz rezultatov je razvidno, da so z nanosom plasti zemlje izboljšali teksturo tal, s čimer so dosegli višjo vsebnost hranil in vode ter optimalnejši pH.

Vsebnost rastlinam dostopne vode v tleh se na osojnih brežinah P 1 in P 1a v bistvu ne razlikuje. Skalnata podlaga in zelo prepusten dolomitni pesek na sanirani brežini P 1 izniči prednosti nanese-nega sloja zemlje, ki sicer med vzorci lahko vsebuje največ vode. Kjer gradi podlago le zelo globok dolomitni pesek, je lahko več dostopne vode kot tam, kjer je sloj zemlje na kompaktni matični osnovi. Količina rastlinam dostopne vode je najnižja na nesanirani prisojni brežini P 2, kjer je večinoma kamenišče ali protorendzina. Izjema je mesto, kjer je sestoj rdeče bilnice (*Festuca rubra* ssp. *rubra*), kar tudi pojasnjuje njeno uspevanje na sicer slabo zaraščeni brežini. Na strmem delu prisojne sanirane brežine G, kjer sanacija ni uspela, so vrednosti dostopne vode nizke. Zeliščni sloj tu prekriva dobro tretjino ploskev. Po prvih ozelenjevalnih ukrepih je sloj zelišč v celoti propadel zaradi neustreznosti vrst (Marinček et al. 1994). Kljub ponovnemu

sejanju ustrežnejših vrst, je rastišče preveč sušno, da bi se bolje razvil zeliščni sloj. Ob podoru, kjer je substrat veliko globlji, je dostopne vode lahko trikrat več. Tam je zeliščni sloj dosegel maksimalno pokrovnost že v dveh letih. Na zgornjem položnem delu brežine, kjer so tla globoka, je dostopne vode toliko kot na položnem travniku.

Večina vzorcev ima poljsko kapaciteto (PK) 20–35 % (tabela 3), to so večinoma ilovnati peski in peščene ilovice. Na sanirani osojni brežini P 1 je očitna razlika med substrati na nestabilnih območjih, kjer prevladujeta skelet in pesek (v povprečju do 13 % vode) in stabilnimi predeli, prekritimi z ilovicami, ki vsebujejo do cca. 31 % vode. Substrat na nesanirani osojni brežini P 1a, kjer so na mnogih mestih debele plasti peščene ilovice, večinoma vsebuje do 20 % vode. Kjer brežino prekriva navožena plast glinaste ilovice ali gline je PK lahko 60 vol. %. Na nesanirani prisojni brežini P 2 so vrednosti najnižje, le na mestih z malo skeleta vsebujejo tla do 20 vol. % vode. Na sanirani prisojni brežini G imajo tla največjo poljsko kapaciteto na zgornjem položnem delu in na spodnji bermi (cca. 50 %), kjer so glinasto-ilovnata tla neskeletna. Tam, kjer je ilovica in malo skeleta, tla lahko vsebujejo pol manj vode.

#### 4.1.2 Kemizem in hranila

Reakcija tal je naslednji dejavnik, ki določa razmere. Tla so na nesaniranih predelih bazična, saj gre za dolomitno protorendzino. Visoke koncentracije Ca- in Mg-kationov ustvarjajo preveč alkalno okolje, da bi se rastlina lahko zadovoljivo oskrbela s fosforjem in nekaterimi mikronutrienti. Na saniranih predelih, kjer je plast zemlje debelejša in pokrovnost vegetacije velika, pa so tla večinoma nevtralna.

Vsebnost fosforja v tleh, v katerih ga je zelo malo, med hranili najbolj vpliva na sestavo vegetacijskega pokrova. Tla so večinoma bazična, kar je eden od vzrokov za nizke vsebnosti lahko dostopnega fosforja. S tabele 3 vidimo, da so tla siromašna. Med saniranimi in nesaniranimi mesti ni opaznih razlik, izstopajo vrednosti z nesanirane brežine Polica 2, razlog je drugačna kameninska podlaga. Tu so med dolomitom plasti lapornih peščenjakov in skrilavcev, ki vsebujejo več fosforja. Mitchley et al. (1996) so pri proučevanju vegetacije na nasipih nerodovitega materiala ugotovili, da gnojenje z dušikom in fosforjem opazno poveča produktivnost in biomaso travnih vrst, po drugi

strani pa zmanjša pestrost in prisotnost avtohtonih vrst ter da pomanjkanje dušika in fosforja skupaj omejuje rast na nerodovitni podlagi.

Organska snov vpliva na rodovitnost tal z mnogih stališč. Deluje kot rezervoar za hranila in vodo, izboljšuje strukturo in s tem poroznost tal, infiltracijsko kapaciteto, izmenljivo kationsko kapaciteto, poljsko kapaciteto, s tem pa tudi toplotno prevodnost tal, ko so ta vlažna. Toplota se takrat hitreje odvaja v globino, površinski sloj tal se manj segreje (Gams 1989). V procesih mineralizacije se iz nje postopoma sproščajo hranila (zlasti K in N). Organska snov s sproščajočimi se kislinami tudi izboljšuje reakcijo tal, ki so na brežinah večinoma preveč bazična. Vsebnost je zopet močno odvisna od pokrovnosti vegetacije. Neporaščeni predeli vsebujejo zelo malo organske snovi, kar je lepo razvidno pri sicer nesanirani prisojni brežini P 2, kjer je vsebnost organske snovi na območju pasov gostejših sestojev vegetacije vsaj dvakrat višja kot tam, kjer je vegetacija redka. Najmanj organske snovi je v vzorcih z nesanirane brežine Polica 1a, kjer na dolomitnem pesku uspevajo le redki sestoji.

Ker se kalij (K) dobro sprošča iz rastlinskih ostankov, največji vzrok za pomanjkanje kalija pa je izpiranje (Rowell 1994), obstaja tesna povezava tudi med pokrovnostjo vegetacije in vsebnostjo K v tleh. Več je rastlin in opada, več K se sprost v tla, večja pokrovnost pa pomeni manjše izpiranje K s padavinami, kar vodi do višjih koncentracij kalija, te pa zopet omogočajo boljšo rast rastlin. Analize kažejo na razlike med saniranimi in nesaniranimi mesti. Vzorci s ploskev, kjer je pokrovnost visoka, kažejo na srednje preskrbljena tla.

Dušik ima v vseh vzorcih zelo nizek delež. Izstopa vzorec, nabran v območju koreninskega sistema rakitovca (*Hippophaë rhamnoides*), ki živi v simbiozi s fiksatorji zračnega dušika (rod *Frankia*). V splošnem so vrednosti na saniranih brežinah P 1 in G višje kot na nesaniranih.

Razmerje C/N je največ 20, kar pomeni zadovoljivo količino dušika (N) za rastline in bakterije. Tako razmerje pomeni, da je nekaj dušika, ki se sprost pri dekompoziciji, na voljo višjim rastlinam. Razmerje C/N je nizko na račun zelo hitre mineralizacije (zračna topla tla) in majhnega deleža organskih snovi v tleh.

#### 4.1.3 Temperaturni režim

Brežine se po mikroklimatskih razmerah zelo razlikujejo, saj se razlikujejo tudi po ekspoziciji in

saniranosti. Vegetacija v procesu zaraščanja vse bolj vpliva na ekološke razmere, zlasti po nastanku grmovnega sloja, ki takrat, ko je olistano močno vpliva na toplotne razmere na brežinah.

Maksimalne dnevne temperature tal in dnevno nihanje temperature so na južni nesanirani brežini (P 2) daleč najvišje in dosežejo 46,7 °C. Tako visoke temperature zelo slabo vplivajo na rastline, ekstremne temperature namreč odločilneje vplivajo na obstoj kot letna povprečna temperatura. Tu je pokrovnost vegetacije zelo majhna (večinoma pod 25 %). Na južni sanirani brežini (G) je najvišja temperatura za 18,5 °C nižja od omenjene. Tam je grmovni sloj dobro razvit. Na severnih brežinah so razlike med sanirano in nesanirano brežino zanemarljivo majhne (4,9 °C). Dnevni temperaturni maksimumi na severnih brežinah časovno zaostajajo za najvišjimi temperaturami na južnih brežinah. Vzporedno potekajo tudi minimumi relativne zračne vlage. Na osojnih brežinah je zato najbrž prekinitev fotosintetske aktivnosti v času poletne vročine manj verjetna oziroma krajša. Rastline lahko hitreje rastejo in so bolj vitalne.

Raziskava je potrdila ugodno delovanje vegetacije na klimatske razmere na brežinah. Konec avgusta in v prvi polovici septembra, ko je pokrovnost zaradi olistanosti lesnatih vrst največja, so maksimalne temperature na sanirani brežini G, kjer uspeva tudi grmovni sloj v povprečju 19,3 °C, na nesanirani P 2 pa kar 28,1 °C. Pomen vegetacije je dobro razviden tudi iz primerjave rezultatov v različnih letnih časih, na istem mestu. Pri nesanirani brežini (P 2) je v času pred olistanjem povprečno dnevno nihanje temperature 14,6 °C, v času najvišjih letnih temperatur pa kar 20,2 °C. Pri sanirani brežini (G), na kateri uspeva gost grmovni sloj, pa je pred olistanjem povprečno dnevno nihanje 11,7°, avgusta pa samo 7,1° C. V času pred olistanjem grmovnega sloja se tako najvišje dnevne temperature in nihanje na različnih brežinah ne razlikujejo bistveno, medtem ko so razlike med brežinama v času najvišjih temperatur očitne. To kaže na veliko zmernejšo fitoklimo na sanirani in ozelenjeni brežini G, kar omogoča razvoj potencialnih fitocenoz oziroma naselitev klimaksnih lesnatih vrst. Nihanje temperature tal povzroča fizikalno preperevanje, ki je pri dolomitu posebno intenzivno. To povzroča krušenje skal in posipanje grušča, kar je v našem primeru velik problem.

Dnevno nihanje temperature upada v smeri kakovosti sanacije. Temperaturne razlike se na nesanirani prisojni brežini P 2 vse do obdobja najvišjih temperatur večajo, medtem ko na sanirani



brežini G, kjer uspeva gost grmovni sloj, zasledimo močno zmanjšanje dnevnega nihanja temperature v obdobju med brstenjem in optimalno razvitostjo listov.

Tudi Gray & Sotir (1996) navajata, da rastline vplivajo na izboljšanje rastišča s senčenjem, izboljšajo vodni režim in omilijo temperature tal, z opadom vnašajo v tla organske snovi in so tudi potencialni fiksatorji N. S šopastimi koreninskimi sistemi in gosto rastjo prekrivajo in ščitijo tla pred neugodnimi vplivi.

## 4.2 Vegetacija in flora

Zaradi sanacije je vegetacija poenotena, in sicer zaradi sanacijskih ukrepov, ki izenačijo in ublažijo rastiščne razmere, in zaradi sejanja relativno stalnih setvenih mešanic. Pestrost vegetacije je tako večja na objektu z najslabšimi rastiščnimi razmerami, na nesanirani in s tem nehomogeni podlagi, na prisojni legi (brežina P 2). To smo ugotovili z metodo kanonične standardne analize (CCA) kot tudi z metodo hierarhične klasifikacije.

Vegetacija obcestnih brežin je razmeroma enotna in jo zlahka ločimo od okoliške vegetacije. Podobnost med popisi in sintaksonomskimi spektri z vseh proučevanih brežin je večja, kot je podobnost katere koli brežine z okoliško vegetacijo. Od okoliške potencialne vegetacije se najjasneje loči po velikem deležu plevelnih in ruderalnih vrst iz razredov *Stellarietea mediae* in *Artemisietea vulgaris* ter vrst intenzivnih travnikov iz razreda *Molinio-Arrhenatheretea*, ki so najbolj prilagojene na razmere na antropogenih rastiščih na brežinah. Da večji delež sestavljajo vrste intenzivno gojenih travnikov in ruderalke, je Klein ugotovil 1982. Iz omenjenih skupin so tudi vrste, ki tvorijo osnovni floristični inventar, večina vodilnih vrst, iz teh razredov pa izpeljujemo tudi mnoge združbe.

Deleži posameznih sintaksonomskih razredov v obcestni vegetaciji niso nikoli dominantni. Največji je delež vrst iz razreda *Molinio-Arrhenatheretea*, ki znaša do 25 %. Pri naravni vegetaciji prevladujejo vrste enega ali dveh razredov, ki dajeta združbi tudi značilno podobo, ter ostalih razredov z majhnimi deleži. Mešanica vrst iz različnih sintaksonov tako onemogoča uvrstitev obcestne vegetacije v katerokoli vegetacijo, preko katere poteka cestni koridor.

Opazni so močni vplivi okoliške vegetacije, vendar so priseljene vrste največkrat razlikovalne za posamezne skupine, osnovni vrstni inventar pa ostaja isti.

Vegetacija posameznih brežin je relativno bolj heterogena kot vegetacija obcestnega prostora nasplošno. Vegetacija obcestnega prostora je zaradi lokalno hitro se spreminjajočih rastiščnih razmer mozaična, zato so tudi popisne ploskve lahko velike le nekaj kvadratnih metrov. Vrste osnovnega inventarja se v večji ali manjši množini pojavljajo na vseh brežinah. Vegetacije posamezne brežine ne moremo uvrstiti v eno samo cenozo, pač pa najdemo posamezne cenoze na več brežinah.

Vegetacija je bolj heterogena na prisojnih brežinah kot na osojnih, ne glede na saniranost. To se navezuje tudi na pomen grmovnega sloja, ki na prisojni brežini zaradi zasenčevanja močno vpliva na členitev vegetacije, saj intenziteta sončnega sevanja in najvišje temperature močno vplivajo na uspevanje posameznih rastlinskih vrst in s tem na razvoj določene združbe.

Manjšo enotnost vegetacije prisojnih brežin potrjuje tudi manjše število vrst z visoko stalnostjo v popisih. Na osojnih ima visoko stalnost v popisih pet vrst, na prisojnih pa le dve.

Določevanje združb obcestne vegetacije je možno le po deduktivni metodi, ker za določevanje po standardni induktivni metodi ni na voljo značilnic in razlikovalnic posameznih združb. Vegetacija je, zlasti na nesaniranih predelih, tako slabo razvita, da lahko govorimo le o fragmentih združb, nikakor pa ne o asociacijah.

Flora cestnih brežin je po absolutnem številu vrst in po relativnem številu vrst na površino popisne ploskve (brežine : okolica = 0,49 : 0,35) bolj raznovrstna od okoliške vegetacije, četudi je bila slednja popisana v širših geografskih in ekoloških okvirih.

Ellenbergovi ekološki indeksi v mnogih primerih za rastline na cestnih brežinah, zlasti nesaniranih, zaradi odsotnosti konkurence ne veljajo. Enaka sestava vegetacije tako v nekaterih primerih ne pomeni enakih rastiščnih pogojev.

V proučevanem primeru se je izkazalo, da so obcestne brežine s svojo visoko vrstno diverziteto svojevrstna genska banka, še posebej pomembna v primeru vrstnega osiromašenja okolja, ki naj bi ga z modernimi strategijami v izrabi prostora prinesla prihodnost, in so zato vredne posebne pozornosti in varovanja. Številne, v kulturni krajini ogrožene rastlinske vrste in združbe uspevajo na z dušikom revnih, zelo suhih rastiščih, z veliko svetlobe, v ugodnih toplotnih razmerah in z zelo pičlo konkurenco. Brežine, ki v splošnem ustrezajo opisanim razmeram, tako lahko postanejo zatočišče številnih redkih oziroma izumirajočih vrst, zlasti v

intenzivno obdelani kmetijski krajini, npr.: *Alyssum montanum* ssp. *pluscanescens* na brežini Golo rebro, *Saponaria ocymoides* na brežini Zelenci. Te vrste tam veliko lažje preživijo, kot na intenziviranih travnatih površinah, kjer uspeva zelo malo vrst.

### 4.3 Ustreznost sanacijskih ukrepov

Strme in visoke dolomitne brežine so potencialno nevarne, dejansko pa velika težava pri vzdrževanju cest, saj zaradi intenzivnega preperevanja na območju Police z vznožij cestnih brežin odpeljejo letno na desetine kubičnih metrov grušč, ki bi sicer zasul cestišče. V najhujšem primeru lahko pride do zrušitve dela brežine na cestišče, s tem pa nenehno ogrožajo promet in prebivalstvo neposredno ob njih. Ker je to ekstremen primer (velika strmina, južna lega, nestabilna podlaga), je segrevanje tal in s tem preperevanje problematično. Gola skeletna tla pomenijo še dodatno nevšečnost, saj imajo manjšo toplotno prevodnost in pride do močnejšega segrevanja površinskega sloja.

Vegetacijski pokrov ublaži mikroklimatske razmere, najvišje dnevne temperature in nihanja se zmanjšajo, kar pomeni manj ekstremno okolje in manj intenzivno preperevanje. Vegetacija in plast zemlje pa vplivata tudi na najnižje temperature v zimskem času, dolomitna podlaga je tako redkeje izpostavljena zmrzali, ki povzroča intenzivno preperevanje dolomita. Razmere na nesanimiranih brežinah ne omogočajo ustreznega zaraščanja po naravni poti.

Med okoljskimi dejavniki predstavljajo pomemben sklop talni dejavniki, ki poleg klimatskih dejavnikov (temperatura, količina padavin, izpostavljenost vetru) v grobem določajo rast vegetacije (Rowell 1994). Talni dejavniki, kot so globina, skeletnost, tekstura, struktura tal in hranila, določajo rodovitnost tal (Rowell 1994). Rezultati talnih analiz kažejo na to, da so razen izjemoma vsebnosti hranil nizke in tla v vseh pogledih siromašna. Večinoma je za optimalno rast rastlin premalo N, P, K, nizke so vsebnosti organskih snovi, tla pa so preveč alkalna. Na slabo saniranih mestih je v tleh visok delež skeleta oziroma peska kar še poslabša omenjene dejavnike in neugodno vpliva na vodni režim v tleh. V največ primerih je na brežinah faktor minima rastlinam dostopna voda. Zaradi velike strmine dobijo tla na brežinah tudi 50 % manj padavin, voda, pa zaradi velikega naklona hitro odteka po površini in slabo prehaja v tla. Tla so bolj

ali manj skeletna, z majhnim deležem organskih snovi, zato je njihova sposobnost zadrževanja vode majhna. Vodni režim v tleh dodatno poslabšuje kompaktna matična kamnina, kjer ni možnosti kapilarnega dviga talne vode iz globljih slojev. Stanje lahko izboljšamo s prestre-zanjem površinskega odtoka z žepi, v katerih se lahko zadržuje vlaga, če je zemlja dovolj absorptivna. Na vlažnostne razmere ugodno vplivajo predvsem: manjši naklon, severna lega, kjer je sončno sevanje manj intenzivno, in vegetacija, ki upočasnjuje odtokanje vode po površini in preprečuje intenzivno evaporacijo na račun močnega segrevanja golih tal. Poljsko kapaciteto povečuje delež organskih snovi, finih tal in delež gline in melja v finih tleh. Na vodni režim pomembno vpliva tudi bioinženirski ukrep BVS (Biotic Vegetation Strips), ki omogoča upočasnjeno odtekanje vode po površini in enakomernejše razporejanje vode. Če je brežina preveč strma, noben ukrep ne more nadomestiti ogromnih izgub vode.

Sanacija BVS učinkovito rešuje problem v zvezi z vodo, omogoča enakomerno porazdelitev vode po brežini in preprečuje površinsko erozijo, vendar na strmih nestabilnih dolomitnih brežinah to ni trajnostna rešitev. Lahko namreč pride do pretrjavanja mreže in zrušitve sistema s skalovja. Na mnogih mestih je pod tankim slojem zemlje kompaktna kamnina, kjer korenine počasi prodirajo v podlago.

Za tvorbo humusa je zelo pomembna hitrost razpadanja opada. Listje črne jelše, malega jesena, lipe, leske, gabra, vrb, javorjev in topolov hitro razpade in s tem ugodno deluje na izboljšanje lastnosti tal. Veliki nakloni upočasnijo povečevanje količine organskih snovi in s tem tudi dušika v tleh, ker velik del opada niti ne doseže tal na mestu, kjer nastane, ampak niže. Izgube kalija zaradi izpiranja so največje pri bazičnih, peščenih, skeletnih tleh, ki pa na brežinah prevladujejo. Vzorci, ki vsebujejo več kot tretjino peska, so siromašni s kalijem, čemur se najlažje izognemo z uporabo zemlje primerne teksture in s čim hitrejšo ozelenitvijo golih tal.

Rezultati potrjujejo nesmiselnost gnojenja z dušikom, treba bi bilo namreč povečati vsebnost organskih snovi. Z razvojem tal in kopičenjem organskih snovi, ki dobro zadržujejo vodo, se razmere izboljšujejo.

### 4.4 Možnosti izboljšave rastiščnih razmer

Sanacija reliefa oziroma zmanjšanje naklona je ukrep, ki bi najbolj pospešil zaraščanje cestnih



brežin, saj je tam, kjer so nakloni manjši, pokrovnost zaradi ugodnejših rastiščnih razmer neprimerno večja. Te ukrepe so v letih 1999-2000 na odseku med Polico in Višnjo Goro deloma že izvedli. Poleg sanacije reliefa je na pobočjih treba pritrditi in zaščititi tla z: žičnimi mrežami, vrbovimi popleti itd. Brežino je treba čimprej ozeleniti, da se zmanjšata erozija in izpiranje hranil.

Pred nanosom zemlje bi bilo treba preveriti njeno teksturo, najprimernejše so ilovice, in primešati šoto za povečanje vsebnosti organske snovi in izboljšanje poljske kapacitete, treba bi bilo dodati tudi fosfatna gnojila, deloma še kalij. Plast tal naj bo debela vsaj 40 cm. Poskrbeti bi morali tudi za inokulacijo z ustreznimi mikroorganizmi. Pri oskrbi z dušikom je najprimernejše zeleno gnojenje oziroma velik delež metuljnic v setveni mešanici, ki vežejo zračni dušik. Zeleno gnojenje je tudi primeren način vnosa organskih snovi.

Sukcesija pomeni spremembo vrstne sestave in talnih značilnosti. Vegetacija na mnoge načine izboljša rastiščne pogoje.

## 5. SUMMARY

### Vegetation, Ecological Factors and their Correlation in the Case of Roadside Slopes

The aim of the research was to find out the type of vegetation thriving on the roadside slopes, the properties of ecological factors (parameters) as well as the causes for its poor thriving and finally the correlation between vegetation and ecological factors. We were also interested in finding ways to improve the situation and encourage the progressive development of vegetation. In order to follow that purpose we chose four dolomite cut slopes along the highway section Višnja Gora – Grosuplje, owing to the fact that their site conditions, both soil and microclimatic, vary in great scale due to sanation and aspect.

When examining the vegetation, we used the Central European Method. There were representative relevés, where soil conditions were examined, performed were chemical and physical analyses, which revealed us how poor the soil was in nutrients. In course of our examination of climatic parameters the temperature of the grounds and air as well as the relative air humidity were measured during the most of vegetation period.

Using Canonical Correspondence Analysis method (CCA), we found out that the structure of vegetation is most significantly influenced by water

regime and indirectly by the steepness of a slope, determining the amount of the received precipitation and being apart from aspect the most important factor, which cannot be influenced in the process of sanation. Stoniness and soil texture exert a little less influence. The texture of the substrate varies a great deal and most of the soil on the areas with poor sanation is skeletal. That kind of substrates contain little water available to plants; as a result, there is low herb layer coverage. Therefore the absence of interspecific competition enables great species diversity as well as the presence of several species on sites, where they are not expected according to known ecological indexes. Apart from that, steepness combined with the type of rock also influences the stability of slope.

Soil reaction also exerts important influence on vegetation. The substrate is generally alkaline. Higher pH values, which are not ideal for the thriving of vegetation, cause the inaccessibility of some nutrients, such as phosphorus. Of all the nutrients the soil content of phosphorus itself, which is low, mostly influences the structure of vegetation. Apart from that, low content of organic matter results not only in the lack of phosphorus, but in a very low nitrogen content and low field capacity as well.

Technical measures, which equalise and temper site conditions as well as sowing of the seed mixtures, unify the vegetation. Vegetation diversity is thus the strongest on a slope with poor conditions, namely on the southern slope Polica 2, which is heterogeneous due to the fact that the sanation measures have not been performed yet. That was discovered with the help of the CCA method as well as the hierarchic classification method. The hierarchic classification method helped us arrange relevés in 15 groups. We identified 8 plant communities using deductive method. Due to the outstanding anthropogeneity, we excluded shrub layer that was mostly planted and treated it as one of the factors influencing the vegetation of herb layer. Two thirds of relevés were arranged in basic community *Festuca rubra* ssp. *rubra*–[*Molinio-Arrhenatheretea*] Kopecký 1978, which is the most common form of vegetation here. Despite the variety of sites and thus vegetation, roadside vegetation is relatively uniform compared to the adjacent one and differs from it significantly. It differs from adjacent vegetation mostly due to the presence of grassland and ruderal species, which are typical for roadside vegetation.

Vegetation in process of overgrowing gradually



influences the ecology of the site, especially after the formation of bush layer, which not only strongly influences the temperature conditions of slopes, owing to the fact that the height of maximal temperatures as well as daily temperature swaying of the upper soil layers are strongly diminished by shading, but thus also exerts a favourable influence on the soil water regime as well. Vegetation significantly influences soil parameters by introducing organic matter in form of litter into the soil. Soil fertility thus increases thanks to the rising of nutrients and water content. Spatial distribution of roots depends on available nutrients. A plant growing in areas of poor site conditions has a relatively bigger root system, which is useful from the point of view of site consolidation.

When speaking about the suitability of the sanitation measures, we cannot neglect the fact that the most important process to achieve optimal thriving of vegetation is the sanitation of the relief, that is to say the lowering of steepness, because the site conditions of slopes that are too steep cannot be sustainably improved by any other measure. In future this fact should also be thoroughly taken into consideration when building new roads.

## 6. ZAHVALA

Zahvaljujem se prof. dr. A. Martinčiču in dr. A. Čarniju za njune številne nasvete in kritične pripombe pri nastajanju in pri pregledu prispevka, ki je nastal na osnovi diplomske naloge.

Dr. Lojzetu Marinčku se zahvaljujem za omogočanje podrobnejšega proučevanja cestnih brežin. Za določitev bilnic se zahvaljujem dr. Mitku Kostadinovskemu. Za nasvete pri izvedbi analiz tal se zahvaljujem Marku Zupanu in drugim sodelavcem Centra za Pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti, za pomoč pri vrednotenju rezultatov analiz pa prof. dr. Mirku Leskošku. Za pomoč pri izdelavi slik se zahvaljujem Gregu Kosmu in Marjanu Jarnjaku.

## 7. LITERATURA

Atlas Slovenije (1996): Mladinska knjiga in Geodetski zavod Slovenije, Ljubljana, pp. 148-149.  
 Barker, D. H. (1995): *Vegetation and Slopes. Stabilisation, Protection and Ecology*. Institution of Civil Engineers, Oxford, 296 pp.  
 Braun-Blanquet, J. (1964): *Pflanzensoziologie.*

*Grundzüge der Vegetationskunde*. Springer Verlag, Wien, 865 pp.  
 Buser, S. (1968): *Osnovna geološka karta SFRJ: Ribnica, M = 1 : 100.000*. Tolmač lista Ribnica, Ljubljana – L 33–66. Zvezni geološki zavod, 72 pp., Beograd.  
 Coppin, N. J. & Richards, I. G. (1990): *Use of Vegetation in Civil Engineering*. CIRIA, Butterworths, London, 291 pp.  
 Čarni, A., Hrovat, T., Marinček, L., Šilc, U. & Zelnik, I. (1999): *Biološki, krajinski in naravovarstveni vidik urejanja cestnih brežin in obcestnega prostora*. Zbornik referatov Cestarski dnevi '99, pp. 151–161.  
 Čarni, A., Hrovat, T., Jarnjak, M., Košir, P., Marinček, L., Šilc, U. & Zelnik, I. (1999): *Urejanje cestnih brežin in cestne okolice na biološko-ekološki osnovi*. Končno poročilo za obdobje 1995-1999. Biološki inštitut ZRC SAZU, Ljubljana, 171 pp.  
 Gams, I. (1989): *Zemeljske temperature v Sloveniji in njihovo odstopanje od zračnih*. Geografski inštitut, ZRC SAZU, razred IV, Ljubljana, 36 pp.  
 Godefroid, S. & Tanghe, M. (1995): *Le maillage ecologique des reliques de vegetation semi-naturelle dans la region herbagere Haut-Ardenaise*. Belgian journal of botany 128 (1): 33-47.  
 Gray, D. H. & Sotir, R. B. (1996): *Slope Stabilization, Biotechnical and Soil Bioengineering*. Wiley-Interscience, New York, 378 pp.  
 Grims, F. (1999): *Die Laubmoose Österreichs*. Catalogus Florae Austriae, II. Teil, Bryophyten (Moose), Heft 1, Musci (Laubmoose). Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien, 418 pp.  
 Heindl, B. (1992): *Untersuchungen zur ökologischen und geographischen Gliederung der Strassenbegleitvegetation innerhalb eines Nord-Süd-Transekts zwischen dem Nordwestdeutschen Tiefland und der mediterranen Küstenebene*. Dissertationes Botanicae. Band 186. J. Cramer, Berlin, Stuttgart, 250 pp.  
 Hodnik, A. (1988): *Analize talnih vzorcev, rastlinskih vzorcev in odcednih vod*. Center za pedologijo in varstvo okolja, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 96 pp.  
 Kaligarič, M. (1994): *Vegetacija suhih travišč (Festuco-Brometea) na Primorskem krasu*. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 153 pp.

- Klein, A. (1982): Vergleich der Vegetation an Eisenbahn- und Nationalstrassenböschungen im Kanton Baselland. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel 49: 118-126.
- Kopecký, K. (1978): Die Strassenbegleitenden Rasengesellschaften im Gebirge Orlicke hory und seinem Vorlande. Vegetace ČSSR, A 10, Academia Praha, 258 pp.
- Kovač, M. (1994): Karta Slovenije. M = 1 : 170.000, DZS, Ljubljana.
- Leskošek, M. (1998): Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ljubljana, 51 pp.
- Marinček, L., Seliškar, A. & Šubic, F. (1994): Sanacija cestnih brežin ne ekološko-biološki osnovi. Biološki inštitut ZRC SAZU, Ljubljana, 98 pp.
- Martinčič, A. (1968): Catalogus florae Jugoslaviae II/1: Bryophyta-Musci. SAZU, Ljubljana, 102 pp.
- Martinčič, A., Wraber, T., Jogan, N., Ravnik, V., Podobnik, A., Turk, B. & Vreš, B. (1999): Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk, 3. izdaja. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 845 pp.
- Mitchley, J., Buckley, G. P. & Helliwell, D. R. (1996): Vegetation Establishment on chalk marl spoil: the role of nurse grass species and fertilizer application. Journal of Vegetation Science 7: 543-548.
- Mucina, L., Grabherr, G. & Ellmauer, T. (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil 1, Anthropogene Vegetation. Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, 492 pp.
- Munshower, F. F. (1994): Disturbed Land Revegetation. Practical Handbook. Lewis Publishers, London, Tokyo, pp. 5-24 & 80-85.
- Oberdorfer, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 7. Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 1050 pp.
- Petkovšek, V. (1977): Travna združba *Bromo - Brachypodium pinnati* assoc. nova v Sloveniji. Razprave SAZU 20 (3):197-214.
- Podani, J. (1993): SYN-TAX-pc. Computer programs for multivariate data analysis in ecology and systematics. Scientia Publishing, Budapest, 104 pp.
- Rowell, D. L. (1994): Soil Science. Methods & Applications. Longman, Harlow, 327 pp.
- Savnik, R. (1971): Občina Grosuplje. In: Savnik, R. (ed.). Krajevni leksikon Slovenije, Jedro osrednje Slovenije in njen jugozahodni del. DZS, Ljubljana, 2: 115-164.
- Stottele, T. (1995): Vegetation und Flora am Strassennetz Westdeutschlands. Standorte - Naturschutzwert-Pflege. Dissertationes Botanicae. Band 248. J. Cramer, Berlin, Stuttgart, 360 pp.
- Šilc, U. (2001): Združba z vrsto *Festuca rubra* kot dominantno vrsto na cestnih brežinah. Hladnikia 12-13: 79-86.
- Ter Braak, C. J. F. (1988): CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination. Agricultural Mathematics Group, Wageningen, 96 pp.
- Ter Braak, C. J. F. & Šmilauer, P. (1998): CANOCO reference manual and User's Guide. Centre for Biometry, Wageningen, 351 pp.
- Ulmann, I. & Heindl, B. (1986): »Ersatzbiotop Straßenrand« - Möglichkeiten und Grenzen des Schutzes von Basiphilen Trockenrasen an Straßenböschungen. Bergwelt 10: 103-118.
- van der Maarel, E. (1979): Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity. Vegetatio 39: 97-114.
- Westhoff, V. & van der Maarel, E. (1973): The Braun-Blanquet Approach. In: Whittaker, R. H. (ed.) Ordination and Classification of Communities. 2nd edition, Dr. W. Junk. Publishers, The Hague.
- Wraber, M. (1969): Pflanzegeographische Stellung und Gliederung Sloweniens. Vegetatio 17 (1-6): 176-199.
- Zelnik, I. (2000): Vegetacija in ekološki problemi obcestnih brežin. Diplomsko naloga. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 133 pp.
- Zupančič, M., Marinček, L., Seliškar, A. & Puncer, I. (1987): Consideration on the Phytogeographic Division of Slovenia. Biogeographia 13: 89-98.







