

GDK 907.3:917:(497.12)

Prispelo / Received: 04.01.2000

Sprejeto / Accepted: 25.02.2000

Izvorni znanstveni članek  
Original scientific paper

## POKRAJINSKO-EKOLOŠKA PRESOJA RANLJIVOSTI GOZDA

Andreja FERREIRA<sup>1</sup>

### Izvleček

Članek obravnava ranljivost gozda, ki naj bi predstavljala eno od osnov pri usmerjanju posegov v gozdni prostor. Izdelali smo dva modela za oceno ranljivosti gozda. Osnovo predstavlja model, ki sloni na pokrajinsko-ekološkem vrednotenju gozda. Gozd je najbolj kompleksen pokrajinsko-ekološki element in v močni soodvisnosti od vseh ostalih dejavnikov, kar naj bi prišlo do izraza prav s pokrajinsko-ekološko presojo. Zaradi možnosti za primerjavo rezultatov smo oblikovali še model, ki izhaja iz kriterijev za oceno gozdnih funkcij.

**Ključne besede:** ranljivost gozda, gozdna funkcija, pokrajinsko-ekološka regionalizacija, metodologija, avtocesta, vpliv na gozd, presoja vplivov

## LANDSCAPE-ECOLOGICAL ASSESSMENT OF FOREST VULNERABILITY

### Abstract

*This paper discusses forest vulnerability, which represents one of the bases for directing the encroachment upon forests. We prepared two models for the assessment of forest vulnerability. A model based on a landscape-ecological evaluation of forest represents the premise. The forest is the most complex landscape-ecological element and as such is in great codependency with all other factors; this codependency evidences itself perfectly through the landscape-ecological assessment. Since there exists a possibility for a comparison of results, we also developed a second model, which proceeds from the criteria used for the assessment of forest functions.*

**Key words:** forest vulnerability, forest function, landscape-ecological regionalization, methodology, highway

---

<sup>1</sup> mag., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, SVN

**VSEBINA**  
**CONTENTS**

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	
	INTRODUCTION.....	163
<b>2</b>	<b>DOSEDANJE RAZISKAVE S PODROČJA RANLJIVOSTI OKOLJA (GOZDA)</b>	
	A BRIEF REVIEW OF FORMER ENVIRONMENTAL (FOREST) VULNERABILITY STUDIES.....	164
<b>3</b>	<b>CILJ RAZISKAVE IN DELOVNA HIPOTEZA</b>	
	THE RESEARCH GOAL AND THE WORKING HYPOTHESIS	167
<b>4</b>	<b>IZBOR VZORČNEGA PRIMERA IN ŠTUDIJSKEGA OBMOČJA</b>	
	SELECTION OF THE CASE STUDY AND AREA OF STUDY..	167
<b>5</b>	<b>METODOLOGIJA ZA OCENO RANLJIVOSTI GOZDA</b>	
	METHODOLOGY FOR THE ASSESSMENT OF FOREST VULNERABILITY .....	168
<b>6</b>	<b>REZULTATI</b>	
	RESULTS.....	180
<b>7</b>	<b>UGOTOVITVE</b>	
	CONCLUSIONS.....	188
<b>8</b>	<b>POVZETEK.....</b>	191
<b>9</b>	<b>SUMMARY.....</b>	193
<b>10</b>	<b>VIRI</b>	
	REFERENCES.....	196
<b>11</b>	<b>ZAHVALA</b>	
	ACKNOWLEDGEMENTS .....	198

## **1 UVOD**

### **INTRODUCTION**

Študije ranljivosti okolja so razmeroma sodobne, zato ne preseneča, da se pojavljajo številne postopkovne, zakonske in terminološke nedorečenosti. Uzakonjene so bile leta 1993 z zakonom o varstvu okolja (1993). V 51. členu tega zakona piše, da mora planiranje, programiranje in projektiranje posegov v okolje in usmerjanje razvoja v prostoru izhajati tudi iz študije ranljivosti okolja. Cilj omenjenih študij je preprečevanje oziroma zmanjšanje negativnega vplivanja posegov na okolje.

52. člen predpisuje okvirno vsebino študije. Kljub temu pa različne stroke in posamezniki pojem 'ranljivost okolja' še vedno različno interpretirajo in je zato predmet nesporazumov. Pogosto opisujejo le naravne značilnosti okolja, ne upoštevajo pa njegove obremenjenosti. Pri tem se izgubi pomembna informacija, saj je odziv okolja na določen poseg lahko v veliki meri odvisen tudi od obstoječe obremenjenosti. Pojavljajo se tudi nasprotujoča si mnenja, ali je ranljivost okolja mogoče uspešno oceniti brez sočasnega upoštevanja vrste potencialnih posegov oziroma dejavnosti ali ne. Po Marušiču (1996) je ranljivost okolja smiselno ocenjevati le v povezavi s prostorsko načrtovalno dejavnostjo. V nasprotju s tem menimo, da je mogoče oceniti splošno ranljivost okolja, ki velja za vse potencialne posege v prostor. Seveda imajo različni posegi različčen vpliv na okolje, kar pa je mogoče natančno obravnavati v podrobnejših študijah, kot so presoje vplivov na okolje.

V raziskavi opredeljujemo ranljivost gozda kot oceno stanja in odziva gozda na potencialne posege. Največja ranljivost je na območjih poudarjenih gozdnih funkcij, ki so z vidika širših družbenih potreb posebnega pomena. Posegi na takšna območja ogrožajo delovanje in tudi sam obstoj funkcij, kar je v nasprotju z družbenimi interesi.

## **2 DOSEDANJE RAZISKAVE S PODROČJA RANLJIVOSTI OKOLJA (GOZDA)**

### **A BRIEF REVIEW OF FORMER ENVIRONMENTAL (FOREST) VULNERABILITY STUDIES**

Ker v tujini študij ranljivosti okolja, kakršne predvideva naš zakon, ne poznajo, smo pri izdelavi metodologije za oceno ranljivosti gozda uporabili literaturo in vire, ki se ukvarjajo s sorodno problematiko. V pomoč nam je bilo predvsem švicarsko (KÖHL / KELLER 1994, BRASSEL 1994, BRÄNDLI / KAUFMANN / STIERLIN 1994, WULLSCHLÄGER 1982) in avstrijsko (KUDJELKA / SINGER 1988, OTTITSCH 1994) vrednotenje gozdnih funkcij. V ospredju je varovanje tistih gozdnih območij, ki so nosilci pomembnih funkcij lokalnega ali širšega družbenega pomena. Med takšna uvrščajo predvsem območja z varovalno (zaščita pred erozijo, zemeljskimi udori, plazovi, vetrom...), blažilno (zaščita zraka in voda pred emisijami, hrupom, uravnavanje podnebja), rekreacijsko in proizvodno funkcijo. Takšno gledanje je zelo blizu pogledom v naši gozdarski literaturi (ANKO 1979, 1995, ČAMPA 1994), zato je bilo koristna podlaga pri snovanju metodologije za oceno ranljivosti gozda.

V Sloveniji sta metodologijo za oceno ranljivosti okolja izdelali dve inštituciji, in sicer Inštitut za geografijo in Katedra za krajinsko arhitekturo v Ljubljani.

Avtorji prve (ŠPES et al. 1996) so se zelo strogo držali zakonskih zahtev, zato vsebuje vse elemente, ki jih predvideva zakon o varstvu okolja (1993). Obravnava naslednje vsebinske sklope:

- pokrajinsko–ekološka členitev Slovenije,
- količinska in kakovostna analiza okolja in njegovih sestavin,
- občutljivost okolja na posege oziroma regeneracijske in nevtralizacijske sposobnosti okolja,
- dosežena stopnja celotne in integralne obremenjenosti in ogroženosti,
- ocena še sprejemljivega obsega obremenitve,
- ocena ranljivosti okolja z vidika posameznih sestavin in celotnega okolja.

Kompleksno strokovno vrednotenje samočistilne sposobnosti, skupne obremenjenosti in ocene še sprejemljivega obsega obremenitve so bile podlaga za oceno ranljivosti ne le posameznih sestavin okolja, ampak pokrajinsko–ekološke enote v celoti. Pri obravnavi

posameznih pokrajinskih elementov in pri sinteznem ocenjevanju ranljivosti pokrajinsko-ekološke enote so uporabili metodo matrik. Edini odmik od predpisanih zahtev predstavlja pokrajinsko-ekološka členitev Slovenije kot nadomestilo za ekosistemsko, ki je Slovenija še nima. Členitev je bila po avtorjevih (NATEK 1996) besedah izvedena na osnovi nosilnih elementov, ki bolj vplivajo na živi svet in s tem tudi na človekovo delovanje in rabo pokrajine v prostoru. Ti elementi pa niso enaki v vseh pokrajinah, zato je členitev upoštevala različne elemente. Ranljivost je ocenjena na ravni omenjenih pokrajinsko-ekoloških enot.

Avtorji druge metodologije (MARUŠIČ 1996) se niso tako strogo držali zakonskih zahtev, zato so nastale v primerjavi s prvo metodologijo precejšnje razlike. Ranljivost je po njihovem mnenju preslikava ocenjenih stopenj sprejemljivosti ali nesprejemljivosti določenega načrtovanega posega ali dejavnosti v prostor. Izhodišče presoji ranljivosti prostora je vselej opredelitev dejavnosti oziroma posega. Osnova analize so različni prostorski podatki, ki so na voljo v obliki tematskih zemljevidov. Osnovne prostorske enote pri študiji ranljivosti okolja za prostorski plan so celice velikosti 1 ha oziroma 100x100 m. Za vsako od teh enot je na voljo vrsta prostorskih podatkov, ki lahko bolj ali manj natančno opišejo njeno ranljivost. Ranljivost analizirajo z modeli ranljivosti. Gre za postopek prekrivanja tematskih zemljevidov, ki se jih pretvori v vrednostne zemljevide. Vsaki kartirani značilnosti prostora se pripiše vrednost, ki prispeva k skupnemu prikazu vrednosti na združenem zemljevidu. Ocene ranljivosti se običajno neposredno pripiše posameznim značilnostim prostora oziroma kodam, s katerimi so označene te značilnosti.

Sprva smo načrtovali, da bomo pri oceni ranljivosti gozda uporabili prvo metodologijo (ŠPES et al. 1996), vendar se je izkazalo, da je to zaradi omejenega znanja, nepoznavanja vzrokov procesov in odnosov med elementi v gozdnem ekosistemu pa tudi zaradi pomanjkljivih podatkov za zdaj še neizvedljivo in rezultati ne bi bili zadovoljivi.

Zelo težavno je npr. ugotavljanje samočistilne (regeneracijske in nevtralizacijske) sposobnosti gozda. Zaradi velike kompleksnosti gozdnega ekosistema in prepletanja odnosov med dejavniki, ki vplivajo nanj (geološka podlaga, prst, vodne razmere, podnebje), so mnogi procesi v gozdu še neznani, marsikdaj je težko predvideti odzive gozda na posamezne vplive, prav tako je pogosto težko natančno ugotoviti vzrok za določeno stanje gozda. Tudi zato, ker nanj ponavadi vpliva mnogo dejavnikov, ne le

eden, od njihove kombinacije pa je odvisno, kako se gozd odziva. Podobno je z obremenjenostjo gozda. Kljub temu da potekajo v Evropi raziskave o propadanju gozda že približno dvajset let, so procesi, ki propad povzročajo, še bistveno premalo znani, da bi lahko natančno določili in prepoznali vzroke takšnega stanja.

Poleg pomanjkljivega znanja predstavljajo največji problem manjkajoči in premalo natančni podatki, predvsem tisti, ki se nanašajo na obremenjenost gozda. Podatki popisa propadanja gozda so za ocenjevanje ranljivosti gozda na ravni pokrajinsko-ekoloških enot izrazito presplošni (v mnogih enotah ni niti ene popisne točke). Večina ostalih kazalcev (poškodovanost genskega materiala, vitalnost...) je na voljo le za posamezna območja v Sloveniji.

Izkazalo se je tudi, da so predlagane pokrajinsko-ekološke podenote prevelike in da gozda pri členitvi niso dovolj upoštevali. Če bi uporabili obstoječo tretjo stopnjo členitve (NATEK 1996), bi ena izmed pokrajinsko-ekoloških enot pokrivala kar tretjino študijskega območja. Ko smo omenjene pokrajinsko-ekološke podenote prekrili s predvidenimi variantami trase avtoceste (vzorčni primer), se je izkazalo, da večinoma potekajo prek iste podenote. To pomeni, da bi bile z vidika vpliva na ranljivost gozda vse variante enako ocenjene.

Druga metodologija se že v izhodiščih bistveno razlikuje od ciljev, ki smo si jih zastavili v raziskavi. Ne izhaja iz pokrajinsko-ekološke regionalizacije, temveč prostor členi na celice v velikosti 100x100m (MARUŠIČ 1996), ki so popolnoma umetne kategorije ter ne kažejo prostorske zaokroženosti in povezanosti med pokrajinskimi elementi. Poleg tega menimo, da so te enote za ocenjevanje ranljivosti okolja na državni ravni prepodrobne in že mejijo na presojo vplivov na okolje. Druga bistvena razlika je, da metodologija ocenjuje ranljivost okolja le glede na določeno dejavnost. To pa je v nasprotju z našim mnenjem, da je treba ranljivost okolja oceniti še preden sta znani vrsta in kraj posega.

### **3 CILJ RAZISKAVE IN DELOVNA HIPOTEZA**

#### **THE RESEARCH GOAL AND THE WORKING HYPOTHESIS**

Cilj raziskave je izdelava metodologije za oceno ranljivosti gozda. V čim večji meri naj upošteva vse bistvene dejavnike, ki vplivajo nanjo, hkrati pa tudi stvarne možnosti, da jih ocenimo (dostopnost in natančnost podatkov).

V raziskavi izhajamo iz hipoteze, da je ranljivost gozda mogoče zadovoljivo oceniti s pokrajinsko-ekološkim pristopom. Gozd je kot zelo kompleksen pokrajinsko-ekološki element v veliki soodvisnosti od vseh ostalih (prst, geološka podlaga, vodne razmere, podnebje). Ti dejavniki so dobra osnova za pokrajinsko-ekološko členitev prostora, s poudarkom na diferenciaciji gozda, in tudi za ocenjevanje njegove ranljivosti. Predvidevamo, da predstavlja tako pridobljena ocena ranljivosti gozda dovolj kakovostno strokovno podlago za usmerjanje razvoja v gozdnem prostoru. Menimo, da je pokrajinsko-ekološka členitev 3. stopnje, s poudarkom na gozdu, primerna za regionalno raven prostorskega načrtovanja, za lokalno raven pa bi bila potrebna nadaljnja členitev gozda na ekotope.

### **4 IZBOR VZORČNEGA PRIMERA IN ŠTUDIJSKEGA OBMOČJA**

#### **SELECTION OF THE CASE STUDY AND AREA OF STUDY**

Ker je bil po osamosvojitvi Slovenije daleč najbolj aktualen poseg v pokrajino gradnja avtocest, smo se odločili, da bomo za svoj vzorčni primer izbrali prav to. Za širše študijsko območje je bilo izbrano območje avtocestnega odseka med Ljubljano in Celjem, ki združuje štiri odseke: Malence-Šentjakob, Šentjakob-Blagovica, Blagovica-Vransko in Vransko-Arja vas. Določili smo pas obdelave (okvirno 1 km na vsako stran skrajnih variant avtoceste, oziroma po grebenih, če trasa poteka po dolini; zaradi funkcionalnosti – možnosti uporabe podatkov – je bila zunanja meja zaokrožena po mejah gozdnogospodarskih oddelkov oziroma katastrskih občin).

Zaradi pomanjkanja podatkovnih slojev in tudi zaradi obsega dela se je izkazalo, da obeh metodologij ne bo mogoče preizkusiti na tako velikem študijskem območju. Zato smo tako preizkusili le model za oceno ranljivosti, ki izhaja iz pokrajinsko-ekološke

regionalizacije. Model za oceno ranljivosti gozda, ki izhaja iz kriterijev za ocenjevanje gozdnih funkcij, je bil preizkušen na ožjem študijskem območju pri Domžalah. Tudi v tem primeru je bil upoštevan pas obdelave 1 km.

## **5 METODOLOGIJA ZA OCENO RANLJIVOSTI GOZDA METHODOLOGY FOR THE ASSESSMENT OF FOREST VULNERABILITY**

Izvedbo študije si je le težko zamišljati brez podpore geografskega informacijskega sistema, saj je postopek zelo kompleksen in zahteva vrsto podatkov. Omogočil nam je izdelavo ortofotomozaika, karte rabe tal, sestavljene satelitske slike, povezovanje, prekrivanje, obdelavo ter končno analizo podatkovnih slojev. Pri tem smo uporabili naslednja programska orodja: ArcView Version 3.a (ESRI 1997), Roots (CORSON-RIKERT 1994), DMS Version 4.0 (R-WEL 1995), PCI OrthoEngine Version 6.0.1 (PCI 1996), in ARC/INFO Version 7.2.1 (ESRI 1998).

Pri izdelavi metodologije za oceno ranljivosti gozda smo izhajali iz študije ranljivosti okolja, ki so jo izdelali na Inštitutu za geografijo (ŠPES et al. 1996). Uporabili smo prvi dve stopnji pokrajinsko-ekološke regionalizacije (NATEK 1996) in teoretična izhodišča za ocenjevanje ranljivosti okolja. Iz druge obstoječe študije (MARUŠIČ 1996) smo uporabili predvsem nekatere metode vrednotenja okoljskih dejavnikov.

Razvili smo dva modela za oceno ranljivosti gozda. Osnovo predstavlja model, ki izhaja iz pokrajinsko-ekološke regionalizacije. Zaradi možnosti primerjave rezultatov smo razvili še model, ki izhaja iz kriterijev za oceno gozdnih funkcij.

### **5.1 MODEL RANLJIVOSTI GOZDA, KI IZHAJA IZ POKRAJINSKO- EKOLOŠKE REGIONALIZACIJE – MODEL 1 FOREST VULNERABILITY MODEL DERIVED FROM A LANDSCAPE ECOLOGICAL REGIONALIZATION (MODEL 1)**

Pri izdelavi metodologije smo upoštevali prvi dve stopnji Natkove (1996) pokrajinsko-ekološke regionalizacije. Na prvi stopnji omenjene členitve Slovenije na 5



makroekoloških enot so bili dominantni naslednji kriteriji členitve: relief z višinsko slojevitostjo, litološka zgradba z deležem karbonatnih kamnin ter podnebje s povprečnimi letnimi temperaturami in padavinami. Na drugi stopnji členitve Slovenije na 60 pokrajinskih enot smo upoštevali še osnovne značilnosti stabilnih (relief, litologija) in variabilnih pokrajnotvornih dejavnikov (podnebje, zrak, vode, prst, vegetacija) ter osnovne oblike rabe prostora. Na prvih dveh stopnjah členitve dobimo enote, ki so primerne za ocenjevanje ranljivosti okolja na ravni nekdanjih občin. Za vrednotenje ranljivosti gozda nam to ni zadoščalo niti nam ni ustrezala tretja stopnja členitve istega avtorja (prevelike enote, premajhen poudarek na gozdu...). Zato smo tretjo stopnjo členitve opravili sami.

Členitev je izrazito funkcijska – kot kriterije smo upoštevali tiste pokrajinsko-ekološke elemente, ki pomembno vplivajo na ranljivost gozda. Predpostavili smo, da je gozd najbolj ranljiv na območjih, kjer opravlja pomembnejše funkcije, oziroma so tam takšni pokrajinsko-ekološki dejavniki, ki funkcije določajo. Omejili smo se predvsem na varovalno in hidrološko, pri oceni ranljivosti pa smo upoštevali še higiensko-zdravstveno funkcijo. Omenjeni izbor funkcij gozda je narekovala njihova vloga v širši družbi (varovanje pred erozijo, zemeljskimi plazovi, zaščita vodnih virov, zaščita pred zračnimi emisijami...) in njihov ploskovni značaj. Funkcije točkovne narave (npr. kulturno-dediščinska) pri presojanju ranljivosti niso tako pomembne, saj se jim potencialni posegi zaradi majhne prostorske razsežnosti laže izognejo. Med preostalimi funkcijami gozda bi si pri členitvi zagotovo zaslužila obravnavo vsaj še klimatska, ki pa sta jo delno že upoštevali prvi dve stopnji členitve. Biotopske funkcije nismo obravnavali zaradi pomanjkanja ustreznih podatkov.

Členitev študijskega območja na pokrajinsko-ekološke podenote je potekala v več fazah. Najprej smo posamezne dejavnike členitve (naklon, geološka podlaga, prst...) razdelili v razrede (večinoma v 5) glede na njihov vpliv na ranljivost gozda in jih prikazali na kartah. Sledilo je računalniško prekrivanje kart in določanje mej pokrajinsko-ekoloških podenot. Med posameznimi dejavniki členitve smo ugotovili močno soodvisnost (npr. nahajališče podtalnice – geološka podlaga prod – nerazvita obrečna tla), zato v večini primerov oblikovanje mej ni bilo problematično. Pri tem je potrebno poudariti, da so bile meje določene na osnovi ekspertnega znanja, zato so do določene mere subjektivne. Na našem študijskem območju smo dobili 43 pokrajinsko-ekoloških podenot (5 v Ljubljanski

kotlini, 24 v Posavskem hribovju, 5 na južnem vznožju Menine planine in Dobrovelj in 9 v Celjski kotlini).

Kriteriji za pokrajinsko-ekološko regionalizacijo in ocenjevanje ranljivosti gozda:

NAKLON (če je naklon manjši od 5°, ima težo 1, sicer pa težo 1,5)

Razredi:	Ranljivost:
raven do blago nagnjen (0–5°)	1
položen (6–15°)	2
zmeren (16–25°)	3
strm (26–35°)	4
zelo strm (> 35°)	5

Naklon zelo močno vpliva na oblikovanost reliefa, ki je po Natku (1996) v hribovitem svetu izrazito dominanten pokrajinsko-ekološki element. Od njega je močno odvisna večina ostalih pokrajinskih elementov. Zato smo mu pri presoji ranljivosti gozda pripisali največjo težo (1,5), razen v ravnini, kjer je naklon manjši od 5°, in smo mu prisodili težo 1. Pri opredeljevanju razredov naklona smo upoštevali kriterije za opredeljevanje varovalne funkcije gozda iz Pravilnika o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998). Natančno klasifikacijo naklona v posamezne razrede smo povzeli po Koširju (1976).

GEOLOŠKA PODLAGA (če je naklon manjši od 5°, ima težo 1,5, sicer pa težo 1)

Izkazalo se je, da je v ravnini geološka podlaga najvažnejši dejavnik za diferenciacijo območja na pokrajinsko-ekološke podenote, saj ima močan vpliv na prst in hidrološke razmere. Ker geološka podlaga preko omenjenih dveh pokrajinsko-ekoloških dejavnikov pomembno vpliva tudi na rastje, smo ji pri ocenjevanju ranljivosti gozda dali največjo težo (1,5). V hribovitem svetu, kjer ima dominantno vlogo naklon, ima geološka podlaga težo 1. Ranljivost geološke podlage je bila ocenjena glede na občutljivost kamnin za delovanje erozije in njihovo kompaktnost (ekspertna ocena); pri tem smo upoštevali kriterije za opredeljevanje varovalne funkcije gozda, ki jih določa Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998).

Skupine kamnin:	Ranljivost:
prod in pesek	5
gline in ilovice	5

mehke karbonatne kamnine	4
trde karbonatne kamnine	1
mehke do srednje trde nekarbonatne kamnine	3
trde nekarbonatne kamnine	2
mešane kamnine (karbonatno–nekarbonatne)	3

#### PRST (teža 1)

Prst je v tesni odvisnosti od geološke podlage in naklona ter močno vpliva na rastlinsko odejo, torej tudi na razporeditev in tip gozda. Zato je pomemben pokrajinsko–ekološki dejavnik pri členitvi območja na pokrajinsko–ekološke podenote in pri oceni ranljivosti gozda. Ob upoštevanju pomena ostalih pokrajinsko–ekoloških dejavnikov smo ji prisodili težo 1. Ranljivost prsti je bila ocenjena za vsak tip prsti posebej na podlagi globine, kamnitosti in stabilnosti prsti (ekspertna ocena); pri tem smo upoštevali kriterije za opredeljevanje varovalne funkcije gozda, ki jih določa Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998).

#### PODTALNICA (teža 1)

Podtalnica je v veliki soodvisnosti z ostalimi pokrajinsko–ekološkimi dejavniki (geološka podlaga, prst, vegetacija) in pomembno vpliva na ranljivost gozda. Ker pa se podtalnica v večjem obsegu pojavlja le v ravninah, smo jo kot enega izmed dejavnikov za pokrajinsko–ekološko regionalizacijo in oceno ranljivosti gozda upoštevali le na območjih z naklonom do 5°. Pripisali smo ji težo 1.

Podtalnica je – ranljivost = 5.

Podtalnice ni – ranljivost = 0.

#### GOZDNE ZDRUŽBE

Gozdne združbe predstavljajo potencialno naravno vegetacijo, ki je v skladu z naravnimi danostmi določenega območja. Pretežno je odvisna od geoloških, pedoloških, podnebnih in hidroloških razmer. Problem pri pokrajinsko–ekološki regionalizaciji pa je bila izredna pestrost gozdnih združb. Zato imajo posamezne pokrajinsko–ekološke podenote še vedno sorazmerno heterogeno sestavo gozdnih združb. Predvidevamo, da bi razlike med gozdnimi združbami lahko dovolj upoštevali šele na naslednji stopnji pokrajinsko–ekološke regionalizacije, pri delitvi na ekotope.

Za členitev študijskega območja na pokrajinsko-ekološke podenote smo gozdne združbe razdelili v 5 razredov glede na njihovo varovalno vlogo. Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998) opredeljuje le tiste gozdne združbe, ki določajo prvo in drugo stopnjo poudarjenosti varovalne funkcije gozda. Ti dve kategoriji smo ocenili za najbolj ranljivi (ranljivost = 5 oziroma 4). Pri ostalih razredih ranljivosti smo upoštevali kategorizacijo gozdov po varovalnem pomenu (KOŠIR 1976), tako da smo zadnji dve kategoriji z zelo nizko varovalno vlogo (kategorija 6 in 7) združili v enoten razred in ju ocenili kot najmanj ranljivi (ranljivost = 1). Pri ocenjevanju ranljivosti gozda smo upoštevali le gozdne združbe s posebno izraženo varovalno vlogo (ranljivost = 5 oziroma 4). Dobljenemu rezultatu smo prišteli naslednje vrednosti:

- trajno varovalni gozdovi: ranljivost = 5, + 0,5 točke
- gozdovi z vsestransko poudarjenim varovalnim značajem: ranljivost = 4, + 0,3 točke

Omenjene vrednosti (0,5 oziroma 0,3 točke) smo določili s številnimi preizkusi z različnimi vrednostmi. Po teh simulacijah smo ugotovili, da se z vrednostmi 0,5 oziroma 0,3 točke pokaže vpliv gozdnih združb na skupno oceno ranljivosti gozda.

#### ONESNAŽENOST ZRAKA (območja z največjo onesnaženostjo zraka v Sloveniji)

Onesnaženosti zraka pri pokrajinsko-ekološki regionalizaciji nismo upoštevali, saj smo kot dejavnike členitve upoštevali le fizičnogeografske elemente, ki močno vplivajo na gozd. Predstavljala pa je edino informacijo o obremenjenosti okolja, ki smo jo upoštevali pri skupni oceni ranljivosti gozda. V pokrajinsko-ekoloških podenotah, ki vključujejo območja z največjo onesnaženostjo zraka v Sloveniji (zavzemajo vsaj polovico podenote), smo dobljenemu rezultatu prišteli +0,5 točke. To vrednost smo dobili s preizkusi oziroma simulacijami različnih vrednosti.

Določitev pokrajinsko ekološke ranljivosti:

Z upoštevanjem vseh omenjenih dejavnikov smo gozdu znotraj posameznih pokrajinsko-ekoloških podenot določili ranljivost od 1–5.

Razredi ranljivosti:

- 1 ranljivost je zelo majhna,
- 2 ranljivost je majhna,

- 3 ranljivost je zmerna,
- 4 ranljivost je visoka,
- 5 ranljivost presega prag sprejemljivosti.

Pri pokrajinsko-ekološki regionalizaciji so nam bili v pomoč tudi višinski pasovi in geomorfološke oblike, nismo pa jih uporabili pri ocenjevanju ranljivosti gozda, saj menimo, da nanjo ne vplivajo neposredno.

Obrazec, po katerem smo računali ranljivost gozda po posameznih pokrajinsko-ekoloških podenotah, je:

$$R_s = \left( \sum_{i=1}^n R_i * x_i \right) / i$$

$R_s$  = skupna ranljivost gozda v določeni pokrajinsko-ekološki podenoti / *total forest vulnerability in a landscape-ecological element*

$R_i$  = ranljivost pokrajinsko-ekološkega elementa / *vulnerability of a landscape-ecological element*

$x_i$  = teža pokrajinsko-ekološkega elementa / *weight of a landscape-ecological element*

Osnovno oceno ranljivosti gozda smo dobili z upoštevanjem naklona, geološke podlage, prsti in podtalnice. H končni oceni ranljivosti so prispevale, kot že rečeno, še gozdne združbe in onesnaženost zraka.

V modelu je bila uporabljena naslednja podatkovna baza:

- karta naklonov površja, izdelana na osnovi DMR 100x100m,
- karta višinskih pasov, izdelana na osnovi DMR 100x100m,
- geološka karta, M 1:100.000, list Ljubljana (Osnovna geološka karta SFRJ, Vojnogeografski inštitut Beograd, 1983) in list Celje (Osnovna geološka karta SFRJ, Vojnogeografski inštitut Beograd, 1978),
- pedološka karta, M 1:25.000, listi Kamnik, Nevlje, Ljubljana, Dolsko, Zgornji Tuhinj, Motnik, Dobrna, Laško (BF, Center za pedologijo in varstvo okolja, 1990),
- karta nahajališč podtalnice, M 1:25.000 (Vodnogospodarski inštitut, MOP-UVN, 1990),

- karta gozdnih združb, M 1:100.000 (Biro za gozdarsko načrtovanje, 1970) in za posamezna območja Karta gozdnih združb, M 1:10.000 (Biro za gozdarsko načrtovanje, 1968),
- karta območij z največjo onesnaženostjo zraka v Sloveniji (degradirana območja), M 1:400.000 (V: Onesnaženost okolja leta 1995, Inštitut za geografijo),
- TTK 1:25.000, listi Kamnik, Nevlje, Ljubljana, Dolsko, Litija, Zgornji Tuhinj, Motnik, Mozirje, Velenje, Dobrna, Trbovlje, Laško (Vojnogeografski inštitut Beograd, 1976).

Preglednica 1: Ocenjevanje ranljivosti gozda po modelu 1 na primeru izbrane pokrajinsko-ekološke podenote (pokrajinsko-ekološka enota: Širši pas ob večjih rekah na obrečnih tleh, geološka podlaga prod)

Table 1: Assessment of forest vulnerability (based on Model 1) in the case of a selected landscape-ecological subcategory (landscape-ecological subcategory: Broad section in the vicinity of larger rivers of fluvial soils, geological base is gravel)

Pokrajinsko-ekološki dejavniki / Landscape-ecological elements	Razred / Class	Ranljivost dejavnika / Element vulnerability	Teža dejavnika / Element weight
Prevladujoča nadmorska višina / Dominant altitude	200–400 m	/	/
Prevladujoči naklon / Dominant slope	0–5 °	1	1
Prevladujoča geomorfološka oblika / Dominant geomorphological structure	Ravnina / Plain	/	/
Prevladujoča geološka podlaga / Dominant geological base	Prod / Gravel	5	1,5
Prevladujoče prsti / Dominant soils	Obrečna tla / Fluvial soils	3	1
Hidrološke razmere / Hidrological conditions	Nahajališče podtalnice / Presence of underground water	5	1
Prevladujoče gozdne združbe / Dominant forest communities	S – <i>Salicetea purpureae</i> QC4 – <i>Hacquetio- Carpinetum</i> var. <i>Epimedium alpinum</i>	4 1	+ 0,3 točke / points
SKUPNA RANLJIVOST / TOTAL VULNERABILITY = 4			

**5.2 MODEL RANLJIVOSTI GOZDA, KI IZHAJA IZ KRITERIJEV ZA  
OCENO GOZDNIH FUNKCIJ – MODEL 2**  
FOREST VULNERABILITY MODEL DERIVED FROM THE CRITERIA  
USED FOR THE ASSESSMENT OF FOREST FUNCTIONS (MODEL 2)

Zakon o gozdovih (1993) opredeljuje šestnajst gozdnih funkcij, kar predstavlja množico informacij. Pri računalniškem kartiranju bi potrebovali zelo veliko digitalnih podatkovnih slojev, a žal ne obstajajo niti v analogni obliki. Zato smo se odločili, da se omejimo le na nekaj gozdnih funkcij, poleg tega pa zmanjšamo tudi število kazalcev, ki jih opredeljujejo, oziroma jih zaradi nedostopnosti podatkov poenostavimo. V pomoč so nam bili predvsem avstrijski in švicarski viri.

V Avstriji (KUDJELKA / SINGER 1988) upoštevajo štiri funkcije: proizvodno, varovalno, blažilno in rekreacijsko. V Švici (WULLSCHLÄGER 1982) imajo prav tako štiri gozdne funkcije: proizvodno, funkcijo zaščite pred naravnimi pojavi (erozija, oskrba z vodo, plazovi...), funkcijo zaščite pred civilizacijskimi vplivi (imisije) in rekreacijsko funkcijo.

Na osnovi tega smo se odločili, da bomo v model vključili: varovalno, zaščitno, klimatsko, hidrološko, higiensko-zdravstveno in turistično-rekreacijsko funkcijo. Lesnoproizvodne funkcije zaradi več razlogov nismo upoštevali. V modelu smo hoteli bolj poudariti ekološke in nekatere socialne funkcije, ki se nam zdijo bistvene pri odločanju o sprejemljivosti potencialnih posegov v gozd. Lesnoproizvodna funkcija ima poseben značaj, saj je, razen redkih izjem (varovalni gozdovi, gozdovi s posebnim pomenom), značilna za vse gozdno območje, zaradi česar bi bila diferenciacija gozda težje izvedljiva. V primerjavi z ostalimi, predvsem ekološkimi funkcijami jo je s pogozditvami mogoče tudi nadomestiti na drugih območjih. Poleg teoretičnih se je pojavil še praktičen problem, saj nismo imeli podatkovnih slojev v ustrezni obliki za neposredno računalniško obdelavo. Zaradi tega smo se odločili, da te funkcije v model ranljivosti gozda ne vključimo, ampak jo obravnavamo šele pri presoji vplivov na gozd. Dovolj zgodaj, da se opozori na območja z največjim lesnoproizvodnim pomenom in upošteva pri skupni oceni sprejemljivosti posegov.



Pri vseh obravnavanih funkcijah smo upoštevali osnovne kazalce za opredeljevanje gozdnih funkcij, določene v Pravilniku o gozdnogospodarskem in gozdnogojitvenem načrtovanju (1998). Preverili smo tudi dostopnost podatkovnih slojev, zato nekaterih kazalcev nismo obravnavali ali pa smo jih poenostavili. Kazalce smo razvrstili v razrede (od 1–5) glede na to, koliko vplivajo na ranljivost (npr. večji naklon površja → večja ranljivost varovalne funkcije).

Izhodišče za pripisovanje teže kazalcem je bila ocena, v kolikšni meri le-ti vplivajo na ranljivost gozdne funkcije glede na ostale kazalce. Kot v celotnem postopku ocenjevanja ranljivosti gozdnih funkcij smo tudi tukaj upoštevali Pravilnik o gozdnogospodarskem in gozdnogojitvenem načrtovanju (1998) ter avstrijsko in švicarsko metodologijo za opredeljevanje teh funkcij. Upoštevali smo tudi naslednje:

- večjo veljavo imajo ploskovno obsežnejši pojavi od linijskih (ti so pomembnejši v podrobnejših študijah na lokalni ravni),
- večjo težo imajo osnovni kazalci v primerjavi z izvedenimi (sintezni) kazalci (npr. pri varovalni funkciji gozda so pomembnejši naklon, geološka in pedološka podlaga v primerjavi z erozijskimi območji, gozdnimi združbami itd.).

Pri dodeljevanju teže gozdnim funkcijam smo upoštevali avstrijsko (KUDJELKA / SINGER 1988) vrednotenje. Avtorja navajata, da ima, če se na določenem območju pojavijo vse tri negospodarske funkcije z najvišjo vrednostjo (3), varovalna funkcija prednost pred blažilno, ta pa pred rekreacijsko. V skladu s tem smo dodelili najvišjo težo (5) varovalni, zaščitni in klimatski funkciji, težo 4 smo pripisali hidrološki in higiensko-zdravstveni, turistično-rekreacijska funkcija pa je dobila težo 3.

Za skupno oceno ranljivosti gozda smo tudi pri tem modelu uporabili petstopenjsko lestvico (glej model 1).

Obrazca, po katerem smo računali ranljivost gozda, sta:

$$R_f = \left( \sum_{k=1}^n R_k * x_k \right) / 5$$

$$R_s = \left( \sum_{f=1}^n R_f * x_f \right) / 5$$

$R_f$  = ranljivost funkcije gozda / *forest function vulnerability*

$R_s$  = skupna ranljivost gozda / *total forest vulnerability*

$R_k$  = ranljivost kazalca / *parameter vulnerability*

$x_k$  = teža kazalca / *parameter weight*

$x_f$  = teža funkcije gozda / *forest function weight*

V modelu je bila uporabljena naslednja podatkovna baza:

- karta naklonov površja, izdelana na osnovi DMR100x100,
- karta višinskih pasov, izdelana na osnovi DMR100x100,
- geološka karta, M 1:25.000, list Domžale (Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, 1993; op.karta ni bila natisnjena),
- pedološka karta, M 1:25.000, listi Kamnik, Nevlje, Ljubljana, Dolsko, Zgornji Tuhinj, Motnik, Dobrna, Laško (BF, Center za pedologijo in varstvo okolja, 1990),
- karta erozijskih območij po stopnjah erozije, M 1:250.000 (MOP–UVN, 1990),
- karta rabe tal, lastno kartiranje, 1997 (V: aerosposnetki, CAS, snemalni pas 1639/14, št. posnetkov 126, 127 in 128, merilo 1:17.500, Geodetski zavod Slovenije, 1994),
- karta gozdnih združb, M 1:10.000 (Biro za gozdarsko načrtovanje, 1968),
- karta cestnega omrežja M 1:25.000 (V: TK25, Geodetska uprava Republike Slovenije, 1995),
- karta rečnega omrežja, M 1:25.000 (V: TK25, Geodetska uprava Republike Slovenije, 1995),
- karta vodnih virov M 1:25.000 (V: TK25, Geodetska uprava Republike Slovenije, 1995),
- karta območij podtalnice M 1:25.000 (Vodnogospodarski inštitut, MOP–UVN, 1990).

Preglednica 2\*: Ocenjevanje ranljivosti varovalne funkcije gozda - izrez iz modela 2

Table 2: Assessment of the vulnerability of the forest protective function – part of Model

2

Funkcija gozda	Kazalci	Razredi	Ovrednotenje	Teža kazalca	Teža funkcije	
Varovalna funkcija	Naklon površja	<b>naklon površja</b>				
		raven do blago nagnjen (0–5°)	1			
		položen (6–15°)	2			
		zmeren (16–25°)	3	0,190		
		strm (26–35°)	4			
			zelo strm (> 35°)	5		
	Geološka podlaga	<b>geološka podlaga – skupine kamnin</b>				
		prod in pesek	5			
		gljne in ilovice	5			
		mehke karbonatne kamnine	4			
		trde karbonatne kamnine	1			
		mehke do srednje trde nekarbonatne kamnine	3	0,240		
			trde nekarbonatne kamnine	2		
		mešane kamnine (karbonatno–nekarbonatne)	3			
Prst	<b>prst – pedosekvenca</b>					
	pedosekvenca na prstu in pesku	2–5				
	pedosekvenca na glinah in ilovicah	2–3				
	pedosekvenca na mehkih karbonatnih kamninah	2–3	0,190			
	pedosekvenca na trdih karbonatnih kamninah	1–4				
	pedosekvenca na nekarbonatnih kamninah	2–4				
		pedosekvenca na mešanih kamninah	2–3		5	
Zgornja gozdna meja	<b>zgornja gozdna meja – nadmorska višina &gt; 1500m</b>		5	0,190		
	<b>erozijska območja s stopnjami erozije (kriteriji Podjetja za urejanje hudournikov)</b>					
Erozijska območja	močna		5			
	srednja		4			
	slaba		2	0,095		
	zelo slaba		1			
Gozdne združbe	<b>gozdne združbe</b>					
	1. stopnja varovalne funkcije (po pravilniku <sup>#</sup> ):		5			
	2. stopnja varovalne funkcije (po pravilniku <sup>#</sup> ):		4	0,095		

op.:<sup>#</sup> – Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (1998)

\* zaradi boljše preglednosti besedilo ni prevedeno

## 6 REZULTATI RESULTS

### 6.1 REZULTATI MODELA 1 RESULTS OF MODEL 1

Na širšem študijskem območju (Ljubljana–Celje) smo preizkusili le model 1. Model 2 je bil zaradi pomanjkanja podatkov in zahtevnosti dela preizkušen le na ožjem študijskem območju pri Domžalah. Iz rezultatov (preglednica 3, grafikon 1, slika 1) je razvidno, da na tem območju prevladuje zmerna ranljivost, saj se je kar polovica vseh površin uvrstila v to kategorijo.

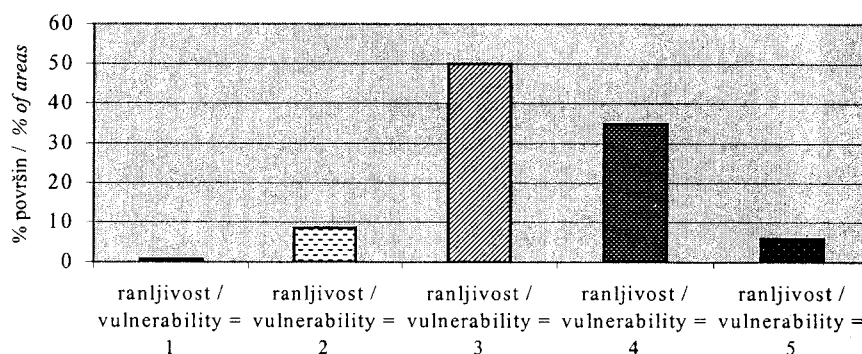
V razred z majhno ranljivostjo se je uvrstilo 8,5 % površin, zelo majhno ranljivost pa smo ugotovili le v eni pokrajinsko–ekološki podenoti. To kaže, da bi bilo v prihodnji izpopolnitvi metodologije smiselno združiti ta dva razreda. Majhna ranljivost se pojavlja v tistih pokrajinsko–ekoloških podenotah, kjer večina obravnavanih elementov kaže majhno do srednjo ranljivost.

Preglednica 3: Ranljivost gozda po posameznih pokrajinsko–ekoloških podenotah, ocenjena na osnovi modela 1 (širše študijsko območje Ljubljana–Celje)

*Table 3: Forest vulnerability in individual landscape-ecological subcategories assessed on basis of Model 1 (the extended Ljubljana-Celje region)*

Ranljivost / <i>Vulnerability</i>	Površina (ha) / Area (in ha)	%
Študijsko območje / <i>Study region</i>	31027	100
Ranljiva območja – skupaj / <i>Vulnerable areas - total</i>	31027	100
Območja z ranljivostjo 1 / <i>Areas with vulnerability 1</i>	229	0,7
Območja z ranljivostjo 2 / <i>Areas with vulnerability 2</i>	2616	8,5
Območja z ranljivostjo 3 / <i>Areas with vulnerability 3</i>	15523	50,0
Območja z ranljivostjo 4 / <i>Areas with vulnerability 4</i>	10813	34,9
Območja z ranljivostjo 5 / <i>Areas with vulnerability 5</i>	1845	5,9

Visoko ranljivih je kar 34,9 % vseh površin. V Ljubljanski in Celjski kotlini so to pokrajinsko-ekološke podenote, ki zajemajo širše pasove ob rekah, z zelo ranljivo geološko podlago – nekompaktnimi in za delovanje erozije zelo občutljivimi rečnimi sedimenti (prod oziroma prodni zasip). Na visoko ranljivost močno vpliva tudi prisotnost podtalnice. Gozd v tem primeru opravlja pomembno funkcijo varovanja zemljišč in pitne vode. V hribovju na visoko ranljivost najmočneje vpliva naklon, ki v več primerih presega 25 stopinj, pa tudi ranljiva geološka podlaga (miocenski peski in peščenjaki, fliš, bazaltni konglomerat itd.), prsti (ranker, rendzina) in gozdne združbe z varovalno funkcijo.

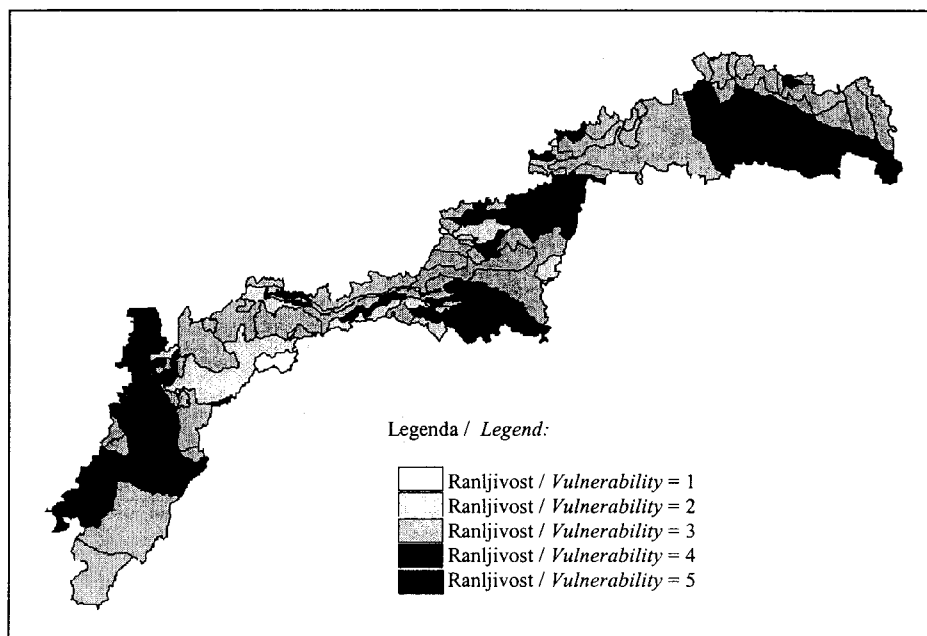


Grafikon 1: Ranljivost gozda po posameznih pokrajinsko-ekoloških podenotah, ocenjena na osnovi modela 1 (širše študijsko območje Ljubljana-Celje)

Graph 1: Forest vulnerability in individual landscape-ecological subcategories assessed on the basis of Model 1 (the extended Ljubljana-Celje region)

5,9 % površin se je uvrstilo v razred z ranljivostjo 5, kjer je presežen prag sprejemljivosti, kar pomeni, da z gozdarskega vidika posegi na ta območja niso sprejemljivi. V Ljubljanski kotlini ima najvišjo ranljivost ozek pas ob večjih rekah zaradi zelo ranljivih pokrajinsko-ekoloških elementov. Prevladujoča geološka podlaga je prod, ki je nekompakten in občutljiv za delovanje erozije. Pri prsti gre za nerazvita obrečna tla – fluvisol, katerih značilnost je plitvost, velika kamnitost in labilnost. K skupni ranljivosti prispevajo še nahajališča podtalnice in varovalne gozdne združbe. Ranljivost 5 ima tudi enota, ki vključuje urbano področje Ljubljane in se uvršča med območja z največjo

onesnaženostjo zraka v Sloveniji. V Celjski kotlini ima najvišjo ranljivost ozek pas ob Savinji (rečni sedimenti, prod, nahajališče podtalnice), ki se hkrati razteza na območje z največjo onesnaženostjo zraka v Sloveniji. V Posavskem hribovju imata ranljivost 5 dve pokrajinsko–ekološki podenoti. Na tako visoko ranljivost najbolj vplivajo strm naklon (26–35 stopinj) ter zelo ranljiva geološka podlaga in prst. Gozd opravlja zelo pomembno varovalno funkcijo, ki bi bila ogrožena z vsakim posegom.



M=1:350.000

Slika 1: Ranljivost gozda po posameznih pokrajinsko–ekoloških podenotah, ocenjena na osnovi modela 1 (širše študijsko območje Ljubljana–Celje)

Figure 1: Forest vulnerability in individual landscape-ecological subcategories assessed on the basis of Model 1 (the extended Ljubljana-Celje region)

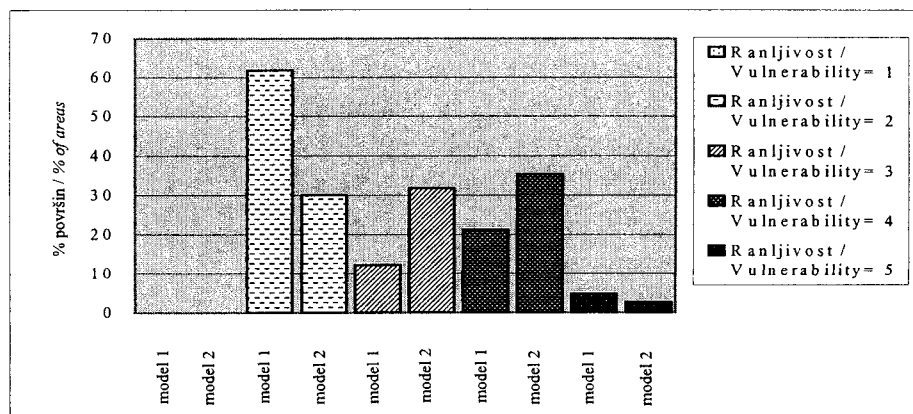
**6.2 PRIMERJAVA REZULTATOV MODELOV RANLJIVOSTI GOZDA 1 IN 2 NA OŽJEM ŠTUDIJSKEM OBMOČJU PRI DOMŽALAH**  
**COMPARISON OF THE RESULTS OF THE MODELS 1 AND 2 FOR THE ASSESSMENT OF FOREST VULNERABILITY IN THE CONSTRICTED DOMŽALE REGION**

Na ožjem študijskem območju pri Domžalah smo preizkusili oba modela za oceno ranljivosti gozda. Kljub prostorsko majhnemu študijskemu območju se pokažejo nekatere tendence (preglednica 4, grafikon 2, sliki 2 in 3). Obema modeloma je skupno, da se ne pojavlja ranljivost 1 in da zelo majhen delež površin kaže ranljivost 5. Razporeditev gozdnih površin v ostale tri razrede pa pokaže precejšnje razlike med modeloma.

Preglednica 4: Ranljivost gozda, ocenjena po modelu 1 in 2 – primerjava rezultatov (ožje študijsko območje pri Domžalah)

Table 4: Forest vulnerability assessed on basis of Models 1 and 2 – a comparison of results (the constricted Domžale study region)

Študijsko območje / Study region	Površina (ha) / Area (in ha)	%		
Skupaj / Total	2337,4	100		
Gozd (vir: lastno kartiranje rabe tal, 1997) / Forest (source: Landuse mapping, 1997)	682,6	29,2		
Ranljivost gozda / Forest vulnerability	Model 1 / Model 1		Model 2 / Model 2	
	Površina (ha) / Area (in ha)	%	Površina (ha) / Area (in ha)	%
Ranljiva območja – skupaj / Vulnerable areas - total	682,6	100	682,6	100
Območja z ranljivostjo 1 / Areas with vulnerability 1	0	0	0	0
Območja z ranljivostjo 2 / Areas with vulnerability 2	421,6	61,8	205,3	30,1
Območja z ranljivostjo 3 / Areas with vulnerability 3	83,1	12,2	217,9	31,9
Območja z ranljivostjo 4 / Areas with vulnerability 4	145,5	21,3	241,5	35,4
Območja z ranljivostjo 5 / Areas with vulnerability 5	32,4	4,7	17,9	2,6



Grafikon 2: Ranljivost gozda, ocenjena po modelu 1 in 2 – primerjava rezultatov (ožje študijsko območje pri Domžalah)

*Graph 2: Forest vulnerability assessed on the basis of Models 1 and 2 – a comparison of results (the constricted Domžale study region)*

Za model 2 (preglednica 4, grafikon 2, slika 3) je značilna enakomernejša zastopanost srednjih treh razredov ranljivosti, saj pade v razred z majhno ranljivostjo (ranljivost = 2) 30,1 % površin, v razred z zmerno ranljivostjo (ranljivost = 3) 31,9 % površin in v razred z visoko ranljivostjo (ranljivost = 4) 35,4 % površin. Statistično preseneča predvsem velik delež površin z visoko ranljivostjo, vendar z analizo dejavnikov, ki vplivajo na ranljivost, to lahko razložimo. Visoko ranljivost kaže zlasti obrečna vegetacija, ki je pomembna nosilka varovalne in hidrolške funkcije. Obrečni gozdovi se raztezajo na labilni geološki in pedološki podlagi, občutljivi za erozijo. Torej ščitijo zemljišče, na katerem rastejo, to velja zlasti za rečne brežine. Ker se nahajajo na območju podtalnice, ščitijo tudi pomembne vodne vire. Poleg omenjenih dveh funkcij se to prepletajo še številne druge, saj je območje v neposredni bližini urbanega centra – Domžal. Gozd je pomemben nosilec higiensko-zdravstvene funkcije, kajti blaži posledice emisij različnega izvora (promet, industrija, urbano onesnaževanje). Hkrati je privlačno rekreacijsko območje za prebivalce Domžal. Prav zaradi prepletanja vseh naštetih funkcij se na nekaterih območjih pojavlja celo ranljivost 5.

Podobne ugotovitve veljajo za ostalo gozdno območje v bližini Domžal, ki ima ranljivost 4. Na tako visoko ranljivost vpliva predvsem več funkcij, kar je pogojeno z lokacijo



območja - neposredna bližina Domžal. Seveda prispevata delež tudi ranljiva geološka (bazaltni konglomerat, aluvij, proluvij) in pedološka podlaga (distrični regolitični ranker).

Z oddaljenostjo od Domžal ranljivost gozda pada. To lahko razložimo s padanjem števila gozdnih funkcij (higiensko-zdravstvena in turistično-rekreacijska) ter z manjšo poudarjenostjo obstoječih. Na večjem delu, z ranljivostjo 2 oziroma 3, je geološka podlaga apnenec (ranljivost 1), tla pa rjava pokarbonatna (ranljivost 1).

Pri modelu 1 (preglednica 4, grafikon 2, slika 2) ima zelo velik delež gozdnih površin ranljivost 2 (61,8 %) in majhen delež ranljivost 3 (12,2 %). Razliko v primerjavi z modelom 2 si razlagamo predvsem z manjšim številom upoštevanih gozdnih funkcij in posledično z različno težo obravnavanih funkcij. V modelu 1 imajo največjo težo pokrajinsko-ekološki dejavniki, ki določajo varovalno in hidrološko funkcijo gozda. Obratno pa turistično-rekreacijska funkcija ni zastopana, prav tako ni prišla do izraza higiensko-zdravstvena. Slednjo model 1 sicer vključuje, saj upošteva območja z največjo onesnaženostjo zraka v Sloveniji, tja pa se območje Domžal ne uvršča.

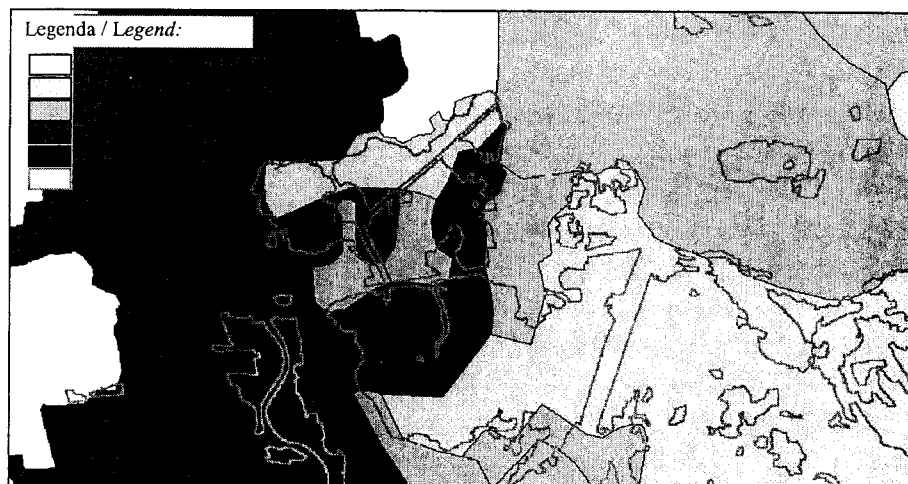
Zaključimo, da bi po obeh modelih dobili zelo podobne rezultate, če v modelu 2 ne bi upoštevali higiensko-zdravstvene in turistično-rekreacijske funkcije. Pri ocenjevanju pomena teh dveh funkcij smo izhajali iz avstrijskega (KUDJELKA / SINGER 1988) vrednotenja gozdnih funkcij. Higiensko-zdravstvena funkcija je višje vrednotena kot turistično-rekreacijska. To je v skladu s pokrajinsko-ekološko metodologijo pri ocenjevanju ranljivosti gozda. Omenjena funkcija gozda kaže na obremenjenost okolja z emisijami in je, poleg naravnih razmer, drugi pomembni dejavnik pri skupni oceni ranljivosti gozda. Higiensko-zdravstvena funkcija sodi torej med tiste kriterije, ki bi jih bilo treba upoštevati v modelu. In zato je bila tudi v našem primeru vključena v oba modela ranljivosti gozda. Žal pa se vsaj pri modelu 1 ni izrazila, ker smo uporabili zelo splošne podatke o obremenjenosti okolja. Kot kazalca te obremenjenosti smo upoštevali območja z največjo onesnaženostjo zraka z SO<sub>2</sub> v Sloveniji. Za druga območja nismo imeli podatkov. To kaže na pomanjkljivost modela, saj je vsaj za Domžale kot razmeroma veliko naselje z 10.848 prebivalci (l. 1991) in razvito industrijo mogoče sklepati, da je onesnaževanje zraka prisotno. To je tudi eden izmed razlogov za razlike med modeloma. Model 2 upošteva onesnaženost zraka v okviru higiensko-zdravstvene funkcije, zato so gozdna območja v bližini Domžal kazala večjo ranljivost kot pri modelu 1.

V prihodnosti bi bilo potrebno pri modelu 1 uporabiti podrobnejše podatke ali pa onesnaženost zraka simulirati iz posrednih podatkov (št. prebivalcev, emisij, prometa...), podobno kot smo to storili pri modelu 2. Predvidevamo namreč, da bi se z vključitvijo tega podatka v model 1 povečala predvsem ranljivost gozdnih območij v kotlinah in dolinah okrog urbanih in industrijskih središč. Tako bi prišel do izraza še en pomen gozdnih otokov v ravninah, in sicer zaradi čiščenja zraka.

Kljub temu pa obremenjenost okolja po našem mnenju še ne bi bila obravnavana dovolj. V natančnejšo presojo ranljivosti bi bilo poleg onesnaženosti zraka treba vključiti dodatne kazalce obremenjenosti gozda. To so na primer: odprtost z gozdnimi prometnicami, poškodovanost zaradi škodljivcev, divjadi itd. Zaradi nedostopnosti oziroma neustreznih oblik omenjenih podatkovnih slojev pa teh kazalcev ni bilo mogoče vključiti v presojo ranljivosti gozda. Ker obremenjenost okolja prispeva k skupni oceni ranljivosti, predvidevamo, da bi gozd v nekaterih pokrajinsko-ekoloških podenotah imel višjo ranljivost. Kljub temu pa bi večina pokrajinsko-ekoloških podenot verjetno ostala v istem razredu ranljivosti, saj ne gre za prostorsko zelo obsežne pojave. Z vključitvijo dodatnih kazalcev obremenjenosti okolja bi ugotovili, ali je gozd sploh sposoben zagotavljati delovanje funkcije, ki se mu jo pripisuje na osnovi naravnih dejavnikov oziroma izraženih družbenih potreb.

Turistično-rekreacijska funkcija je dobrodošla kot dodatni kazalec pri načrtovanju razvoja, če se izkaže, da je enota glede drugih elementov homogena. Do izraza pride predvsem na gozdnih območjih v okolici urbanih središč in turističnih krajev. Zaradi vedno večje urbanizacije njen pomen raste. Kljub temu pa smo mnenja, da ni nujno potrebna pri ocenjevanju ranljivosti gozda in je dovolj, če jo upoštevamo na podrobnejših stopnjah prostorskega načrtovanja.

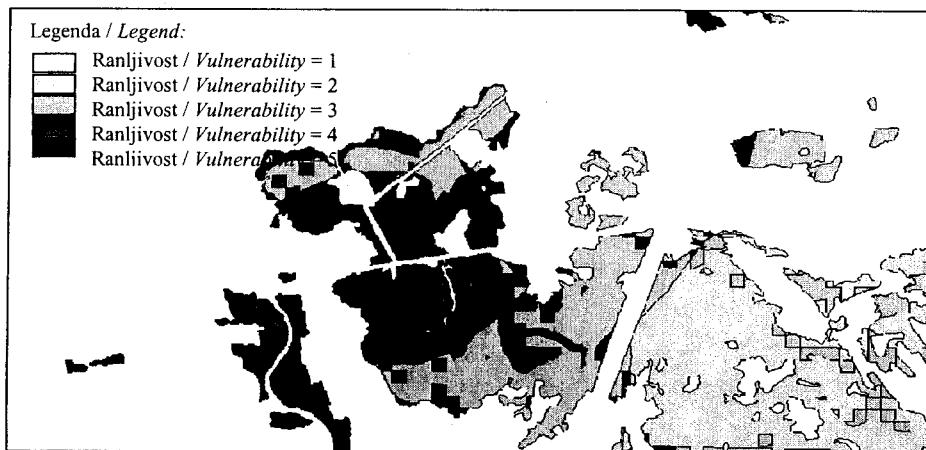
Pozitivno je, da se pri obeh modelih kaže razmeroma veliko ujemanje glede prostorske razporeditve bolj ali manj ranljivih gozdnih območij (slika 2 in 3). Obema modeloma je skupno, da se večinoma skladata glede lokacij gozdnih območij z najvišjo oziroma visoko ranljivostjo. Prav tako so po obeh modelih gozdne površine s stabilno geološko in pedološko podlago, ki so hkrati toliko oddaljene od Domžal, da nimajo higiensko-zdravstvene in turistično-rekreacijske funkcije, ocenjene kot malo ranljive (ranljivost = 2).



M=1:38.000

Slika 2: Ranljivost gozda, ocenjena po modelu 1 (ožje študijsko območje pri Domžalah)

Figure 2: Forest vulnerability assessed on the basis of Model 1 (the constricted Domžale study region)



M=1:38.000

Slika 3: Ranljivost gozda, ocenjena po modelu 2 (ožje študijsko območje pri Domžalah)

Figure 3: Forest vulnerability assessed on the basis of Model 2 (the constricted Domžale study region)

## 7 UGOTOVITVE CONCLUSIONS

S primerjavo obeh modelov lahko ugotovimo, da imata vsak svoje prednosti in slabosti. Prednost modela 1 je predvsem v načinu obravnavanja gozda. Gozd je razčlenjen po pokrajinsko-ekoloških podenotah, ki kažejo dokajšnjo homogenost pokrajinsko-ekoloških dejavnikov (naklon, pedološke, geološke značilnosti itd.). Ker je gozd najbolj kompleksen pokrajinsko-ekološki element, v močni soodvisnosti od vseh drugih, predvidevamo, da se homogenost izraža tudi pri njem. Seveda ne moremo govoriti o popolni homogenosti, saj bi bila v tem primeru potrebna nadaljnja členitev pokrajinsko-ekoloških podenot na ekotope. Kljub temu menimo, da se gozd na vsem območju, ki ga zajema določena pokrajinsko-ekološka podenota, podobno odziva na potencialne posege in je na splošno enako ranljiv. Prednost tega pristopa je, da poskuša prikazati interakcije med pokrajinsko-ekološkimi dejavniki, njihovo povezanost v zaokroženo celoto in specifičnost, po kateri je mogoče le-to razlikovati od drugih enot. Za model 2 je značilno ravno obratno – ranljivost gozda poskušamo oceniti z obravnavanjem posameznih kazalcev, med katerimi ne iščemo povezav.

Prednost modela 1 je tudi v enostavnejšem ocenjevanju ranljivosti gozda. Njegova pglavitna slabost pa je v zamudnem postopku pokrajinsko-ekološke regionalizacije, ki je prvi pogoj za presojo ranljivosti gozda. V primerjavi z modelom 2 prinaša tudi manj natančne ocene, ker so vezane na pokrajinsko-ekološke podenote in ker jih obravnava manj kazalcev. Kljub temu menimo, da je ocena ranljivosti gozda, ki jo dobimo po modelu 1, primerna za prostorsko načrtovanje na regionalni ravni.

Slabost obeh modelov je, da vključujeta premalo kazalcev obremenjenosti okolja, več bi jih vsaj na nekaterih območjih verjetno prispevalo k višji skupni oceni ranljivosti gozda. Modeloma je mogoče očitati tudi subjektivnost pri izboru vrednosti in teže obravnavanih dejavnikov ter ustvarjanje linearnega odnosa med njimi, kar dostikrat ne ustreza okoliščinam v naravi. To je velik metodološki problem, s katerim se bolj ali manj srečujejo vse stroke, ki se ukvarjajo s proučevanjem okolja kot izredno zapletenega in kompleksnega naravnega sistema.

Primerjava uporabljenih modelov za oceno ranljivosti gozda:

model 1	model 2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• obravnava gozda kot razmeroma homogene enote (splet ekotopov), na katero vplivajo številni pokrajinsko-ekološki dejavniki</li> <li>• enostavnejši postopek ocenjevanja ranljivosti gozda</li> <li>• dobri rezultati pri ugotavljanju najbolj ranljivih območij in slabši pri diferenciaciji gozda znotraj srednje in majhne ranljivosti (kar pa verjetno že presega raven študij ranljivosti okolja)</li> <li>• časovno zamuden postopek pokrajinsko-ekološke regionalizacije, subjektivno oblikovanje končnih mej pokrajinsko-ekoloških podenot</li> <li>• manj podrobni kriteriji za oceno ranljivosti gozda in temu ustrezno manj natančni podatki</li> <li>• obremenjenost okolja je premalo upoštevana</li> <li>• ocena vrednosti in teže posameznih dejavnikov je, kljub upoštevanju ugotovitev iz literature, subjektivna</li> <li>• med dejavniki je vzpostavljen linearen odnos, kar pa ni vedno v skladu z okoliščinami v naravi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obravnava gozda po posameznih kazalcih, ki kažejo prisotnost določene funkcije</li> <li>• bolj zapleten postopek ocenjevanja ranljivosti gozda</li> <li>• dobri rezultati pri ugotavljanju vseh stopenj ranljivosti gozda, podrobna členitev prostora na različne stopnje ranljivosti včasih že presega raven študij ranljivosti okolja in meji na presoje vplivov na okolje</li> <li>• končno oblikovanje mej območij z različno ranljivostjo je v domeni računalnika, seveda pa nanje vplivamo posredno s postavitvijo kriterijev</li> <li>• natančnejši kriteriji in podatki za oceno ranljivosti gozda</li> <li>• obremenjenost okolja je premalo upoštevana</li> <li>• ocena vrednosti in teže posameznih dejavnikov je, kljub upoštevanju ugotovitev iz literature, subjektivna</li> <li>• med dejavniki je vzpostavljen linearni odnos, kar pa ni vedno v skladu z okoliščinami v naravi</li> </ul>

Delovno hipotezo, da je ranljivost gozda mogoče zadovoljivo oceniti s pokrajinsko-ekološko metodologijo, lahko potrdimo, saj se je izkazalo, da je za raven študij ranljivosti okolja model 1 dovolj podroben in za gozdna območja tudi ustrezna podlaga za prostorsko planiranje na regionalni ravni.

Zavedati pa se je treba, da je bila metodologija preizkušena samo na izbranem študijskem območju, zato je težko sklepati o njeni širši uporabnosti. Pokrajinsko-ekološka regionalizacija je bila narejena:

- za oceno ranljivosti izbranega pokrajinsko-ekološkega elementa - gozda,

- za izbrano študijsko območje (širše območje variant avtoceste med Ljubljano in Celjem).

Glede na rezultate menimo, da je metodologija uporabna za ocenjevanje ranljivosti gozda tudi v drugih delih predalpske in alpske Slovenije. Tudi tu je dominanten pokrajinsko-ekološki element relief, ker pomembno vpliva na vse druge dejavnike. V drugih delih Slovenije bi bilo treba metodologijo prilagoditi drugačnim pokrajinsko-ekološkim razmeram. Mislimo predvsem na spremembo nosilnega pokrajinsko-ekološkega dejavnika, vključitev dodatnih kazalcev pri pokrajinsko-ekološki regionalizaciji, spremembo teže pokrajinsko-ekoloških dejavnikov pri ocenjevanju ranljivosti gozda... Kot je ugotovil že Natek (1996), je za dinarskokraško Slovenijo dominantni pokrajinsko-ekološki element litološka zgradba (in z njo povezani kraški pojavi), pri panonski in sredozemski Sloveniji pa je pri prvi fazi členitve dominantno podnebje, na naslednjih pa relief in deloma litološka zgradba. Za regionalno raven načrtovanja torej ni mogoče izdelati pokrajinsko-ekološke regionalizacije celotne Slovenije in na njej temelječe metodologije za oceno ranljivosti gozda po enotnih kriterijih, pač pa je potrebno vsakokrat upoštevati specifične pokrajinsko-ekološke razmere in temu ustrezno prilagoditi metodologijo.

Možnost izpopolnitve metodologije se odpira z uporabo postopkov, ki so se uveljavili kot podpora pri sprejemanju prostorskih odločitev. Študije ranljivosti okolja zahtevajo obravnavo velikega števila kriterijev, poleg tega je treba zadostiti tudi več ciljem. Zato se zdi zanje zelo primerno večkriterialno in večciljno vrednotenje (EASTMAN 1997), ki ima tudi ustrezno programsko podporo (IDRISI). Potrebne bi bile sicer manjše prilagoditve modela, a se ne bi nanašale toliko na njegovo vsebinsko zasnovo, temveč na metodološke spremembe (sprememba intervala standardizacije, spremembe pri opredeljevanju teže, uporaba t.i. mehkih nizov...). Programska podpora pa ima še eno veliko prednost, in sicer omogoča izdelavo velikega števila variant, preverjanje rezultatov in spreminjanje dejavnikov v modelu. Na ta način se lahko kar najbolj približamo dejanskemu stanju v naravi.

## 8 POVZETEK

V raziskavi smo izdelali metodologijo za oceno ranljivosti gozda. Oblikovali smo dva modela vrednotenja: model, ki temelji na pokrajinsko-ekološki regionalizaciji (model 1), in model, ki temelji na kriterijih za oceno gozdnih funkcij (model 2).

Pri modelu 1 smo iz obstoječe Študije ranljivosti okolja (ŠPES et al. 1996) prevzeli teoretična izhodišča (na ranljivost okolja vplivajo naravne razmere in obremenjenost okolja) in prvi dve stopnji pokrajinsko-ekološke regionalizacije (NATEK 1996). Za ocenjevanje ranljivosti gozda smo tretjo stopnjo členitve izvedli sami. Upoštevali smo naslednje dejavnike: naklon, geomorfološke oblike, višinske pasove, geološko podlago, prst, podtalnico in gozdne združbe. Na širšem študijskem območju med Ljubljano in Celjem smo dobili 43 pokrajinsko-ekoloških podenot.

Pri presoji ranljivosti gozda smo upoštevali iste dejavnike kot pri regionalizaciji (razen višinskih pasov in geomorfoloških oblik), med kazalce obremenjenosti gozda smo vključili še onesnaženost zraka. Glede na vpliv na ranljivost gozda smo jih razdelili v razrede in jih ovrednotili. Pri določanju teže smo se naslanjali na ugotovitve iz literature, dokončen koncept pa smo izdelali po številnih preizkusih modela in primerjavi dobljenih rezultatov. Tako smo dobili skupno oceno ranljivosti gozda znotraj posameznih pokrajinsko-ekoloških podenot. Določili smo 5 razredov ranljivosti od 1 (ranljivost je zelo majhna) do 5 (ranljivost presega prag sprejemljivosti).

Pri modelu 2 smo s pomočjo avstrijske (KUDJELKA / SINGER 1988) in švicarske (WULLSCHLÄGER 1982) metodologije za oceno gozdnih funkcij naredili izbor funkcij. Naš metodološki prispevek je oblikovanje koncepta ocenjevanja ranljivosti gozda. V model smo vključili naslednje funkcije: varovalno, zaščitno, klimatsko, hidrološko, higiensko-zdravstveno in turistično-rekreacijsko. Kazalce, ki opredeljujejo posamezno gozdno funkcijo, smo razvrstili v razrede (1-5) glede na njihov vpliv na ranljivost. Pri določanju teže posameznih kazalcev smo se naslanjali na ugotovitve iz literature in postavke, da imajo večjo težo ploskovno obsežnejši pojavi od linijskih in osnovni kazalci v primerjavi z izvedenimi (sintezni). Pri opredeljevanju teže gozdnih funkcij smo izhajali iz avstrijskega (KUDJELKA / SINGER 1988) vrednotenja gozdnih funkcij. Karta skupne ocene ranljivosti je nastala z obdelavo podatkovnih slojev v programu ARC/INFO.

Modela za oceno ranljivosti gozda smo preizkusili na primeru gradnje avtocest. Na širšem študijskem območju med Ljubljano in Celjem smo preizkusili le model 1. Polovica vseh površin se je uvrstila v razred z zmerno ranljivostjo gozda. Kot visoko ranljive (34,9 % površin) smo ocenili širše pasove ob rekah z zelo ranljivo geološko podlago, nahajališči podtalnice in podenote z velikim naklonom, ranljivo geološko podlago in prstni ter varovalnimi gozdnimi združbami. Najvišjo ranljivost, kjer posegi glede vplivov na gozd niso sprejemljivi (ozki obrečni pasovi, podenote z zelo strmim reliefom, z zelo ranljivo geološko in pedološko podlago ter varovalnimi gozdnimi združbami), je imelo 5,9 % površin. V razred z majhno ranljivostjo se je uvrstilo 8,5 % površin, zelo majhno ranljivost pa je kazala le ena pokrajinsko-ekološka podenota.

Na ožjem študijskem območju pri Domžalah smo preizkusili oba modela za oceno ranljivosti gozda. Najvišjo ranljivost (5) smo pripisali obrečni vegetaciji s pomembno varovalno in hidrološko funkcijo. Zaradi neposredne bližine Domžal ima tudi higiensko-zdravstveno in turistično-rekreacijsko funkcijo. Drugo gozdno območje v bližini Domžal ima visoko ranljivost (4), k čemur prispevata ranljiva geološka podlaga in prst ter prekrivanje več funkcij. Z oddaljenostjo od Domžal ranljivost gozda pada. To je posledica padanja števila gozdnih funkcij (higiensko-zdravstvena in turistično-rekreacijska) in manjše poudarjenosti obstoječih gozdnih funkcij (predvsem varovalne). Na večjem delu, z ranljivostjo 2 oziroma 3, je geološka podlaga apnenec, na njem pa so razvita rjava pokarbonatna tla. Ranljivosti 1 na ožjem študijskem območju ni.

S primerjavo rezultatov obeh modelov smo ugotovili, da je prednost modela 1 predvsem v tem, da upošteva interakcije med pokrajinsko-ekološkimi dejavniki, njihovo povezanost v zaokroženo celoto in specifičnost, po kateri jo je mogoče razlikovati od preostalih enot. Pri modelu 2 se ranljivost gozda ugotavlja po posameznih kazalcih, med katerimi ne iščemo povezav. Prednost modela 1 je tudi v enostavnejšem ocenjevanju ranljivosti gozda. Njegova slabost pa je v zamudnem postopku pokrajinsko-ekološke regionalizacije, ki je prvi pogoj za ocenjevanje ranljivosti gozda. V primerjavi z modelom 2 prinaša tudi manj natančne ocene ranljivosti gozda, vendar menimo, da ustrezajo regionalni ravni prostorskega načrtovanja. Slabost obeh modelov je, da vključujeta premalo kazalcev obremenjenosti okolja. Prav tako jima je mogoče očitati subjektivnost pri izboru vrednosti in teže posameznih dejavnikov ter ustvarjanje linearnega odnosa med dejavniki, kar dostikrat ne ustreza dejanskim razmeram v naravi.



Z izdelavo metodologije za oceno ranljivosti gozda smo dosegli cilj raziskave. V prihodnje je treba razmišljati o izpopolnitvi metodologije, ki bi še zmanjšala vpliv subjektivnega dejavnika pri vrednotenju prostora in pri sprejemanju prostorskih odločitev. Velike možnosti vidimo v uporabi postopkov, ki se uveljavljajo tudi pri prostorskem načrtovanju. Za ocenjevanje ranljivosti gozda se zdi zelo primeren postopek večkriterialnega in večciljnega vrednotenja (EASTMAN 1997), ki je podprt s programskim paketom IDRISI. V primerjavi s klasičnimi metodami je njegova velika prednost v možnosti obdelave velike količine podatkov, modeliranju in simuliranju rešitev, kar naredi naše odločitve objektivnejše.

## 9 SUMMARY

We developed a methodology for the assessment of forest vulnerability. We designed two estimation models: first, a model that is derived from a landscape-ecological regionalization (Model 1) and, second, a model derived from the criteria used for the assessment of forest functions (Model 2).

We derived Model 1 from a pre-existing study of the environmental vulnerability (ŠPES et al. 1996), from which we obtained its theoretical basis (environmental vulnerability is influenced by natural environmental factors and by the overburdening of the environment), and the first two steps of the landscape-ecological regionalization (NATEK 1996). The third step of the correlation, viewed from the standpoint of specific needs for the assessment of forest vulnerability we developed on our own. We took into consideration the following factors of spatial division: a degree of slope, geomorphological structures, altitude zones, geological base, soil, underground water and forest communities. In the extended Ljubljana-Celje study region, we acquired 43 landscape-ecological subcategories.

In the assessment of forest vulnerability, we took into consideration the same factors as we did in regionalization (except for the altitude zones and the geomorphological structures); as an indicator of forest overburdening we included also air pollution. We divided the landscape-ecological elements into different categories, according to their influence on forest vulnerability, and evaluated them. We weighed our judgement on the

findings from literature; the final concept, however, was developed on basis of numerous experiments of the model and a comparison of acquired results. So, we attained collective assessment of forest vulnerability within individual landscape–ecological subcategories, which was divided up into 5 categories from 1 (low vulnerability) to 5 (vulnerability exceeds the accepted limit).

We derived Model 2 from the Austrian (KUDJELKA/SINGER 1988) and Swiss (WULLSCHLÄGER 1982) methodology for the assessment of forest functions, which were the base for selection of functions in the model. Our methodological contribution is a development of the concept for the evaluation of forest vulnerability. We included the following functions in the model: protection of forest areas and stands, the protective, the climatic, the hydrologic, the hygienic–medical, and finally, the tourist–recreational function. The indicators that define individual forest function are divided into categories (1 to 5), according to their influence on forest vulnerability. When defining the weight factor of individual indicators, we relied on conclusions found in literature and the presuppositions, that horizontally broader phenomena have bigger weight than the linear, just like the elementary indicators in comparison to the synthetic ones. We derived our evaluation of forest functions from the Austrian (KUDJELKA/SINGER 1988) assessment of forest functions. The map of the collective estimate of forest vulnerability was developed on basis of data stratum fabrication with the ARC/INFO Program.

The two models for the assessment of forest vulnerability were tested in the case study of a highway construction. In the extended Ljubljana–Celje study region only Model 1 was tested. Half of all the territory placed into the category of moderate forest vulnerability. As high vulnerable (34,9 % of the territory) we assessed broad sections in the vicinity of rivers with very vulnerable geological base and spots where underground water is found and, on the other hand, subcategories with large slope, vulnerable geological base and soils, and forest communities with their protective function. The highest level of vulnerability, where encroachment, from the standpoint of its influence on forest, is not acceptable (narrow strips of land close to rivers, subcategories with extremely steep relief, with exceedingly vulnerable geological and pedological base and with the protective forest communities) was present in 5,9 % of the territory. Only 8,5 % of the territory placed in the low vulnerability class, while the extremely low vulnerability appeared only in one landscape–ecological subcategory.

In the constricted Domžale study region, both models were tested. The highest vulnerability (level 5) we assigned to the riverside vegetation next to Kamniška Bistrica with a very important protective and hydrological function. Because of the close proximity of Domžale, it has also an important hygienic-medical and a tourist-recreational function. The rest of the forest region in the vicinity of Domžale also suffers from high vulnerability (level 4), what is the result of a sensitive geological and pedological base and an overlapping of a substantial number of functions. A distancing from the town of Domžale decreases forest vulnerability. This is the consequence of the reduction of forest functions (hygienic-medical and tourist-recreational) and with a smaller emphasis on the pre-existing forest functions (especially the protective ones). In a larger territory with the vulnerability level of 2 or 3, limestone represents its geological base, on which brown post-carbonated soil has developed. Level 1 vulnerability is not present in the constricted Domžale region.

On the basis of comparison of both models, we found out, that the advantage of Model 1 is its consideration of the interaction among the landscape-ecological factors, their connectedness into a well-round unity and its specificity, on the basis on which one can distinguish it from other categories. In Model 2, forest vulnerability is estimated on the basis of individual indicators, among which we do not pursue connections. The advantage of Model 1 is also its simpler method for the assessment of forest vulnerability. Its major defect, nevertheless, is its time consuming procedure of landscape-ecological regionalization, which represents a preliminary condition for the further assessment of forest vulnerability. In comparison with Model 2 it produces less refined estimates of forest vulnerability, but we believe that these are adequate for the regional level of spatial planning. A deficiency of both models is that they do not include a sufficient number of indicators of forest overburdening. They can also be attributed a subjectivity regarding the selection of the value and the weight determinant for individual factors, moreover, a creation of a linear relationship among these factors which often fails to correspond to the actual conditions present in the nature.

With the development of the methodology for the assessment of forest vulnerability the goal of our research was achieved. It is necessary to consider future additions, which would decrease the effects of the subjective factor in the spatial assessment, and consequently in making location decisions. We foresee great possibilities of perfecting the

methodology, employing the procedures, which are brought forward also on the field of spatial planning. In the need to assess forest vulnerability, what seems to be appropriate is a multi-criteria and a multi-objective procedure of evaluation (EASTMAN 1997), supported with the software package IDRISI. In comparison to classical methods, their great advantage lies in the possibility to process substantial amounts of data, and in modeling and simulating solutions with which they contribute to the objectification of our decisions.

## 10 VIRI REFERENCES

- ANKO, B., 1979. Problematika valorizacije funkcij gozdnega prostora.– Ljubljana, Samoupravna interesna skupnost za gozdarstvo SR Slovenije, s. 1–26.
- ANKO, B., 1995. Funkcije in vloge gozda.– Skripta. Ljubljana, BF, Oddelek za gozdarstvo, 182 s.
- BRÄNDLI, U.B. / KAUFMANN, E. / STIERLIN, H.R., 1994. Survey of Biodiversity at the Forest Margin in the Second Swiss NFI.– V: The Monte Verita conference on forest survey designs »Simplicity versus efficiency« and assessment of non-timber resources. Monte verita, Ascona, May 2–7 1994. Birmensdorf, Swiss federal institute for forest, snow and landsape research, s. 141–150.
- BRASSEL, P., 1995. Assessment of non-productive forest functions in the Swiss national forest inventory (NFI).– V: The Monte Verita conference on forest survey designs »Simplicity versus efficiency« and assessment of non-timber resources. Monte verita, Ascona, May 2–7, 1994. Birmensdorf, Swiss federal institute for forest, snow and landsape research, s. 38–46.
- CORSON-RIKERT, J., 1994. ROOTS Digitizing System – User Manual.– Princeton, Decision Images, Inc. 153 s.
- EASTMAN, J.R., 1997. IDRISI for Windows. User's Guide Version 2.0.– Worcester, Clark University, U.S. A., 331 s.
- ESRI 1996. ArcView GIS. The Geographic Information System for Everyone.– Redlands, Environmental System Research Institute, Inc., 340 s.
- ESRI 1998. ARC/INFO Version 7.2.1.– Redlands, Environmental System Research Institute, Inc.

- KÖHL, M. / KELLER, M., 1994. Geo-referenced Forest Information for Switzerland.– V: Designing a System of Nomenclature for European Forest Mapping. Joensuu, June 13th–15th 1994. Ispra/Joensuu, Joint Research Centre EU/European Forest Institute, s. 315–326.
- KOŠIR, Ž., 1976. Zasnova uporabe prostora – Gozdarstvo. Vrednotenje gozdnega prostora po varovalnem in lesnoproizvodnem pomenu na osnovi naravnih razmer.– Ljubljana, Zavod SR Slovenije za družbeno planiranje, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti, 147 s.
- KUDJELKA, W. / SINGER, F., 1988. Richtlinien für Waldentwicklungsplan.– Wien, Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, s. 1–44.
- MARUŠIČ, I., 1996. Študija ranljivosti okolja.– Pojasnjevalno besedilo pripravljeno za delavnico in dodelavo modelov ranljivosti v septembru 1996. Tipkopolis. Ljubljana, BF, Inštitut za krajinsko arhitekturo, 8 s.
- NATEK, K., 1996. Pokrajinsko-ekološka regionalizacija Slovenije.– V: Študija ranljivosti okolja (Vsebina in metodologija kot osnova za pripravo podzakonskega akta). Ljubljana, Inštitut za geografijo Univerze v Ljubljani, 73 s.
- OTTITSCH, A., 1994. Geo-referenced Forest Information in Austria.– V: Designing a System of Nomenclature for European Forest Mapping. Joensuu, June 13th–15th 1994. Ispra/Joensuu, Joint Research Centre EU/European Forest Institute, s. 160–172.
- PCI 1996. PCI OrthoEngine Version 6.0.1.– Ontario, Canada, PCI Inc., 158 s.
- R-WEL 1995. Desktop Mapping System (DMS), Version 4.0 – User's Guide.– Athens, R-WEL, Inc., 306 s.
- ŠPES, M. / BREČKO, V. / HOČEVAR, M. / LAMPIČ, B. / NATEK, K. / PLUT, D. / SMREKAR, A. / ŠEBENIK, I. / ŠUBIC, A. / VOVK-KORŽE, A., 1996. Študija ranljivosti okolja (Vsebina in metodologija kot osnova za pripravo podzakonskega akta).– Ljubljana, Inštitut za geografijo univerze v Ljubljani, 73 s.
- WULLSCHLÄGER, E., 1982. Die Erfassung der Waldfunktionen.– Berichte. Birmensdorf, Eidgenössische Anstalt für forstliche Versuchswesen, 79 s.
- Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih.1998. Uradni list RS, št.5, s. 256-270.
- Zakon o gozdovih. 1993. Uradni list RS, št.30, s. 1677-1691.
- Zakon o varstvu okolja. 1993. Uradni list RS, št.33, s. 1750-1768.

## 11 ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENTS

Članek predstavlja del magistrske naloge, zato bi se tukaj rada zahvalila vsem, ki so pripomogli k njenemu nastanku. Na prvem mestu se zahvaljujem mentorju prof. dr. Dušanu Plutu, ki mi je bil med nastajanjem naloge vedno pripravljen pomagati z bogatim strokovnim znanjem in izkušnjami. Zahvaljujem se tudi somentorju prof. dr. Milanu Hočevarju za strokovne nasvete, na podlagi katerih je naloga dobila svojo končno podobo. Magistrsko nalogo sem izdelala na Gozdarskem inštitutu Slovenije na Oddelku za gozdno načrtovanje in prostor. Vsem, ki so mi kakor koli pomagali pri študiju, raziskovalnem delu in izdelavi naloge, se prav tako iskreno zahvaljujem. Prav posebno zahvalo namenjam: zdaj že bivši sodelavki Andreji Ogulin – Iskri za vsestransko pomoč; Andreju Koblerju in Tonetu Kralju za razkrivanje računalniških skrivnosti ter Ireni Tavčar za reševanje kartografskih težav. Za tehnično pomoč se zahvaljujem prav tako zdaj že bivšima sodelavcema Rudiju Mutcu in Igorju Sirku. Miheju Urbančiču se zahvaljujem za izdelavo ocene ranljivosti geološke podlage in prsti, za prevod v angleščino pa sem dolžna zahvalo prijateljici Marti Košir – Widenbauer.

Naloga je bila izdelana s podporo MZT v okviru programa mladih raziskovalcev, delo pa je potekalo v okviru projektov "Snovanje modelov za preučevanje vplivov na okolje" (V4-6597/96; MKGP in MZT) in deloma "Izdelava modelov za presojo vplivov različnih vrst posegov v gozd in gozdni prostor" (V4-0183-98; MKGP in MZT).