

- UVODNIK 233 **Franc PERKO**
Za koga sploh gojiti in strokovno usmerjati naše gozdove?
- ZNANSTVENE RAZPRAVE 235 **Milan KOBAL, Matevž TRIPLAT, Nike KRAJNC**
Pregled uporabe zračnega laserskega skeniranja površja v gozdarstvu
Airborne Laser Scanning in Forestry – A Review
- 249 **Milan KOBAL**
Ocena lesne zaloge sestojev iz podatkov zračnega laserskega skeniranja površja
Growing stock estimation based on airborne laser scanning data
- 263 **Klemen KLINAR, David HLADNIK**
Dinamika zaraščanja planinskih pašnikov na Belski planini in Rebru z objektno usmerjeno analizo ortofotoposnetkov
Dynamics of Alpine Pastures Overgrowth in Belska Planina and Reber Using Object-Based Analysis of Orthophoto Images
- GOZDARSTVO V ČASU IN PROSTORU 280 **Urša VILHAR, Peter ŽELEZNIK, Natalija GYÖREK**
Seminar "Gremo v gozd"
Predstavitev inovativnih pristopov k vzgojno-izobraževalnem procesu
- 282 **Urška KLEPEC, Blaž KLOBUČAR**
Krajinski laboratorij (Landscape laboratory)
- 285 **Franc PERKO**
Od dečjih dni za pogozdovanje do tedna gozdov
- 288 **Tone LESNIK**
Dober glas naj gre v deveto vas!
- 290 **Jaša SARAŽIN**
Mednarodno srečanje študentov gozdarstva
- KNJIŽEVNOST 293 **Franc PERKO**
Izšla je knjiga Celjski mestni gozd v Pečovniku
- STROKOVNO IZRAZJE 295 **Marjan LIPOGLAVŠEK**
Stroji za sečnjo

Za koga sploh gojiti in strokovno usmerjati naše gozdove?

Kaj je glavni namen gozdarske stroke? Da usmerja razvoj gozdov tako, da poleg ekološke in socialne funkcije opravljajo tudi lesnoproizvodno. Gozdarji s svojim strokovnim delom omogočimo, da gozdovi trajno opravljajo vse splošno koristne vloge in ob tem dajejo tudi les. Večino drugih funkcij lahko gozdovi opravljajo tudi brez gozdarjev. V preteklosti so veliko vlagali v gozdove (gojenje, varstvo, gradnja prometnic) in z njimi načrtno gospodarili. Prišel je čas, ko bi lahko tržili rezultate večdesetletnega dela številnih generacij gozdarjev. V slovenskih gozdovih je lesna zaloga, ki se približuje 340 milijonom m³, letni prirastek je dobrih 8 milijonov m³, na leto so sposobni dajati okoli 6 milijonov m³ lesa. Naši gozdovi so relativno dobro odprti.

V prejšnji številki Gozdarskega vestnika je dr. Živko Košir med drugim zapisal: *Potem ko smo gozdove vsa povojna leta opremljali s cestami in vlakami, vlagali ogromna sredstva, da bi lahko z njimi trajno donosno gospodarili, nam danes tega gozdovi ne vračajo, postali smo kolonialni proizvajalci hlodovine.*

Prišli so torej časi (ne gre le za trenutne težave pri prodaji lesa zaradi sanacij), ko poseka doma nimamo komu prodati, tega lesa nismo sposobni primerno predelati in ovrednotiti. To se jasno kaže letos, ko se bo posek zaradi posledic sanacije žleda približal možnemu poseku.

Na eni strani se povečujeta možni in tudi dejanski posek v naših gozdovih, na drugi pa se zmanjšuje (propada) domača lesna predelava. Na voljo je vse več lesa, a na drugi strani vse manj lesne industrije. Vse daljši so sezname usihajočih podjetij v tej strateško pomembni panogi. Slovenska lesno-predelovalna industrija naj bi bila perspektivna gospodarska panoga, če sodimo po sprejetih strateških načrtih o neizkoriščenem potencialu in velikih količinah domače surovine. A propadanje podjetij tega ne potrjuje. Kje se bo vse to končalo?

Lahko si postavimo celo vprašanje, zakaj gojiti, negovati in strokovno usmerjati naše gozdove, če njihovega proizvoda (lesa) ne znamo in zmoremo porabiti.

Mag. Franc PERKO

Pregled uporabe zračnega laserskega skeniranja površja v gozdarstvu

Airborne Laser Scanning in Forestry – A Review

Milan KOBAL¹, Matevž TRIPLAT², Nike KRAJNC³

Izvleček:

Kobal, M., Triplat, M., Krajnc, N.: Pregled uporabe zračnega laserskega skeniranja površja v gozdarstvu. *Gozdarski vestnik*, 72/2014, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 73. Prevod avtorji, jezikovni pregled angleškega besedila Breda Misja, slovenskega Marjetka Šivic.

Zračno lasersko skeniranje površja ALS (ang. *Airborne Laser Scanning*) je metoda daljinskega zaznavanja podatkov, ki se uporablja v različnih prostorskih vedah, veča se tudi njena uporaba v gozdarstvu. Podatki zračnega laserskega skeniranja površja se v gozdarstvu uporabljajo za vrednotenje neposredno merljivih sestojnih parametrov (npr. višina drevja) ter posredno izpeljanih kazalcev (npr. lesna zaloga). Veča se uporaba podatkov zračnega laserskega skeniranja površja pri analizi sprememb v času. Časovne študije v gozdarstvu pomenijo več: npr. časovna študija dela z motorno žago. Navajamo osnove laserskega skeniranja površja. V prispevku so navedene nekatere možnosti uporabe zračnega laserskega skeniranja površja glede na prostorsko raven (npr. krajina, gozdni sestoj, posamezno drevo). Vsi navedeni primeri se nanašajo na območje dinarskih jelovo-bukovih gozdov *Omphalodo-Fagetum* s. lat., GGE Leskova dolina.

Ključne besede: zračno lasersko skeniranje, LiDAR, digitalni model relief, zgradba sestojev, dinarski jelovo-bukovi gozdovi

Abstract:

Kobal, M., Triplat, M., Krajnc, N.: Airborne Laser Scanning in Forestry – A Review. *Gozdarski vestnik* (Professional Journal of Forestry), 72/2014, vol. 5-6. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 73. Translated by the authors, proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

Airborne Laser Scanning is a remote sensing method that is being used in different spatial sciences. It is becoming more and more interesting also in Forestry. In forestry ALS can be used for valuation of directly measurable stand parameters (e.g. tree height) and for indirectly executed stand characteristics (e.g. growing stock). Increasing trend can be noticed in applications of ALS data in time series studies. This article describes basics of ALS data processing. Different spatial scales of ALS data processing are presented (e.g. landscape, forest stand, and single tree). All the presented examples refer to the area of dinaric silver fir – European beech forests *Omphalodo-Fagetum* s.lat., FMU Leskova dolina.

Keywords: airborne laser scanning, LiDAR, digital elevation model, forest stand structure, dinaric silver fir – European Beech forests

1 UVOD

1 INTRODUCTION

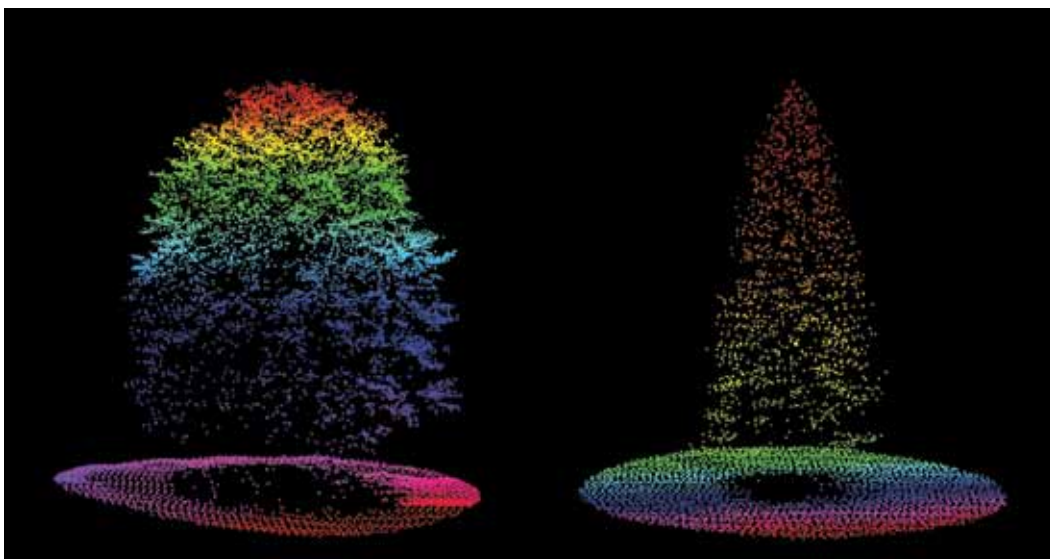
Zračno lasersko skeniranje površja ALS (ang. *Airborne Laser Scanning*) je novejša metoda daljinskega zaznavanja podatkov, ki se je zaradi mnogih pozitivnih lastnosti hitro uveljavila v različnih prostorskih vedah. Poleg zračnega laserskega skeniranja poznamo tudi terestrično lasersko skeniranje. S skupnim izrazom obe tehnologiji označujemo z izrazom LiDAR (ang. *Light Detection And Ranging*), ki nakazuje metodo zajemanja podatkov – za določanje oddaljenosti od objekta laserski inštrument beleži čas vračanja odbojev pulzov od površine (Measures, 1992).

Prispevek obravnava zgolj uporabo zračnega laserskega skeniranja površja, ki je v gozdarstvu prisotna za vrednotenje neposredno merljivih sestojnih parametrov, npr. višine drevja, ter posredno izpeljanih kazalcev, kot so npr. temeljnica sestoja ali lesna zaloga (Jakubowski in sod., 2013). Podatki zračnega laserskega skeniranja površja so zlasti primerni za raziskave na različ-

¹Dr. M. Kobal, univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

²M. Triplat, univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

³Dr. N. Krajnc, univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana



Slika 1: 3D-izsek iz oblaka točk odbojev dveh prostorastočih dreves (levo bukev, desno smreka) na območju GGE Leskova dolina. Povprečna vrednost (mediana) gostote laserskih točk znaša 27.5 ± 0.1 točk/m². Vizualizacija: Milan Kobal.
Figure 1: 3D-section from lidar point clouds of two single trees (left European beech, right Norway spruce) in the FMU Leskova Dolina. Mean value (median) of laser point density is 27.5 ± 0.1 points/m². Visualization: Milan Kobal.

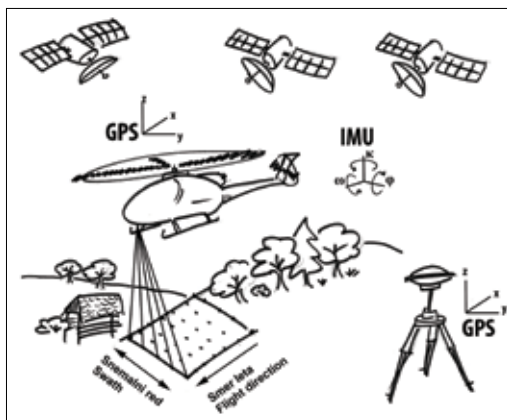
nih prostorskih ravneh (npr. za analize krajine, sestojev ali posameznega drevesa), v zadnjem času pa se podatki zračnega laserskega skeniranja površja vse pogosteje (poleg prostorske dimenzije) uporabljajo tudi za analizo sprememb v časovnih serijah. Tako lahko z uporabo podatkov zračnega laserskega skeniranja površja analiziramo spremembe v prostoru in tudi v času.

V tem prispevku a) navajamo osnove laserskega skeniranja površja ter b) na podlagi primerov iz območja dinarskih jelovo-bukovih gozdov nakazujemo možno uporabo podatkov zračnega laserskega skeniranja površja za različne potrebe v gozdarstvu. Vsi navedeni primeri se nanašajo na območje dinarskih jelovo-bukovih gozdov *Omphalodo-Fagetum* s.lat., GGE Leskova dolina, kjer smo leta 2009 opravili zračno lasersko skeniranje površja (glej Kobal, 2011).

2 OSNOVE LASERSKEGA SKENIRANJA POVRŠJA

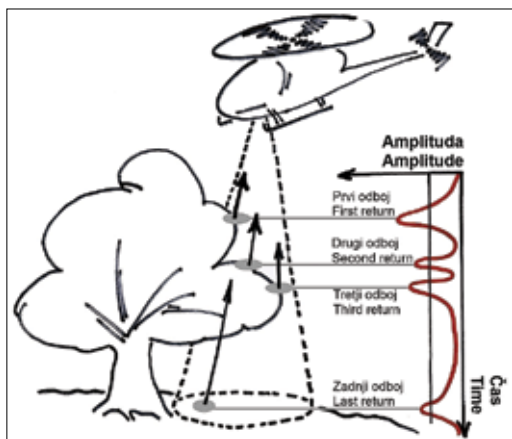
2 BASICS OF AIRBORNE LASER SCANNING

Zračno lasersko skeniranje površja je aktivna metoda (sistem je sam sebi vir energije in ni odvisen od zunanjih virov, kot npr. optični sistem)



Slika 2: Shematski prikaz laserskega skeniranja površja (GPS – globalni pozicijski sistem, IMU – inercialna merilna enota, x-y-z – smeri v trirazsežnem prostoru, ω - ϕ - κ – parametri orientacije). Skica: Robert Krajnc.
Figure 2: Schematic presentation of airborne laser scanning (GPS – global positioning system, IMU – inertion measurement unit, x-y-z – directions in 3D space, ω - ϕ - κ – orientation parameters). Illustration: Robert Krajnc.

daljinskega zaznavanja, pri kateri pridobivamo prostorske podatke s pomočjo zaznavanja odbojev predhodno oddanih laserskih pulzov (Measures, 1992). Laserski skener določa razdaljo med površjem in laserskim skenerjem na podlagi meritve časa Δt , ki ga potrebuje oddani laserski pulz, da



Slika 3: Shematski prikaz laserskega skeniranja površja in odbojev laserskega žarka vzdolž vegetacije. Amplituda predstavlja intenziteto odbitega valovanja, ki prepotuje razdaljo mesto odboja-senzor in pade na sprejemni element senzorja. Skica: Robert Krajnc.

Figure 3: Schematic presentations of airborne laser scanning and penetration and reflection of laser beam through dense forest vegetation. Amplitude means intensity of laser beam reflectance from target back to laser scanner. Illustration: Robert Krajnc.

se odbije in vrne do merilnega inštrumenta. Na podlagi Δt in znane hitrosti svetlobe skozi zrak c in obrazca $d = (c \times \Delta t)/2$ lahko določimo razdaljo d od senzorja do odbojne površine.

Poleg časovne razlike je za določitev točke odboja v tridimenzionalnem (3D) prostoru treba v vsakem trenutku poznati še natančno lokacijo in smer merilnega inštrumenta ter odklon oddanega laserskega pulza od srednje osi inštrumenta. Te podatke določimo z globalnim pozicijskim sistemom (Global Positional System – GPS) in enoto za inercialno merjenje (Inertial Measurement Unit – IMU) ter parametri orientacije (Slika 2).

Vzorčenje oblaka točk odbojev na zemeljskem površju in/ali v notranjosti gozda poteka pravokotno na smer leta, in sicer tako, da laserski skener s pomočjo nihajočega se ogledala periodično odklanja smeri oddajanja laserskega pulza. Končni rezultat laserskega skeniranja površja je 3D-oblak točk, ki jih določajo x , y in z koordinate odbojev v poljubnem trirazsežnem koordinatnem sistemu (Slika 1). Značilnost laserskega skeniranja površja v gozdarstvu je, da laserski pulz lahko prodre tudi skozi drevesne krošnje, zato je mogoče zaznavati teren pod krošnjami (Slika 3). Pri tem je treba pou-

dariti, da se laserski pulz odbije tudi od različnih delov dreves (vej, listja, debla), kar pri laserskem skeniranju površja v gozdarstvu lahko (spretno) izkoriščamo za vrednotenje zgradbe gozda.

3 PREGLED UPORABE PODATKOV ZRAČNEGA LASERSKEGA SKENIRANJA POVRŠJA V GOZDARSTVU

3 REVIEW OF AIRBORNE LASER SCANNING DATA USE IN FORESTRY

Medtem ko se v Sloveniji (na področju gozdarstva) zračno lasersko skeniranje površja še razvija in uveljavlja, izjema so nekatera dela Koblerja s sodelavci (npr. Kobler in Zafran, 2006; Kobler s sod., 2007; Kobler, 2011) ter Kobala s sodelavci (Kobal, 2011; Kobal in Hladnik, 2013), pa se je uporaba podatkov zračnega laserskega skeniranja površja v gozdarstvu v tujini že dodobra uveljavila (glej npr. Hyypä s sod., 2008; Bergen s sod., 2009; Pirotti, 2011; van Leeuwen s sod., 2011 ter Wulder s sod., 2012). Opaziti je več raziskav uporabe podatkov zračnega laserskega skeniranja površja na področju velikoprostorskega vrednotenja gozdnih fondov in sestojnih kazalcev (Hollaus s sod., 2009; Hyypä s sod., 2012; Nord-Larsen in Schumacher, 2012), vse več pa je raziskav, kjer se ti podatki uporabljajo npr. za različne ekološke študije, hidrološka modeliranja in modeliranja pobočnih procesov.

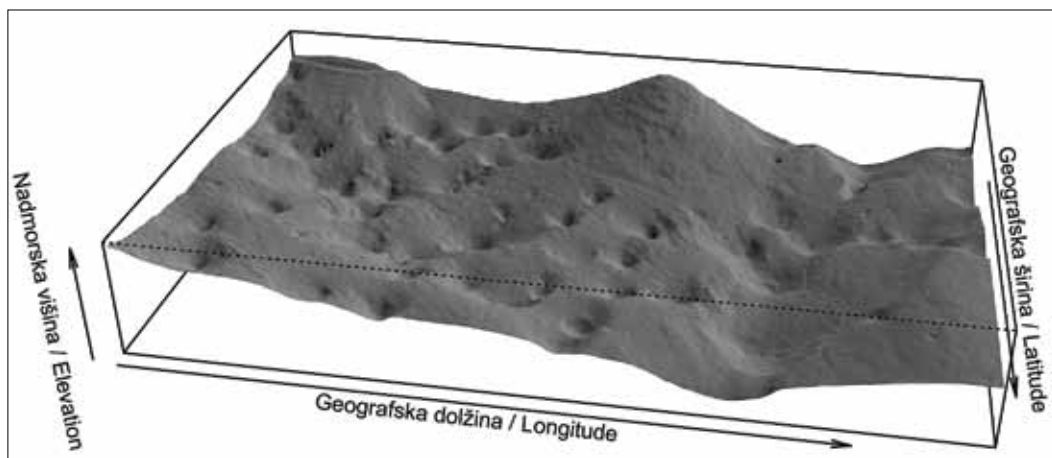
V grobem lahko uporabo podatkov zračnega laserskega skeniranja površja delimo v tri skupine, in sicer glede na prostorsko raven:

- uporaba podatkov zračnega laserskega skeniranja površja na ravni krajine;
- uporaba podatkov zračnega laserskega skeniranja površja na ravni gozdnih sestojov;
- uporaba podatkov zračnega laserskega skeniranja površja na ravni posameznega drevesa.

3.1 Uporaba podatkov zračnega laserskega skeniranja površja na ravni krajine

3.1 Use of airborne laser scanning data on the landscape level

Eno najpomembnejših področij uporabe podatkov zračnega laserskega skeniranja površja, ne samo v



Slika 4: 3D-izsek iz digitalnega modela reliefa 1×1 m, narejen iz podatkov laserskega skeniranja površja. Pri-kazano je območje v GGE Leskova dolina (oddelek 34). Povprečna vrednost (mediana) gostote laserskih točk znaša 27.5 ± 0.1 točk/m². Vizualizacija: Milan Kobal.

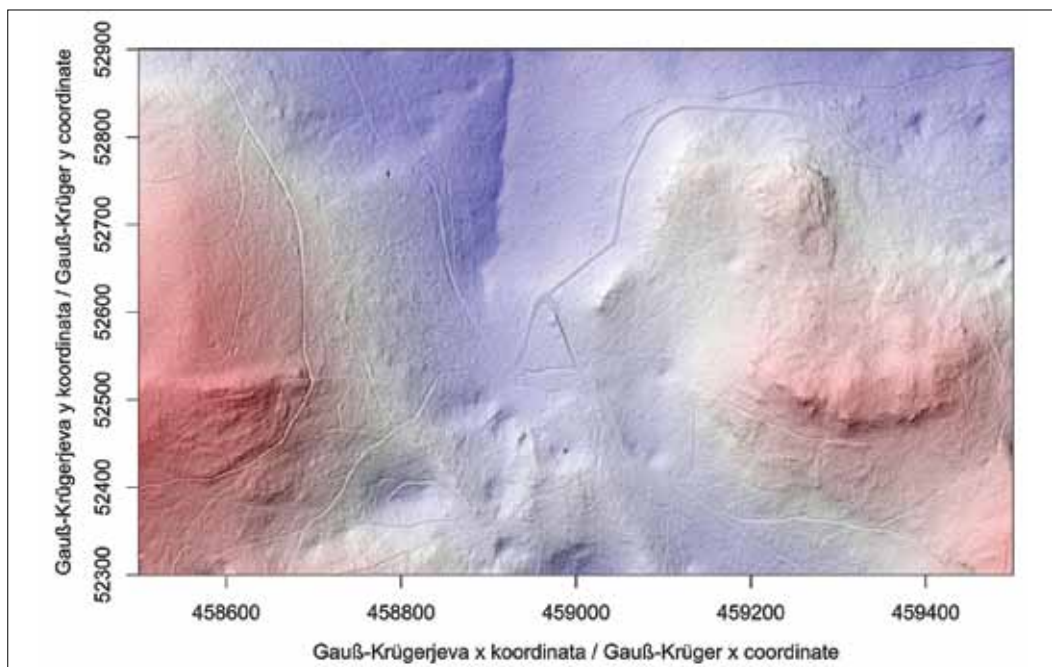
Figure 4: 3D-section from the digital elevation model of the 1×1 m, derived from airborne laser scanning. An area in FMU Leskova Dolina (forest compartment 34) is presented. Mean value (median) of laser point density is 27.5 ± 0.1 points/m². Vizualization: Milan Kobal.

gozdarstvu, ampak tudi širše, je izdelava digitalnih modelov reliefa (DMR, Slika 4 in 5). Razvili so se številni različni algoritmi (npr. Kraus in Pfeiffer, 1998; Axelsson, 1999; Lohmann s sod., 2000; Elmqvist, 2001; Kobler s sod., 2007) za izdelavo DMR, ki bolj ali manj uspešno razvrstijo 3D-oblak točk na tiste, ki predstavljajo odboje od goli tal in na odboje, ki so nastali zaradi drugih vzrokov (npr. vegetacija, grajeni objekti). Podroben pregled omenjenih algoritmov in primerjave kakovosti njihove izdelave DMR so prikazane v Meng s sodelavci (2010).

Kakovosten DMR je ključna osnova za različne prostorske študije, ki temeljijo na podatkih DMR. Kot primer analize podatkov zračnega laserskega skeniranja površja na ravni krajine navajamo raziskavi avtomatskega izločanja vrtač kot pomembnega habitatnega tipa (Bátori s sod., 2012). V Sloveniji sta algoritem opisala Obu in Podobnikar (2013), v tujini pa Doctor in Young (2013). Glavni vhodni parameter je DMR, sam algoritem pa temelji na simulaciji vodnega toka po površju in na metodologiji lokalnih oken velikosti 3×3 celice. Postopek avtomatskega prepoznavanja kraških kotanj na podlagi DMR poteka v štirih fazah: 1) računanje porečij kotanj, 2) omejevanje kotanj, 3) omejevanje kotanj višjega reda, 4) izločanje nekraških kotanj.

Drugi primer uporabe podatkov zračnega laserskega skeniranja površja na nivoju krajine oz. natančnega DMR predstavljajo različne raziskave vrednotenja pobočnih procesov oz. erozije na eni strani in odlaganja materiala na drugi. Bremer in Sass (2012) sta objavila rezultate raziskave iz doline Halltal (Tirolska, Avstrija), v kateri sta primerjala podatke zračnega laserskega skeniranja površja s podatki terestričnega laserskega skeniranja površja. Njune ugotovitve potrjujejo, da na obseg in razpon plavin vplivajo zlasti velikost povodja, topografske značilnosti in vegetacijski pokrov.

Eysn s sodelavci (2012) je za območje Tirolske (Zillertal) razvil algoritem za razmejevanje gozdnih površin od preostale rabe tal. Algoritem deluje na podlagi dveh prostorskih slojev, pridobljenih iz surovega 3D-oblaka točk. Prvi sloj zajema digitalni model krošenj (DMK) in predstavlja višino vegetacije, drugi pa je sloj hrapavosti površine, ki predstavlja lokalno prepustnost in hrapavost površine. Sloj DMK razlikuje neporaščene rabe, stavbe pa je mogoče razločiti iz sloja prepustnosti oz. hrapavosti površine, ki se v gozdovih razlikuje od preostale rabe tal. Natančnost opisanega modela za razmejevanje gozdnih površin od preostale rabe tal je 96 %.



Slika 5: Izsek iz senčenega digitalnega model reliefa 1×1 m, narejena iz podatkov laserskega skeniranja površja. Prikazano je območje v GGE Leskova dolina (oddelka 2 in 3). Razvidne so vlake in ceste. Povprečna vrednost (mediana) gostote laserskih točk znaša 27.5 ± 0.1 točk/m². Kartografija: Milan Kobal.

Figure 5: Section from the shaded digital elevation model of 1×1 m, derived from the airborne laser scanning. An area in FMU Leskova Dolina (forest compartments 2 and 3) is presented. Skidding trails and roads are visible. Mean value (median) of laser point density is 27.5 ± 0.1 points/m². Cartography: Milan Kobal.

3.2 Uporaba podatkov zračnega laserskega skeniranja površja na ravni sestoja

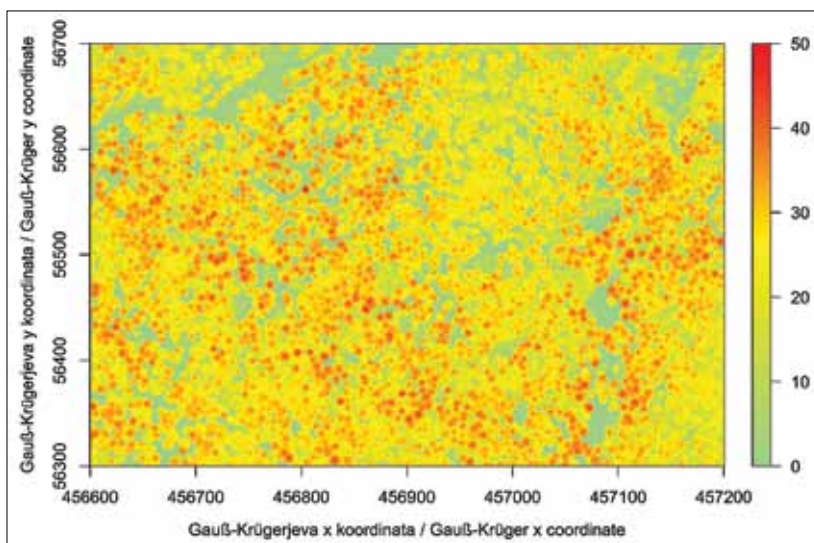
3.2 Use of airborne laser scanning data on the forest stand level

Temeljni podatkovni sloj pri uporabi podatkov zračnega laserskega skeniranja površja na ravni sestoja je digitalni model krošenj (DMK) vse pogosteje pa tudi normaliziran 3D-oblak točk. Kot že rečeno, DMK v gozdnem prostoru predstavlja višino drevja (Slika 6), normaliziran oblak točk pa predstavlja projekcijo točk v ravnino z nadmorsko višino 0 m. Izračunamo jo tako, da za vse točke, ki so na območju ene celice DMR, odštejemo vrednost (nadmorsko višino) te celice.

Najbolj temeljni podatek o sestoji, ki ga izluščimo iz DMK, je podatek o višini drevja, bodisi povprečni, zgornji, minimalni itn. Večina raziskovalcev poroča, da je podatek o višini drevja podcenjen (npr. Nilson, 1996; Næsset, 1997; Alberti s sod., 2013), in sicer bolj za drevesa s

stožčasto obliko krošnje (predvsem iglavci) in manj za drevesa z eliptičnimi krošnjami (predvsem listavci), kar je povsem razumljivo, saj je verjetnost, da laserski žarek zadene točno terminalni poganjek iglavca, majhna (Næsset, 1997).

Podatek DMK oz. iz njega speljani rezultati se pogosto uporabljajo kot vhodni parametri za modeliranje drugih sestojnih kazalcev, kot so srednje temeljnični premer dreves na ploskvi (Nilson, 1996; Anderson s sod., 2006), temeljnica (Lefsky s sod., 1999a; Drake s sod., 2002) ter lesna zaloga (Næsset, 1997; Hollaus s sod., 2009) oz. nadzemna biomasa (Lefsky s sod., 1999a; Drake s sod., 2002; Anderson s sod., 2006; Kankare s sod., 2013). Kot pojasnjevalne spremenljivke se uporabljajo produkti DMK, in sicer, zgornja višina celic DMK na ploskvi, srednja višina celic DMK na ploskvi, mediana celic DMK na ploskvi. Kot pojasnjevalne spremenljivke v raznih modelih pa se uporabljajo tudi vertikalni profili vegetacije. Pridobimo ga tako, tako da izračunamo npr. percentile ali decile DMK na ploskvi (Lefsky s sod., 1999b).



Slika 6: Izsek iz digitalnega modela krošenj z velikostjo celice 1×1 m, narejena iz podatkov laserskega skeniranja površja. Prikazano je območje v GGE Leskova dolina (oddelek 34). Povprečna vrednost (mediana) gostote laserskih točk znaša 27.5 ± 0.1 točk/m². Kartografija: Milan Kobal.

Figure 6: Section from the digital canopy height model of tree crowns with cell size of 1×1 m, prepared on the basis of airborne laser scanning. An area in FMU Leskova Dolina (forest compartment 34) is presented. Mean value (median) of laser point density is 27.5 ± 0.1 points/m². Cartography: Milan Kobal.

Podatki zračnega laserskega skeniranja površja se v raziskavah na ravni sestojev med drugim uporabljajo tudi za določanje različnih ekoloških značilnosti sestojev, kamor lahko uvrstimo svetlobne razmere, ki jih pri klasičnem opisu gozdnih sestojev ocenjujemo na podlagi sestojnega sklepa. Na sliki 7 je prikazana karta digitalnega modela sestojnega sklepa z območja te raziskave, in sicer je sestojni sklep prikazan kot razmerje med številom točk, ki v normaliziranem oblaku točk ležijo pod določeno višino (v tem primeru smo se odločili za 2 m) in številom vseh točk znotraj rastrske celice (McGaughey, 2009). Pogosto je za oceno svetlobnih razmer iz podatkov zračnega laserskega skeniranja površja v uporabi metodologija izračunavanja indeksa listne površine (npr. Hopkinson in Chasmer, 2009; Kobler, 2011). Primer uporabe podatkov zračnega laserskega skeniranja površja v raziskavah vodne bilance gozdnih sestojev je podrobneje predstavila Roth s sodelavci (2007).

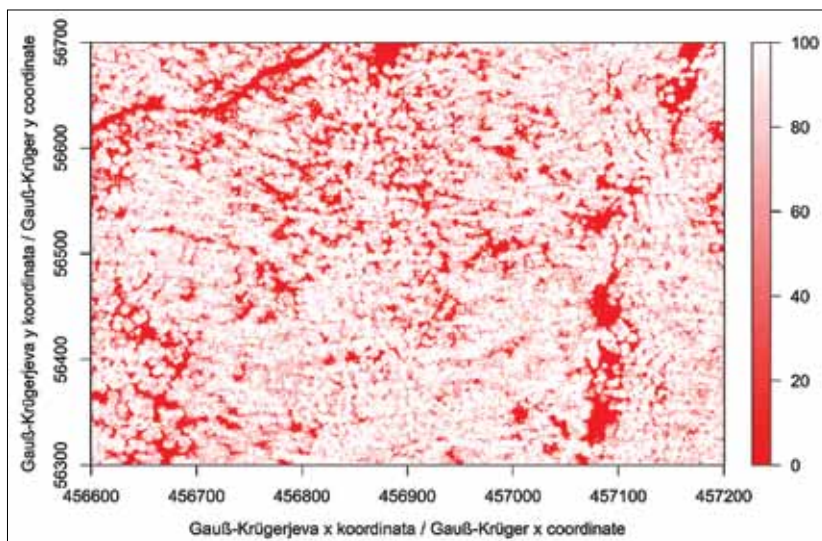
Na podlagi segmentacije kart so se uveljavili različni postopki razmejevanja gozdnih sestojev (Diedershagen s sod., 2004; Leppänen s sod., 2008; Chen s sod., 2011; Kobler, 2011), kjer pa se poleg podatkov zračnega laserskega skeniranja

površja uporabljajo tudi podatki različnih optičnih in satelitskih snemanj. Pri pregledu literature o uporabi zračnega laserskega skeniranja površja na ravni sestojev je mogoče zaslediti še številne primere, ki jih je nemogoče vse navesti. V nadaljevanju navajamo nekatera temeljna pregledna dela, kjer so širše predstavljene možnosti uporabe podatkov zračnega laserskega skeniranja površja na različnih področjih raziskovanju gozdnega ekosistema. Mednje uvrščamo objave avtorjev: Hyypä s sodelavci (2008), Bergen s sodelavci (2009), Pirotti (2011), van Leeuwen s sodelavci (2011) ter Wulder s sodelavci (2012).

3.3 Uporaba podatkov zračnega laserskega skeniranja površja na ravni drevesa

3.3 Use of airborne laser scanning data on the single tree level

Novejši izračuni na področju uporabe podatkov zračnega laserskega skeniranja površja v gozdarstvu potekajo predvsem na ravni posameznega drevesa. Med temeljnimi značilnostmi, ki jih pridobimo iz podatkov zračnega laserskega skeniranja površja na ravni posameznega drevesa,



Slika 7: Izsek iz digitalnega modela sestojnega sklepa 1×1 m, narejen iz podatkov laserskega skeniranja površja. Prikazano je območje v GGE Leskova dolina (oddelek 34). Bela barva predstavlja krošnje, rdeča vrzeli. Povprečna vrednost (mediana) gostote laserskih točk znaša 27.5 ± 0.1 točk/m². Kartografija: Milan Kobal.

Figure 7: Section from the digital canopy cover model of 1×1 m, prepared on the basis of laser scanning. An area in FMU Leskova Dolina (forest compartment 34) is presented. White colours indicate crowns, red colours indicate gaps. Mean value (median) of laser point density is 27.5 ± 0.1 points/m². Cartography: Milan Kobal.

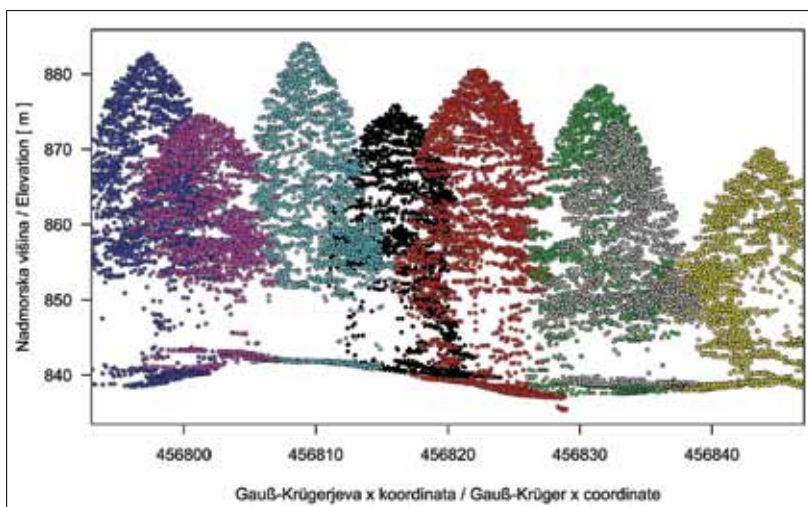
so njegova višina, širina in globina krošnje (npr. Popescu s sod., 2003; Falkowski s sod., 2006), prsni premer, temeljnica in volumen (npr. Chen s sod., 2007; Dalponte s sod., 2011), drevesna vrsta (Reitberger s sod., 2008; Yao s sod., 2012) ter seveda njegova lokacija, ki je pogoj za razpoznavanje omenjenih parametrov.

Primeri obstoječih metod razmejevanja oz. prepoznavanja krošnj posameznih dreves temel-

jijo na sledenju dolin (npr. Gougeon, 1995), prepoznavanju senc med drevesi (npr. Warner s sod., 1998), združevanju regij (npr. Erikson, 2003), odkrivanju robov (npr. Koch s sod., 2006), segmentaciji razvodij (Hyypä in Inkinen, 1999; Chen s sod., 2006) ter tridimenzionalnem modeliranju (Li s sod., 2012). Primer razpoznavanja dreves v oblaku točk z metodo segmentacije razvodij je prikazan na sliki 8. Dolina, regija in

Slika 8: Vzdolžni profil 3D-oblaka točk LiDAR podatkov v GGE Leskova dolina, kjer barve nakazujejo različna samodejno prepoznana drevesa. Povprečna vrednost (mediana) gostote laserskih točk znaša 27.5 ± 0.1 točk/m². Vizualizacija: Milan Kobal.

Figure 8: Profile of a 3D-point cloud of LiDAR data in FMU Leskova Dolina, where colors indicate different automatically detected trees. Mean value (median) of laser point density is 27.5 ± 0.1 points/m². Visualization: Milan Kobal.



razvodje imajo pri tem identičen pomen kot pri hidroloških raziskavah.

3.4 Uporaba časovnih podatkov zračnega laserskega skeniranja površja

3.4 Use of temporal airborne laser scanning data

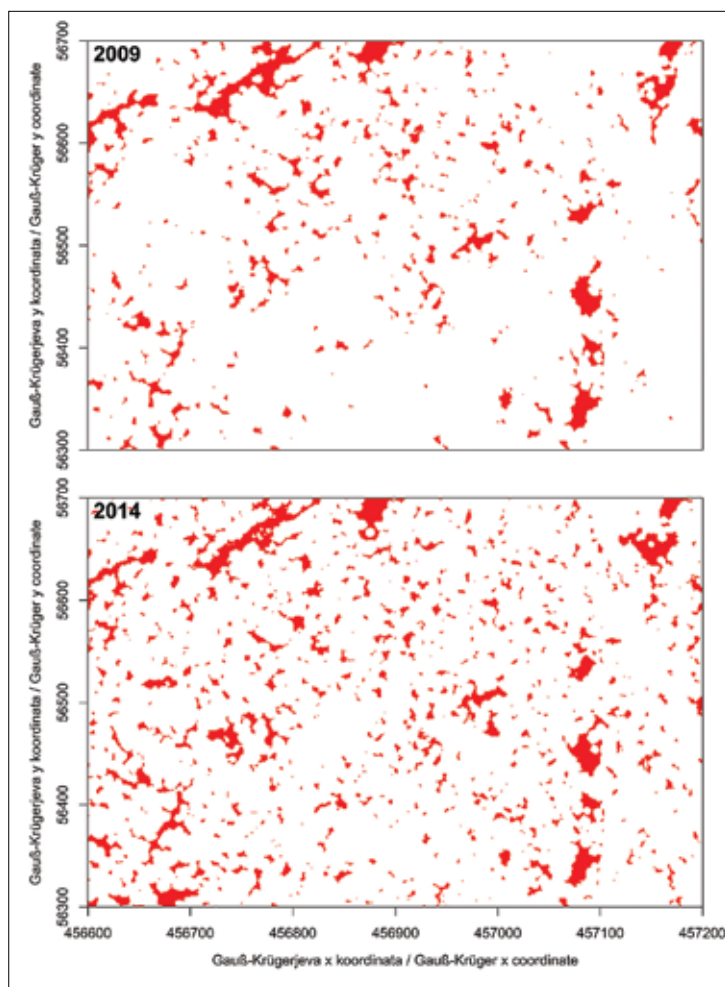
Poleg prostorske dimenzije, ki jo podatki zračnega laserskega skeniranja površja že vključujejo, se v zadnjem času več študij raziskav, v katerih raziskovalci analizirajo časovne serije zaporednih laserskih snemanj in ugotavljajo npr. količino

poseka ter prirastek gozdnih sestojev (Yu in sod., 2004; Engelhart s sod., 2013). Vepakomma s sodelavci (2010) je objavil študijo širjenja vrzeli oz. pomladitvenih jeder. Z zaporednimi snemanji lahko spremljamo dinamičen razvoj sestoja oz. gozdne površine kot celote.

3.4.1 Prepoznavanje žledoloma 2014 s pomočjo podatkov laserskega skeniranja

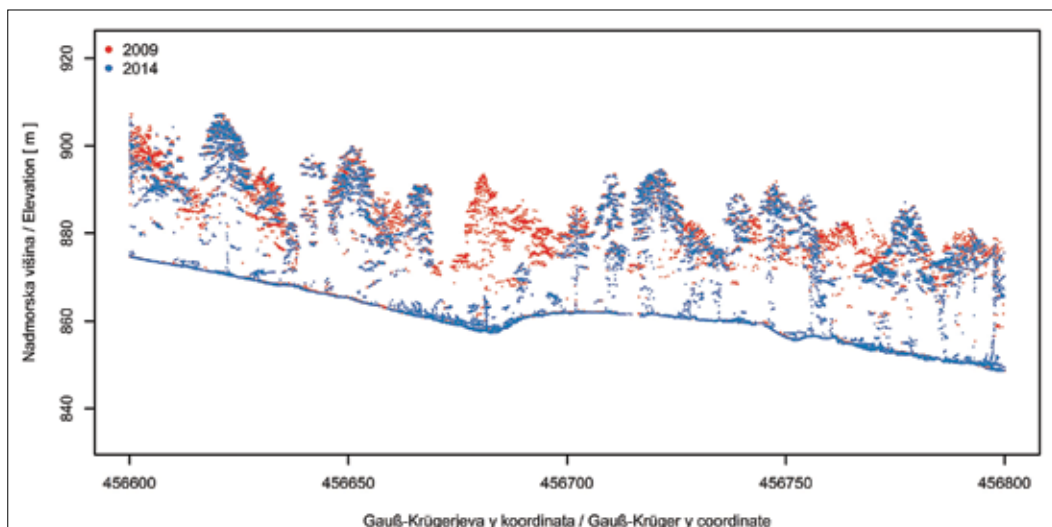
3.4.1 Identification of ice storm 2014 using laser scanning data

Raziskav, s katerimi bi na podlagi podatkov laserskega skeniranja površja vrednotili obsege različnih



Slika 9: Prostorska razporeditve vrzeli leta 2009 in leta 2014. Vrzelj je definirana kot območje, kjer je zgornja višina krošenj nižja od 5 m. Prikazan je oddelek 34, GGE Leskova dolina. Kartografija: Milan Kobal.

Figure 9: Spatial distribution of gaps in the year 2009 and in the year 2014. A gap is defined as an area with the upper height of tree crowns below 5 m. Forest compartment 34, FMU Leskova dolina is shown. Cartography: Milan Kobal.



Slika 10: Vzdolžni profil 3D-oblaka točk LiDAR podatkov v GGE Leskova dolina, kjer rdeča barva prikazuje stanje leta 2009, modra pa stanje leta 2014. Širina izseka je 2 m. Povprečna vrednost (mediana) gostote laserskih točk znaša 27.5 ± 0.1 točk/m². Vizualizacija: Milan Kobal.

Figure 10: Lengthways profile of a 3D-point cloud of LiDAR data in FMU Leskova Dolina, where red color indicates condition in 2009 and the blue one condition in 2014. Section's width is 2 m. Mean value (median) of laser point density is 27.5 ± 0.1 points/m². Visualization: Milan Kobal.

motenj gozdnega ekosistema, ni veliko, opazni pa sta dve različni uporabi, ki sta šele na začetku razvoja. Za prvo je značilno samodejno prepoznavanje na tleh podrtega drevja, in sicer samo na podlagi enkratnega zajema podatkov. Metoda temelji na prepoznavanju vzorcev linijskih objektov, ki ležijo na tleh (npr. Lindberg s sod., 2013; Mücke s sod., 2013) oziroma na ujemanju predhodno definiranih pravokotnih oblik ležečega drevja (npr. Nyström s sod. 2014). Za to metodo je značilno, da za obdelavo podatkov nista potrebni dve zaporedni laserski skeniranja, izkazala pa se je predvsem pri vetrolomih.

Druga metoda temelji na razliki v zgradbi sestoja pred in po dogodku oziroma motnji in po njem oziroma motnji (npr. vetrolom, žledolom, snegolom). Mogoča je analiza spremembe horizontalne zgradbe (Sliki 9) oziroma vertikalne zgradbe gozda (Zhang s sod., 2008; Vastaranta s sod., 2012; Honkavaara s sod., 2013). Primer iz GGE Leskova dolina je prikazan na sliki 10.

4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Pomemben parameter laserskega skeniranja površja je gostota snemanja odbojev laserskih pulzov

(Jakubowski s sod., 2013; Watt s sod., 2013). Večjo gostoto točk pri zračnem laserskem skeniranju površja dosežemo s povečanjem števila oddanih pulzov, hitrostjo skeniranja, prekrivanja leta (ali večkratnimi preleti) ter nižanjem višine in hitrosti letenja (Jakubowski in sod. 2013). V našem primeru je bila gostota snemanja 27.5 ± 0.1 točk/m².

Poleg same gostote laserskih točk je pomembna tudi zgradba gozda (Wulder s sod., 2008; Kobler, 2011). Kot navaja Kobler (2011), se veliko objavljenih metod v glavnem osredotoča na borealni gozd, ki je s stališča daljinskega zaznavanja, še posebno pa s stališča zračnega laserskega skeniranja površja bistveno enostavnejši problem kot pa strma pobočja, pokrita z raznolikim listnatim in mešanim gozdom, kakršen prevladuje v Sloveniji. Tudi v tem prispevku veliko navedenih raziskav izhaja iz enomernih borealnih gozdov, večinoma ene drevesne vrste.

Razvidno je, da iz podatkov zračnega laserskega skeniranja površja lahko precej hitro in na velikih površinah pridobivamo relativno zanesljive podatke ob zelo majhnem časovnem vložku. Metode daljinskega zajema podatkov so izjemno zanimive že od samega pojava, saj zmanj-

šujejo porabo časa in stroškov pri pridobivanju podatkov, hkrati pa izboljšujejo vrednost ciljnega podatka (Kušar in Hočvar, 2000). Dandanes je zračno lasersko skeniranje površja glede na celotne stroške (zajem podatkov, analiza, osebje, programska oprema itn.) že konkurenčno primerljivo daljinskim metodam, še posebno za velike površine (Johansen in sod., 2010; Jakubowski in sod., 2013). Razumljivo je, da se z večanjem velikosti območja snemanja in gostote laserskih točk (tj. več oddanih laserskih pulzov na enoto površine) večajo tudi stroški snemanja. Zato morajo uporabniki podatkov vedno sprejemati kompromise ob predpostavki, da se ohrani zadostna kakovost podatkov oz. takšna, ki še zagotavlja zadostno natančnost pričakovanega rezultata.

Jakubowski s sodelavci (2013) ugotavlja, da nekatere sestojne kazalnike (npr. srednji premer, srednja sestojna višina) lahko kakovostno določimo že pri relativno nizki natančnosti zračnih laserskih snemanj. Pri tem je nujno treba upoštevati stopnjo penetracije laserskih žarkov skozi profil vegetacije na tla, da potem lahko izdelamo kakovosten digitalni model reliefa in pozneje digitalni model krošenj. Tako govorimo o stopnji prodiranja laserskega žarka skozi vegetacijo. Za bukove sestoje velja, da bukev tvori tesen sestojni sklep in je zato penetracija laserskih žarkov majhna (Heurich in Thoma, 2008); Barilotti s sodelavci (2006) za gozdove v Furlaniji-Juljski krajini poroča o povprečni penetraciji (izračunano kot razmerje med številom točk, ki so do višine 1 m nad tlemi in številom vseh točk znotraj ploskev, premera 5 m) 9 %; tako za gozdove jelke kot za gozdove bukve znaša penetracija 2 %, za smrekove in jelove sestoje 9 % ter za smrekove 15,1 %. Upoštevajoč stopnjo penetracije skozi krošnje dreves to pomeni, da imamo v bukovih sestojih pri gostoti snemanja 50 točk / m² natanko eno točko na tleh. Tudi po poročanjih drugih tujih raziskovalcev lahko trdimo, da je stopnja penetracije odvisna predvsem od sestojnega sklepa in tako znaša od nekaj odstotkov do nekaj deset (Chasmer in sod., 2006; Hyypä in sod., 2000; Popescu, 2002; Kraus in Pfeiffer, 1998). Ugotovitve raziskav kažejo tudi na pozitiven vpliv frekvence snemanja na stopnjo penetracije, saj nižja frekvenca (50 kHz v primerjavi z 100

kHz) prodre globlje v krošnje in prinaša boljše rezultate (Chasmer in sod. 2006).

Zbiranje informacij o stanju gozdnih sestojev je časovno in finančno najzahtevnejše opravilo v procesu izdelave gozdnogospodarskega načrta gozdnogospodarske enote (Poljanec in Gartner, 2009). Načrtovalec, podobno kot drugi uporabniki daljinsko pridobljenih podatkov, išče kompromis med potrebami po informacijah in časom ter denarjem, ki ga ima na voljo za zbiranje informacij. Racionalizacija in učinkovitost dela pri pridobivanju informacij o gozdnih sestojih narekuje uporabo vzorčnih metod (Poljanec in Gartner, 2009). V Sloveniji strošek kontrolne vzorčne metode znaša od 40 do 57 € na stalno vzorčno ploskev (upoštevajoč režijske, materialne in vse druge stroške), cena je zelo odvisna od terenskih razmer (Kozorog, 2009). Po ugotovitvah Kozoroga (2009) se je poraba časa in stroškov v zadnjih desetletjih zmanjšala za več kot šestkrat. Ali je mogoče z uporabo podatkov zračnega laserskega sekiranja površja še racionalnejše pridobiti podatke o gozdovih, bo pokazal čas, vsekakor pa primeri uporabe podatkov zračnega laserskega skeniranja površja, navedeni v tem prispevku, nakazujejo na smotrnost uporabe podatkov zračnega laserskega skeniranja v gozdnogospodarskem načrtovanju na večjih površinah. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Hummel in sodelavci (2011), ki so proučevali primernost daljinsko pridobljenih podatkov (v kombinaciji z vzorčnimi ploskvami) s tradicionalnimi opisi sestojev in ugotovili, da so natančnost in stroški podatkov zračnega laserskega skeniranja podatkov primerljivi tradicionalnim metodam. Vendar pa s podatki zračnega laserskega skeniranja površja v istem času zagotovimo informacije za veliko večje območje.

S prispevkom skušamo prikazati možnosti sodobnih tehnologij daljinskega zaznavanja podatkov v gozdarstvu. Kot je razvidno, obravnavana tehnologija ponuja za gozdarstvo zanimive rešitve. Hkrati se v bližnji prihodnosti obetajo podatki laserskega skeniranja površja za celotno državo in je le še vprašanje časa, kdaj jih bomo pridom začeli uporabljati pri vsakdanjem delu gozdarjev v operativi (načrtovalci, gozdarski tehnologi itn.).

5 SUMMARY

5 POVZETEK

Airborne Laser Scanning (ALS) is one of the latest remote sensing methods being used in different spatial sciences. Light Detection and Ranging (LiDAR) is a method for surface scanning based on detection (of time difference) of transmitted laser pulse between laser scanner and scanned surface. For exact determination of the reflection point in three dimensional (3D) space, the exact position, angle of the measuring instrument (laser scanner) and the deviation of the laser pulse emitted from the central axis of the instrument are needed. The result of ALS is a 3D cloud of points with spatial information determining the x, y and z coordinates of the reflections. In forestry, ALS is used for evaluation of directly measurable stand parameters (e.g. tree height) and for indirectly executed stand characteristics (e.g. growing stock). The biggest feature of ALS in forestry is that the laser pulse penetrates even through the stand canopy; therefore it is possible to detect the surface below the canopy and also different parts of tree (e.g. branches, leaves, and trunk). This article describes basics of ALS data processing in different spatial scales (e.g. landscape, forest stand, and single tree). One of the most important applications of ALS landscape processing is production of high-resolution digital terrain models (DTM), which is a basis for studies on forest stand level or single-tree level. Recently ALS data were also used for at-time series studies. The article presents the first results of tree gaps arisen after ice storm in 2014. In addition, guidelines for scanning of high-resolution data and economic aspect of data acquisition on a large scale in forestry are presented. Discussed method offers interesting cost effective solutions for forestry and forest management planning.

6 ZAHVALA

6 ACKNOWLEDGEMENT

Delo je nastalo v sklopu mednarodnega projekta „NewFor – NEW technologies for a better mountain FORest timber mobilization“, program financiranja Alpine Space. Podatki so bili zbrani v okviru CRP projektu V4-0541 „Pomen talnih

lastnosti in mikroklimatskih razmer za proizvodno sposobnost jelke na rastiščih dinarskih jelovo bukovih gozdov ter programske skupine P4-0107 „Gozdna biologija, ekologija in tehnologija“. Za recenzijo in nasvete pri pripravi prispevka se avtorji zahvaljujemo doc. dr. Alešu Kaduncu.

7 VIRI

7 REFERENCES

- Alberti, G., Boscutti F., Pirotti F., Bertacco, C., De Simon, G., Sigura, M., Cazorzi, F., Bonfanti, P., 2013. A LiDAR-based approach for a multi-purpose characterization of Alpine forests: an Italian case study. *iForest - Biogeosciences & Forestry*, 6, 3: 156–168.
- Anderson, J., Martin, M. E., Smith, M. L., Dubayah, R.O., Hofton, M.A., Hyde, P., Peterson, B.E., Blair, J.B., Knox, R.G., 2006. The use of waveform lidar to measure northern temperate mixed conifer and deciduous forest structure in New Hampshire. *Remote Sensing of Environment*, 105, 3: 248–261.
- Axelsson, P. E., 1999. Processing of laser scanner data-algorithms and applications. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54, 2/3: 138–147.
- Barilotti, A., Turco, S., Alberti, G., 2006. LAI determination in forestry ecosystems by LiDAR data analysis. *3D Remote Sensing in Forestry. V:3DRS in Forestry, International Workshop, Vienna, 14.–15. Februar 2006*. (<http://www.rali.boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H85000/H85700/workshops/3drsforestry/presentations/8b.3-barilotti.pdf>)
- Bátori, Z., Körmöczí, L., Erdős, L., Zalatnai, M., Csiky J., 2012. Importance of karst sinkholes in preserving relict, mountain, and wet woodland plant species under sub-Mediterranean climate: a case study from southern Hungary. *Journal of Cave and Karst Studies*, 74, 1: 127–134.
- Bergen, K. M., Goetz, S. J., Dubayah, R. O., Henebry, G. M., Hunsaker, C. T., Imhoff, M. L., Nelson, R. F., Parker, G. G., Radeloff, V. C., 2009. Remote sensing of vegetation 3-D structure for biodiversity and habitat: review and implications for lidar and radar spaceborne missions. *Journal of Geophysical research*, 114: 1–13.
- Bremer, M., Sass, O., 2012. Combining airborne and terrestrial laser scanning for quantifying erosion and deposition by a debris flow event. *Geomorphology*, 138, 1: 49–60.
- Chasmer, L., Hopkinson, C., Smith, B., Treitz, P., 2006. Examining the Influence of Changing Laser Pulse Repetition Frequencies on Conifer Forest Canopy Returns. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72, 12:1359–1367.

- Chen, G., Hay, G. J., Castilla, G., St-Onge, B., Powers, R., 2011. A Multiscale Geographic Object-based Image Analysis to Estimate Lidar-measured Forest Canopy Height using Quickbird Imagery. *International Journal of Geographical Information Science*, 25, 6: 877–893.
- Chen, Q., Baldocchi, D., Gong, P., Kelly, M., 2006. Isolating individual trees in a savanna woodland using small footprint lidar data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72, 8: 923–932.
- Chen, Q., Gong, P., Baldocchi, D., Tian Y.Q., 2007. Estimating Basal Area and Stem Volume for Individual Trees from Lidar Data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 73, 12: 1355–1365.
- Dalponte, M., Bruzzone, L., Gianelle, D., 2011. A System for the Estimation of Single-Tree Stem Diameter and Volume Using Multireturn LIDAR Data. *Geoscience and Remote Sensing*, 49,7: 2479 – 2490.
- Diedershausen, O., Koch, B., Weinacker, H., 2004. Automatic segmentation and characterisation of forest stand parameters using airborne LiDAR data, multispectral and FOGIS data V: Proceedings of the ISPRS working group VIII/2. Freiburg, Germany: 208–212.
- Doctor, D. H., Young, J. A., 2013. An evaluation of automated GIS tools for delineating karst sinkholes and closed depressions from 1-meter LiDAR-derived digital elevation data. V: Proceedings of the 13th Multidisciplinary Conference on Sinkhole and Engineering and Environmental Impacts of Karst, National Cave and Karst research Institute Symposium 2. Carlsbad, New Mexica: 449 – 458.
- Drake, J. B., Dubayah, R. O., Clark, D. B., Knox, R. G., Blair, J. B., Hofton, M. A., Chazdon, R. L., Weishampel, J. F., Prince, S., 2002. Estimation of tropical forest structural characteristics using large-footprint LiDAR. *Remote Sensing of Environment*, 79, 2/3: 305–319.
- Elmqvist, M., 2001. Ground estimation of laser radar data using active shape models, Paper presented at the OEEPE workshop on airborne laserscanning and interferometric SAR for detailed digital elevation models 1–3 March 2001, paper 5 (8 pages). Royal Institute of Technology Department of Geodesy and Photogrammetry 100 Stockholm, Sweden.
- Englhart, S., Jubanski, J., Siegert, F., 2013. Quantifying Dynamics in Tropical Peat Swamp Forest Biomass with Multi-Temporal LiDAR Datasets. *Remote Sensing*, 5, 5: 2368–2388.
- Erikson, M., 2003. Segmentation of individual tree crowns in colour aerial photographs using region growing supported by fuzzy rules. *Canadian Journal of Forest Research*, 33, 8: 1557–1563.
- Eysn, L., Hollaus, M., Schadauer, K., Pfeifer, N., 2012. Forest Delineation Based on Airborne LIDAR Data. *Remote Sensing*, 4, 3: 762–783.
- Falkowski, M. J., Smith, A. M. S., Hudak, A. T., Gessler, P. E., Vierling, L. A., Crookston, N. L., 2006. Automated estimation of individual conifer tree height and crown diameter via two-dimensional spatial wavelet analysis of lidar data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 32, 2: 153–161.
- Gougeon, F. A., 1995. A crown-following approach to the automatic delineation of individual tree crowns in high spatial resolution aerial images. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 21, 3: 274–284 s.
- Heurich M., Thoma, F., 2008. Estimation of forestry stand parameters using laser scanning data in temperate, structurally rich natural European beech (*Fagus sylvatica*) and Norway spruce (*Picea abies*) forests. *Forestry*, 81, 5: 645–661.
- Hollaus, M., Dorigo, W., Wagner, W., Schadauer, K., Höfle, B., Maier, B., 2009. Large-area growing stock estimation based on airborne laser scanning and national forest inventory data. http://publik.tuwien.ac.at/files/pub-geo_2023.pdf (23.3.2014)
- Honkavaara, E., Litkey, P., Nurminen, K., 2013. Automatic Storm Damage Detection in Forests Using High-Altitude Photogrammetric Imagery. *Remote Sensing*, 5, 1405–1424.
- Hopkinson, C., Chasmer, L., 2009. Testing LiDAR models of fractional cover across multiple forest ecozones. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1: 275–288.
- Hummel, S., Hudak, A.T., Uebler, E.H., Falkowski, M.J., Megown, K.A., 2011. A comparison of accuracy and cost of LiDAR versus stand exam data for landscape management on the Malheur National Forest. *Journal of Forestry*, July/August: 267–273.
- Hyypä, J., Hyypä, H., Leckie, D., Gougeon, F., Yu, X., Maltamo, M., 2008. Review of methods of small-footprint airborne laser scanning for extracting forest inventory data in boreal forests. *International Journal of Remote Sensing*, 29, 5: 1339–1366.
- Hyypä, J., Inkinen, M., 1999. Detecting and estimating attributes for single trees using laser scanner. *The photogrammetric Journal of Finland*, 16: 27–42.
- Hyypä, J., Pyysalo, U., Hyypä, H., Samberg, A., 2000. Elevation accuracy of laser scanning-derived digital terrain and target models in forest environment. V: Proceeding of EARSeL – SIG Workshop LIDAR. Dresden. 1: 139–147.
- Hyypä, J., Yu, X., Hyypä, H., Vastaranta, M., Holopainen, M., Kukko, A., Kaartinen, K., Jaakkola, A., Vaaja, M., Koskinen, J., Alho, P., 2012. Advances in Forest Inventory Using Airborne Laser Scanning. *Remote Sensing*, 5: 1190–1207.
- Jakubowski, M. K., Guo, Q., Kelly, M., 2013. Tradeoffs between lidar pulse density and forest measurement

- accuracy. *Remote Sensing of Environment* 130: 245–253.
- Johansen, K., Phinn, S., Witte, C., 2010. Mapping of riparian zone attributes using discrete return LiDAR, QuickBird and SPOT-5 imagery: Assessing accuracy and costs. *Remote Sensing of Environment*, 114, 11: 2679–2691.
- Kankare, V., Vastaranta, M., Holopainen, M., Rätty, M., Yu, X., Hyyppä, J., Hyyppä, H., Alho, P., Viitala, R., 2013. Retrieval of Forest Aboveground Biomass and Stem Volume with Airborne Scanning LiDAR. *Remote Sensing*, 5: 2257–2274.
- Kobal, M., 2011. Vpliv sestojnih, talnih in mikrorastiščnih razmer na rast in razvoj jelke (*Abies alba* Mill.) na visokem krasu Snežnika: doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 148 str.
- Kobal, M., Hladnik, D., 2013. Možnosti uporabe podatkov LiDAR za ocenjevanje produkcijske sposobnosti gozdnih rastišč. V: Bončina A. (ur.), Matijašič D. (ur.). *Produkcijska sposobnost gozdnih rastišč v Sloveniji: zbornik prispevkov*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire in Zavod za gozdove Slovenije: 37–39.
- Kobler, A., 2011. Nove metode za obdelavo podatkov letalskega laserskega skenerja za monitoring gozdnih ekosistemov: doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 131 str.
- Kobler, A., Pfeifer, N., Ogrinc, P., Todorovski, L., Oštir, K., Džeroski, S., 2007. Repetitive interpolation: a robust algorithm for DTM generation from Aerial Laser Scanner Data in forested terrain. *Remote Sensing of Environment*, 108, 1: 9–23.
- Kobler, A., Zafran, J., 2006. Podatki letalskega lidarskega snemanja in njihova uporaba pri gospodarjenju z gozdom. V: Hladnik D. (ur.). *Monitoring gospodarjenja z gozdom in gozdnato krajino*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 83–96.
- Koch, B., Heyder, U., Weinacker, H., 2006. Detection of individual tree crowns in airborne lidar data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72, 4: 357–363.
- Kozorog, E., 2009. Časovno in stroškovno ovrednotenje kontrolne vzorčne metode in primerjava z drugimi metodami izmere gozdov. V: Planinšek Š. (ur.). *Kontrolna vzorčna metoda v Sloveniji – zgodovina, značilnosti in uporaba*: 39–46.
- Kraus, K., Pfeifer, N., 1998. Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 53: 193–203.
- Kušar, G., Hočevar, M., 2000. Fotoreistična inventura gozda. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 62: 117–148.
- Lefsky, M. A., Cohen, W. B., Acker, S. A., Spies, T. A., Parker, G. G., Harding, D., 1999b. Lidar remote sensing of the canopy structure and biophysical properties of Douglas-Fir Western Hemlock forests. *Remote Sensing of Environment*, 70, 3: 339–361.
- Lefsky, M. A., Harding, D., Cohen, W. B., Parker, G. G., Shugart, H. H., 1999a. Surface lidar remote sensing of basal area and biomass in deciduous forests of eastern Maryland, USA. *Remote Sensing of Environment*, 67, 1: 83–98.
- Leppänen, V. J., Tokola, T., Maltamo, M., Mehtätalo, L., Pusa, T., Mustonen, J., 2008 Automatic delineation of forest stands from LIDAR data. *Geobias*, 2008 – Pixels, Objects, Intelligence: GEOgraphic Object Based Image Analysis for the 21st Century. V: Hay G J., Blaschke T., Marceau, D. (ed.). University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada: 271–277.
- Li, W., Guo, Q., Jakubowski, M., Kelly, M., 2012. A new method for segmenting individual trees from the lidar point cloud. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 78, 1: 75–84.
- Lindberg, E., Hollaus, M., Mücke, W., Fransson, J.E.S., Pfeifer, N., 2013. Detection of lying tree stems from airborne laser scanning data using a line template matching algorithm. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-5/W2.
- Lohmann, P., Koch, A., Schaeffer, M., 2000. Approaches to the filtering of laser scanner data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33, B3/1: 534–541.
- McGaughey, R.J., 2009. FUSION/LDV: software for LIDAR data analysis and visualization. Available from http://forsys.cfr.washington.edu/fusion/FUSION_manual.pdf
- Measures, R.M., 1992. *Laser remote sensing: fundamentals and applications*. Krieger Publishing Company. 524 str.
- Meng, X., Currit, N., Zhao, K., 2010. Ground Filtering Algorithms for Airborne LiDAR Data: A Review of Critical Issues. *Remote Sensing*, 2, 3: 833–860.
- Mücke, W., Deaák, B., Schroiff, A., Hollaus, M., Pfeifer, N., 2013. Detection of fallen trees in forested areas using small footprint airborne laser scanning data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 39, S1, S32–S40.
- Næsset, E., 1997. Estimating timber volume of forest stands using airborne laser scanner data. *Remote Sensing of Environment*, 61, 2: 246–253.
- Nilsson, M., 1996. Estimation of tree heights and stand volume using an airborne lidar system. *Remote Sensing of Environment*, 56, 1: 1–7.
- Nord-Larsen, T., Schumacher, J., 2012. Estimation of

- forest resources from a country wide laser scanning survey and national forest inventory data. *Remote Sensing of Environment* 119: 148–157.
- Nyström, M., Holmgren, J., Fransson, J.E.S., Olsson, H., 2014. Detection of windthrown trees using airborne laser scanning. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 30, 21–29.
- Obu, J., Podobnikar, T., 2013. Algoritem za prepoznavanje kraških kotanj na podlagi digitalnega modela reliefa. *Geodetski vestnik*, 57, 2: 260–270.
- Pirotti, F., 2011. Analysis of full-waveform LiDAR data for forestry applications: a review of investigations and methods. *Journal of Biogeosciences and Forestry*, 4: 100–106.
- Poljanec, A., Gartner, A., 2009. Izkušnje s kontrolno vzorčno metodo v gozdnogospodarskem območju Bled. *Kontrolna vzorčna metoda v Sloveniji – zgodovina, značilnosti in uporaba*: 47–55.
- Popescu, S. C., 2002. Estimating Plot-Level Forest Biophysical Parametres Using Small-Footprint Airborne Lidar Measurements. Doctor dissertation. Blacksburg. Virginia. 145 str.
- Popescu, S. C., Wynne, R. H., Nelson, R. F., 2003. Measuring individual tree crown diameter with lidar and assessing its influence on estimating forest volume and biomass. *Canadian Journal of Forest Research*, 29,5: 564–577.
- Reitberger, J., Krzystek, P., Stilla, U., 2008. Analysis of full waveform LIDAR data for the classification of deciduous and coniferous trees. *International Journal of Remote Sensing*, 29: 1407–1431.
- Roth, B. E., Slatton, K. C., Cohen, M. J., 2007. On the potential for high-resolution LiDAR to improve rainfall interception estimates in forest ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5: 421–428.
- Van Leeuwen, M., Hilker, T., Coops, N. C., Frazer, G. W., Wulder, M. A., Newnham, G. J., Culvenor, D. S., 2011. Assessment of standing wood and fiber quality using ground and airborne laser scanning: a review. *Forest Ecology and Management*, 261, 9: 1467–1478.
- Vastaranta, V., Korpela, I., Uotila, U., Hovi, A., Holopainen, M., 2012. Mapping of snow-damaged trees based on bitemporal airborne LiDAR data. *European Journal of Forest Research*, 131, 1217–1228.
- Vepakomma, U., Kneeshaw, D., St-Onge, B., 2010. Interactions of multiple disturbances in shaping boreal forest dynamics: a spatially explicit analysis using multi-temporal lidar data and high-resolution imagery. *Journal of Ecology*, 98, 3: 526–539.
- Warner, T. A., Lee, J. Y., McGraw, J. B., 1998. Delineation and identification of individual trees in the eastern deciduous forest. V: Hill D.A., Leckie D.G. (ur.). *Automated Interpretation of High Spatial Resolution Digital Imagery for Forestry*. Victoria, British Columbia, Canada: 81–91.
- Watt, M. S., Adams, T., Gonzalez Aracil, S., Marshall H., Watt, P., 2013. The influence of LiDAR pulse density and plot size on the accuracy of New Zealand plantation stand volume equations. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 43, 1: 1–10.
- Wulder, M. A., Bater, C. W. Coops, N. C., Hilker, T., White, J. C., 2008. The role of LiDAR in sustainable forest management. *The Forestry Chronicle*, 84, 6: 807–826.
- Wulder, M.A., White, J. C., Nelson, R. F., Næsset, E., Ørka, H. O., Coops, N. C., Hilker, T., Bater, C.W., Gobakken, T., 2012. Lidar sampling for large-area forest characterization: A review. *Remote Sensing of Environment*, 121: 196–209.
- Yao, W., Krzystek, P., Heurich, M., 2012. Tree species classification and estimation of stem volume and DBH based on single tree extraction by exploiting airborne full-waveform LiDAR data. *Remote Sensing of Environment*, 123: 368–380.
- Yu, X., Hyypä, J., Kaartinen, H., Maltamo, M., 2004. Automatic detection of harvested trees and determination of forest growth using airborne laser scanning. *Remote Sensing of Environment*, 90, 4: 451–462.
- Zhang, K., Simard, M., Ross, M., Rivera-Monroy, V.H., Houle, P., Ruiz, P., Twilley, R.R., Whelan, K.R.T., 2008. Airborne Laser Scanning Quantification of Disturbances from Hurricanes and Lightning Strikes to Mangrove Forests in Everglades National Park, USA. *Sensors*, 8, 2262–2292.

Ocena lesne zaloge sestojev iz podatkov zračnega laserskega skeniranja površja

Growing stock estimation based on airborne laser scanning data

Milan KOBAL¹

Izvleček:

Kobal, M.: Ocena lesne zaloge sestojev iz podatkov zračnega laserskega skeniranja površja. *Gozdarski vestnik*, 72/2014, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit., 40. Prevod avtor in Breda Misja, jezikovni pregled angleškega besedila Breda Misja, slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Poleg površine je lesna zaloga najpogosteje ocenjevan podatek o gozdovih. Prvi podatki o lesnih zalogah so temeljili na osnovi okularnih ocen, sledile so polne premerbe, dandanes je v rabi statistično vzorčenje. V tujini se je že dodobra uveljavilo ocenjevanje lesne zaloge iz podatkov laserskega skeniranja površja oziroma lidarskih podatkov. V tem prispevku je predstavljena možnost take ocene lesne zaloge na primeru raznomernih dinarskih jelovo-bukovih gozdov. Podobno kot v primerljivih raziskavah je tudi ta raziskava potrdila možnost rabe omenjene tehnologije. Z upoštevanjem povprečne višine dreves in sestojnega sklepa na ploskvi pojasnimo 82 % variabilnosti lesne zaloge, koren srednje kvadratne napake RMSE znaša 55,2 m³/ha oz. 8,6 %.

Ključne besede: zračno lasersko skeniranje, lidar, lesna zaloga, dinarski jelovo-bukovi gozdovi

Abstract:

Kobal, M.: Growing stock estimation based on airborne laser scanning data. *Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry)*, 72/2014, vol. 5-6. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 40. Translated by author and Breda Misja, proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

In addition to forest area, growing stock is one of the most often measured data about forests. The first data on growing stock in forests were based on the basis of ocular estimates. Nowadays statistical sampling is used. In the foreign countries, evaluation of growing stock based on airborne laser scanning and lidar data is already well established. In this paper, the possibility of such estimates of growing stock in case of uneven aged Dinaric silver fir-European beech forests is presented. Similarly as in comparable studies on the evaluation of the growing stock based on laser scanning data, we confirmed this possibility also in this study. Considering the average tree height and canopy transparency on the plot level in the model, we explained 82% of the variability of growing stock, root mean square error RMSE is 55.2 m³/ha or 8.6%.

Keywords: airborne laser scanning, lidar, growing stock, Dinaric silver fir-European beech forests

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Poleg površine gozdov je lesna zaloga najpogosteje ocenjevan podatek v okviru nacionalnih gozdnih inventur (McRoberts s sod., 2013). Tako za oceno površine gozdov (glej Hladnik in Žižek, 2012) kot za oceno lesne zaloge (glej Kušar, 2007) se uporablja statistično vzorčenje (na sistematičnih vzorčnih mrežah različnih gostot), kjer opazovanja na *n* lokacijah pomenijo delno realizacijo slučajnega procesa v prostoru, na podlagi katere naredimo statistično oceno. Dodatno v procesu gozdnogospodarskega načrtovanja zbiramo podatke o stanju gozdov (tudi o lesni zalogi) pri opisih sestojev, delitev na posamezne

sestoje pa je odvisna od kakovosti zajema, na katero vpliva tudi usposobljenost popisovalca (Matijašič, 2007). Prostorsko je lesna zaloga bolj ali manj natančno ocenjena na ravni posameznega sestoja oziroma odseka.

Če so prvotni podatki o lesnih zalogah v gozdovih temeljili na osnovi okularnih ocen, pa so gozdarski urejevalci za oceno lesne zaloge kmalu začeli uporabljati zanesljivejše metode. Za zdajšnji čas je skoraj nepredstavljivo, da so npr. že leta 1912 opravili polno izmero vseh dreves za več revirjev na območju Snežnika (glej Gašperšič, 1967). Na

¹ Dr. M. Kobal, univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

Odbitek	Odbitek	Površina ha	Drevesne vrste	ŠTEVILO DREVJA PO DEBELINSKIH STOPNJEH																
				2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Skupaj	
				6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
23	o	33,21	Igljavec	je	1443	881	851	765	879	826	754	517	242	63	5	1		7.227		
				sm	2236	1049	747	570	489	380	323	159	87	20	7				6.067	
				ti	5	2														
				bo	2		3				1									13
				Σ	3686	1932	1604	1335	1368	1206	1078	676	329	63	12		1			13.307
				na 1 ha	111	58	48	40	41	36	33	20	10	2	1					
			Listavec	bu	1684	668	522	394	277	191	101	42	22	3	2		2			3.908
				ja	158	167	210	176	75	43	20	5	2							856
				o.l.	108	95	110	81	45	18	8	4								470
				xi	1950	930	842	651	397	252	129	51	24	4	2		2			5.234
				Σ	5636	2862	2443	1986	1765	1458	1207	787	353	87	14		3			18.541
				na 1 ha	170	86	73	60	53	44	37	22	11	2	1					

Slika 1: Podatki polne premerbe za odsek 23c iz gozdnogospodarskega načrta GGE Leskova dolina za obdobje 1954–1963 (Gozdnogospodarski načrt ..., 1954).

Figure 1: Data of full calipering for forest compartment 23c in Forest management plan for FMU Leskova Dolina for the period 1954–1963 (Gozdnogospodarski načrt ..., 1954).

sliki 1 je primer podatkov polne premerbe za odsek 23c iz gozdnogospodarskega načrta GGE Leskova dolina za obdobje 1954–1963, kjer so takratno lesno zalogo po drevesnih vrstah izračunali na nivoju odseka (za rastiščnogojitvene razrede na rastiščih *Omphalodo-Fagetum* s. lat. je bilo na površini 2.381 ha izmerjenih 1.296.361 dreves – glej Kobal, 2011). Polno premerbo sta nadomestila statistično vzorčenje in uporaba različnih načinov izmere dreves na ploskvah, npr. metode šestih dreves, Bitterlichova kotnoštevna metoda, koncentrične vzorčne ploskve. Za začetek vzorčne inventure šteje leto 1972 (Grilc, 1972); za podrobnejši pregled glej Hladnik (2000) ter Kovač in Hočvar (2009).

Natanko deset let potem, ko se je v Sloveniji začela vzorčna inventura gozdov, je Arp s sodelavci (1982) objavil prvo uporabo zračnega laserskega skeniranja površja v gozdarstvu na primeru tropskih gozdov. Namen prve uporabe je bil merjenje višine in vrstne sestave gozdov (Nelson in sod., 1984; Aldred in Bonnor, 1985). Hkrati je Maclean (1982) objavil raziskavo, v kateri je pokazal, da lesna zaloga korelira s površino vertikalnega prereza vegetacije ($0.67 < R^2 < 0.79$), ki pa ga ni ocenil iz podatkov laserskega skeniranja, ampak

na podlagi stereoploterja. To spoznanje sta potem na podatkih laserskega skeniranja uporabila Maclean in Krabill (1986). Lesno zalogo so iz podatkov zračnega laserskega skeniranja torej začeli ocenjevati v sredini osemdesetih let (Maclean, 1988; Nelson s sod., 1988), do danes pa so razvili mnoge algoritme in metode (glej Nilson, 1996; Næsset 1997; Hollaus s sod., 2007; Hollaus s sod., 2009). Pregled nekaterih metod je podrobneje prikazan v Lindberg in Hollaus (2012).

Namen prispevka je preveriti uporabnost zračnega laserskega skeniranja površja za oceno lesne zaloge v raznomernih in mešanih sestojih. Raziskavo smo opravili v dinarskih jelovo-bukovih gozdovih *Omphalodo-Fagetum* s. lat. GGE Leskova dolina, kjer smo leta 2009 opravili zračno lasersko skeniranje površja in terenske meritve dreves na vzorčnih ploskvah.

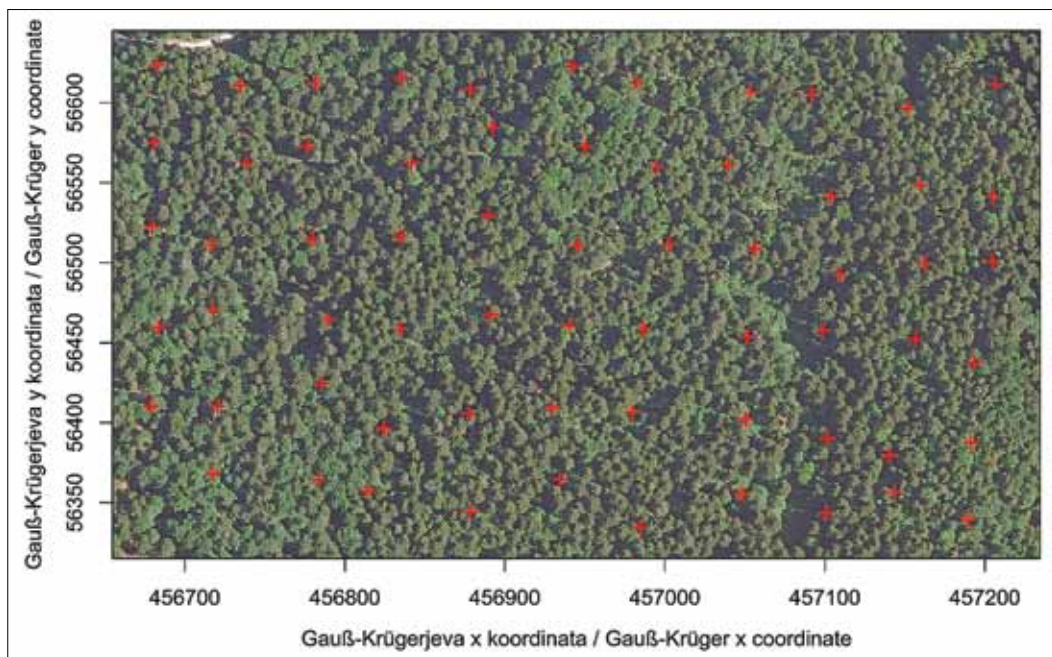
2 METODE DELA

2 METHODS

2.1 Splošen opis območja

2.1 General description of the study area

Raziskava je potekala v oddelku 34 v GGE Leskova dolina. Oddelek je razdeljen na dva



Slika 2: Izsek iz digitalnega ortofotosnetka z označenimi središči vzorčnih ploskev. Prikazano je območje v GGE Leskova dolina, oddelek 34. Kartografija: Milan Kobal.

Figure 2: Section of digital orthophoto image with marked centers of sampling plots. An area in FMU Leskova Dolina, forest compartment 34, is presented. Cartography: Milan Kobal.

odseka; odsek A s površino 24,8 ha in odsek B s površino 19,3 ha. Raztezata se na nadmorski višini od 820 m do 880 m. V odseku A prevladuje subasociacija *Omphalodo-Fagetum mercuriale-tosum* (80 %), sledita subasociaciji *Omphalodo-Fagetum typicum* (15 %) in *Omphalodo-Fagetum homogynetosum* (5 %). V odseku B prevladuje *Omphalodo-Fagetum typicum* (89 %), preostala površina odseka je uvrščena v subasociacijo *Omphalodo-Fagetum mercuriale-tosum*. Reliefno je površina precej razgibana, s številnimi večjimi in manjšimi vrtačami, gledano v celoti pa ima oddelek lastnost večje vrtače, kjer je opazen mraziščni značaj. Prevladuje apnenec, ponekod dolomitiziran apnenec (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

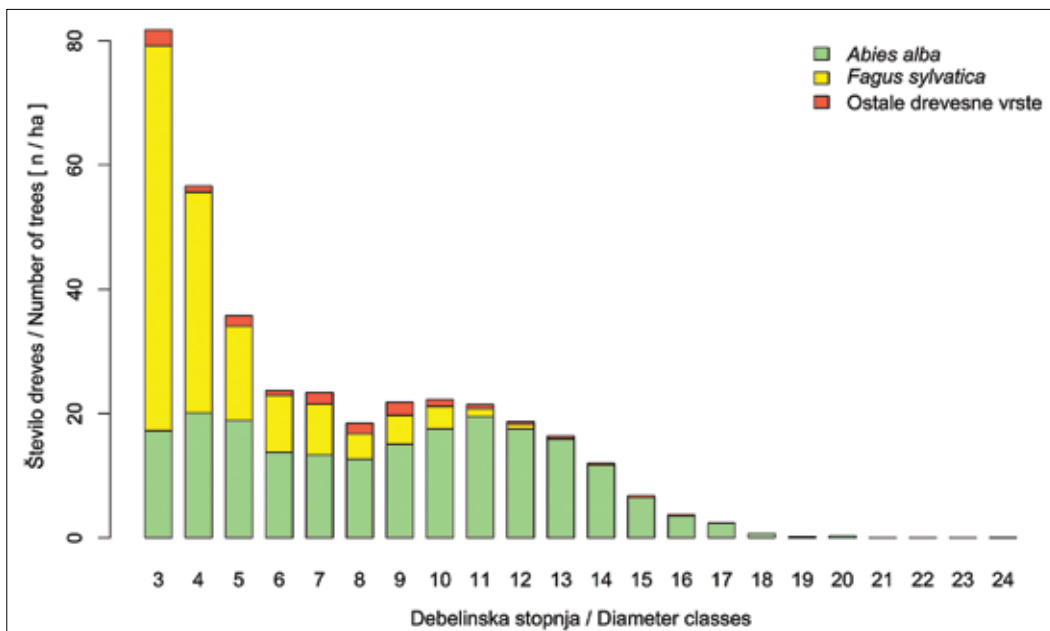
2.2 Meritve na terenu

2.2 Field measurements

Izbor središč vzorčnih ploskev je na terenu potekal v dveh fazah. V prvi smo na sistematični vzorčni mreži 50 × 50 m postavili 65 krožnih vzorčnih

ploskev, velikosti 500 m² (polmer = 12,62 m), ter izmerili prsni premer (DBH) vseh dreves (DBH ≥ 10 cm). Nato smo izbrali tretjo najdebelejšo jelko, ki je bila potem središče vzorčne ploskve (Slika 2), velikosti 2000 m² (polmer = 25,23 m), na kateri smo vsem drevesom (DBH ≥ 10 cm) izmerili DBH, njihovo višino, polarne koordinate (azimut in horizontalno razdaljo) ter določili drevesno vrsto. Azimute smo izmerili z busolo Sunnto KB-14/360, razdalje pa z laserskim merilnikom Vertex IV, Haglöf - Sweden.

Frekvenčna porazdelitev premerov jelke (*Abies alba*), bukve (*Fagus sylvatica*) ter drugih drevesnih vrst na vzorčnih ploskvah raziskovalnega objekta ima obliko, značilno za prebiralne gozdove (Slika 3), vendar je takšna oblika porazdelitve predvsem posledica velikega števila dreves bukve s prsnim premerom, manjšim od 35 cm. Slednja so zelo pogosta zlasti v spodnjih socialnih plasteh pod dominantnimi jelkami in ne tvorijo večjih skupin, ki bi lahko nastale v vrzelih ob prehodu sestojev v obnovo.



Slika 3: Frekvenčna porazdelitev dreves na vzorčnih ploskvah raziskovalnega objekta v oddelku 34, GGE Leskova dolina.

Figure 3: Frequency distribution of trees DBH on sampling plots of the study object in forest compartment 34, FMU Leskova Dolina.

2.3 Zračno lasersko skeniranje površja

2.3 Airborne laser scanning

Zračno lasersko skeniranje površja je opravilo podjetje Flycom, d. o. o., s helikopterjem Eurocopter EC 120B, opremljenim z laserskim skenerjem Riegl LM5600 z relativno horizontalno natančnostjo 10 cm in relativno vertikalno natančnostjo 3 cm ter frekvenco oddanih laserskih impulzov 180 kHz, ki je letel na višini od 400 do 600 m nad površjem. Za določitev natančne trajektorije in orientacije poti helikopterja sta bila uporabljena GPS-sprejemnik Novatel OEV/OEM4, ki omogoča GPS meritve položaja s frekvenco 10 Hz, ter optični INS IMU-IIe. Za potrebe obdelave podatkov so med snemanjem potekale zvezne meritve s sprejemnikoma GPS na referenčnih geodetskih točkah omrežja SIGNAL. Snemanje je bilo opravljeno oktobra 2009. Povprečna vrednost (mediana) gostote laserskih točk znaša 27.5 ± 0.1 točk/m², odtis žarka pa 30 cm. Posneti oblak točk vsebuje skupno 1.800 milijonov točk na površini 5.212,15 ha. Obdelave so bile opravljene v programskih paketih Microstation v2004 (Bentley) in

Terrasolid. Obdelavo GPS-podatkov smo izvedli v programih Grafnav in IGI Aerooffice. Za klasifikacijo točk smo uporabili algoritem podjetja TerraSolid, ki omogoča izračun modela površja na podlagi znanih odbojev od tal (Axelsson, 1999). Na tak način smo uspešno odstranili gozd, ne da bi pri tem izgubili topografske podrobnosti reliefa.

2.4 Obdelava podatkov

2.4 Data processing

2.4.1 Izračun lesne zaloge na ploskvah

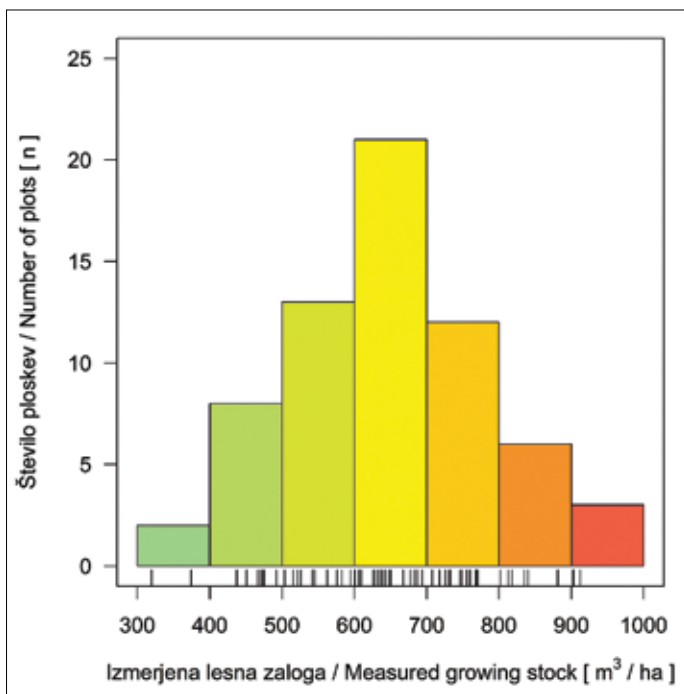
2.4.1 Calculation of growing stock on the plot level

Lesno zalogo na ploskvi smo izračunali kot seštevek vseh volumnov dreves, kjer je DBH ≥ 10 cm. Ta podatek torej predstavlja lesno zalogo dreves, debelejših od 10 cm, kar je tudi sicer praksa v Sloveniji. Volumen dreves smo izračunali prek Puhkovih dvovhodnih deblovnice za jelko, smreko in bukev (Puhek, 2003). Za gorski javor in gorski brest smo za izračun volumna uporabili regresijske koeficiente za bukev.

Na raziskovalnem objektu je pet drevesnih vrst. Prevladujoča drevesna vrsta je jelka s 85,4

Slika 4: Frekvenčna porazdelitev lesne zaloge na vzorčnih ploskvah raziskovalnega objekta v oddelku 34, GGE Leskova dolina.

Figure 4: Frequency distribution of growing stock on sampling plots of the study area in forest compartment 34, FMU Leskova Dolina.



% lesne zaloge na vzorčnih ploskvah. Povprečna lesna zaloga znaša $642,4 \pm 32,8$ m³/ha (Slika 4). Bukev v lesni zalogi zavzema 10,5 %. Smreka (1,9 %), gorski javor (2,0 %) in gorski brest (0,2 %) pa v lesni zalogi vzorčnih ploskev zavzemajo manjši delež.

2.4.2 Razvoj modelov in izračun pojasnjevalnih spremenljivk

2.4.2 Development of models and calculation of predictor variables

Za izračun lesne zaloge smo uporabili linearni model regresije (Enačba 1), ki ga zapišemo kot:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \dots + \beta_p \cdot x_p + \varepsilon_i$$

Enačba 1

pri čemer je y = odvisna spremenljivka, x_1, x_2, \dots, x_p so neodvisne (pojasnjevalne) spremenljivke, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ so parametri modela (koeficienti enačb), p = število neodvisnih spremenljivk, ε_i pa je napaka, ki je slučajna spremenljivka.

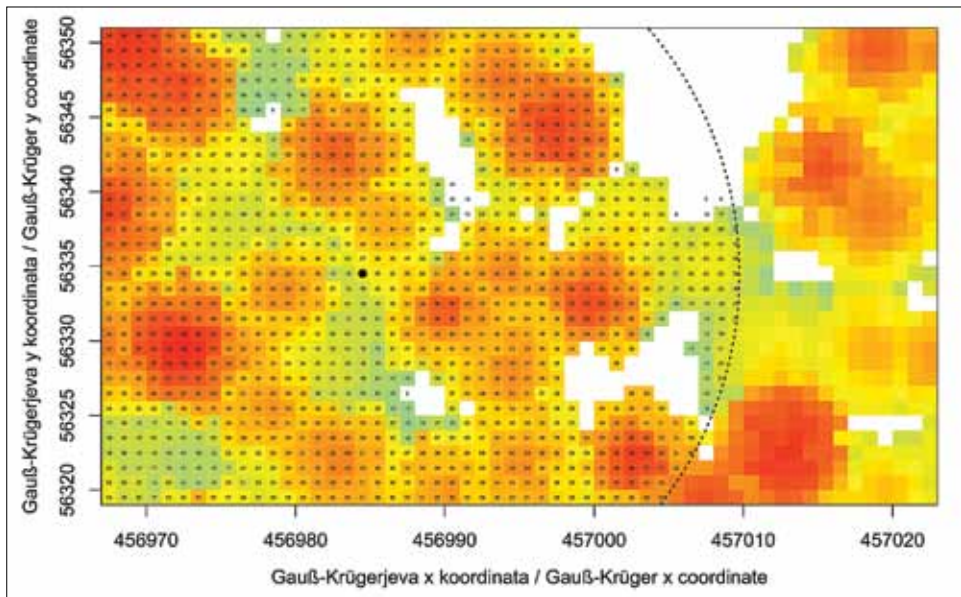
V modelih ocene lesene zaloge smo iz podatkov zračnega laserskega skeniranja površja izračunali pet različnih pojasnjevalnih spremenljivk, ki so

vsebinsko smiselne. To so največja višina strehe sestoja na ploskvi (celMax), mediana višine strehe sestoja na ploskvi (celMed), povprečna višina strehe sestoja na ploskvi (celMea), seštevek višin strehe sestoja na ploskvi (celSum) ter seštevek višin strehe sestoja, tehtan s sestojnim sklepom (canClo). Slednji v modelu zmanjša pomen volumna krošenj (Slika 6). Pri izračunih pojasnjevalnih spremenljivk smo upoštevali le tiste vrednosti rasterskih celic, kjer je višina strehe sestoja višja od 9,6 m; to je namreč povprečna višina dreves z DBH = 10 cm. Na sliki 5 je shematski prikaz izračuna pojasnjevalnih spremenljivk.

2.4.3 Primerjava modelov ocenjevanja lesne zaloge

2.4.3 Comparison of models for growing stock estimation

Modele smo med seboj primerjali na podlagi velikosti koeficienta determinacije R^2 (Enačba 2), absolutne (Enačba 3) in relativne (Enačba 4) velikosti srednje kvadratne napake RMSE ter na podlagi absolutne (Enačba 5) in relativne (Enačba 6) velikosti sistematične napake BIAS. R^2 , RMSE in BIAS smo izračunali po naslednjih enačbah:



Slika 5: Shematski prikaz izračuna pojasnjevalnih spremenljivk. Prikazan je izsek iz DMK, črna točka predstavlja središče vzorčne ploskve, črtkana črta označuje njen rob. Rastrske celice (1×1 m) so obarvane glede na višino strehe sestoja. Števila, ki so prikazana na sliki, predstavljajo vrednost rastrskih celic, torej v primeru DMK višino strehe sestoja, in so bila vključena v izračun celMax, celMed, celMea, celSum ter canClo. Bela barva označuje območja, kjer je DMK $< 9,6$ m (DBH < 10 cm), zato ta območja niso bila upoštevana pri modelski oceni lesene zaloge. Kartografija: Milan Kobal.

Figure 5: Schematic presentation of predictor variables calculation. Section from CHM is presented; the black dot represents the center of the sampling plot, dotted line marks its edge. Raster cells (1×1 m) are colored with regard to the height of the stand canopy. The numbers presented in the image represent value of raster cells, i.e. in the case of CHM the height of the stand canopy, and have been included into the calculation of celMax, celMed, celMea, celSum and canClo. White color marks areas with CHM < 9.6 m (DBH < 10 cm), therefore these areas have not been taken into account in model estimation of growing stock. Cartography: Milan Kobal.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad \text{Enačba 2}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad \text{Enačba 3}$$

$$RMSE\% = 100 \times \frac{RMSE}{\bar{y}} \quad \text{Enačba 4}$$

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)}{n} \quad \text{Enačba 5}$$

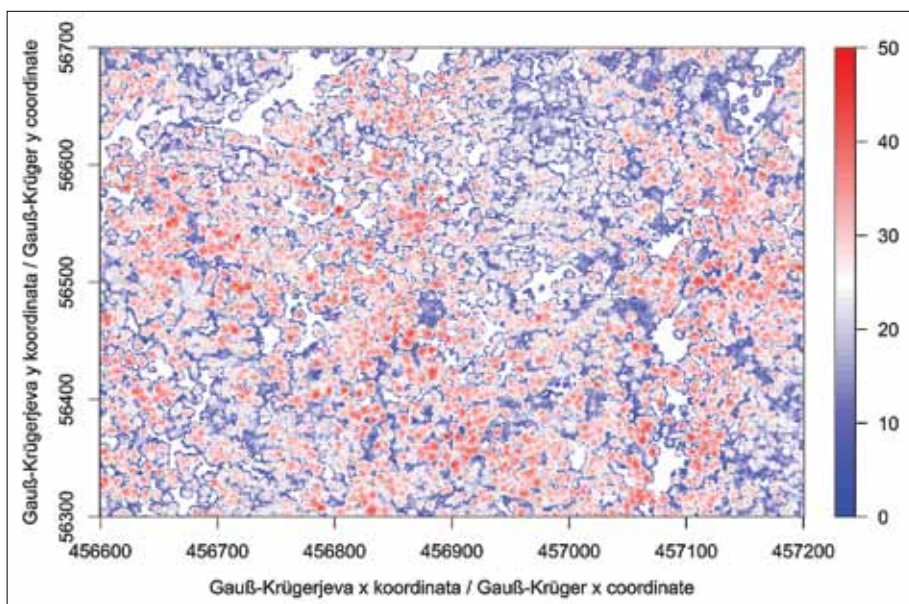
$$BIAS\% = 100 \times \frac{BIAS}{\bar{y}} \quad \text{Enačba 6}$$

kjer je y_i na terenu izmerjena lesna zaloga na ploskvi i , \hat{y}_i = z modelom ocenjena lesna zaloga na ploskvi i , \bar{y} = povprečna vrednost na terenu izmerjenih vrednosti lesne zaloge na vseh ploskvah, n = število ploskev. Obdelave smo izvedli v programskem okolju R (R Core Team, 2014).

3 REZULTATI

3 RESULTS

V Preglednici 1 so prikazani statističnih kazalci modelov, ki smo jih preverili, v preglednici 2 pa koeficienti enačb modelov. Najprej smo kot pojasnjevalno spremenljivko lesne zaloge testirali najvišjo višino strehe sestoja na ploskvi (celMax; model 1) – ta pojasni 29 % variabilnosti lesne zaloge, koren srednje kvadratne napake RMSE pa znaša $110,7 \text{ m}^3/\text{ha}$ oz. 17,2 %. Večji delež ($R^2 = 0,53$) variabilnosti lesne zaloge pojasni mediana višine strehe sestoja na ploskvi (celMed, model 2), koren srednje kvadratne napake RMSE znaša $89,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ oz. 13,9 %. Nekoliko večji delež variabilnosti pojasni povprečna višina strehe sestoja na ploskvi (celMea, model 3). Še večji delež ($R^2 = 0,64$) variabilnosti lesne zaloge pojasnimo, če v model vključimo seštevek višin strehe sestoja



Slika 6: Izsek iz digitalnega modela višin strehe sestoja, tehtane s sestojnim sklepom (canClo) 1×1 m, narejena iz podatkov laserskega skeniranja površja. Modra barva nakazuje manjše vrednosti višine drevja, rdeča večje (v m). Prikazano je območje v GGE Leskova dolina, oddelek 34. Povprečna vrednost (mediana) gostote laserskih točk znaša 27.5 ± 0.1 točk/m². Kartografija: Milan Kobal.

Figure 6: Section from the digital canopy height model CHM, weighed with canopy closure (canClo) 1×1 m, prepared on the basis of airborne laser scanning. The blue color indicates lower values of tree height, the red one the higher values (in m). An area in FMU Leskova Dolina, forest compartment 34, is presented. Mean value (median) of laser point density is 27.5 ± 0.1 points/m². Cartography: Milan Kobal.

Preglednica 1: Statistični kazalci posameznih modelov, ki smo jih preverili za ocenjevanje lesne zaloge iz podatkov laserskega skeniranja površja na primeru 65-ih ploskev v GGE Leskova dolina. Zvezdica (*) nakazuje statistično značilnost spremenljivke v modelu (** = $p < 0,01$; * = $p < 0,05$).

Table 1: Statistical indicators of individual models tested for growing stock estimation on the basis of the data on airborne laser scanning on the example of 65 plots in FMU Leskova Dolina. Asterisk (*) indicates statistical feature of a variable in the model (** = $p < 0,001$; ** = $p < 0,01$; * = $p < 0,05$). Cartography: Milan Kobal.

Model	R ²	RMSE	RMSE %	BIAS	BIAS %	p	Pojasnjevalne spremenljivke / Explanatory variable
1	0,29	110,7	17,2	0,0	0,0	0,000 ***	celMax
2	0,53	89,6	13,9	0,0	0,0	0,000 ***	celMed
3	0,55	87,8	13,7	0,0	0,0	0,000 ***	celMea
4	0,64	79,1	12,3	0,0	0,0	0,000 ***	celSum
5	0,53	89,5	13,9	0,0	0,0	0,000 ***	celMax, celMed
6	0,55	87,8	13,7	0,0	0,0	0,000 ***	celMax, celMea
7	0,69	72,6	11,3	0,0	0,0	0,000 ***	celMax, celSum
8	0,55	87,8	13,7	0,0	0,0	0,000 ***	celMed, celMea
9	0,81	57,2	8,9	0,0	0,0	0,000 ***	celMed, celMax
10	0,79	60,5	9,4	0,0	0,0	0,000 ***	celMea, celSum
11	0,55	87,7	13,7	0,0	0,0	0,000 ***	celMax, celMed, celMea
12	0,81	56,8	8,8	0,0	0,0	0,000 ***	celMax, celMed, celSum
13	0,79	60,2	9,4	0,0	0,0	0,000 ***	celMax, celMea, celSum
14	0,81	56,3	8,8	0,0	0,0	0,000 ***	celMax, celMed, celMea, celSum
15	0,82	55,2	8,6	0,0	0,0	0,000 ***	celMed, canClo

Preglednica 2: Enačbe modelov, ki smo jih preverili za ocenjevanje lesne zaloge iz podatkov laserskega skeniranja površja na primeru 65-ih ploskev v GGE Leskova dolina. Zvezdica (*) nakazuje statistično značilnost spremenljivke v modelu (***) = $p < 0,001$; ** = $p < 0,01$; * = $p < 0,05$).

Table 2: Equations of the models checked for growing stock estimation on the basis of the data on airborne laser scanning on the example of 65 plots in FMU Leskova Dolina. Asterisk (*) indicates statistical feature of a variable in the model (***) = $p < 0.001$; ** = $p < 0.01$; * = $p < 0.05$).

Model	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4
1	-255.87	22.63 ***			
2	-529.12 ***	43.64 ***			
3	-678.15 ***	51.27 ***			
4	-165.25 *	0.02 ***			
5	-537.95 ***	0.72 ***	42.90 ***		
6	-661.42 ***	-2.09 ***	53.85 ***		
7	-496.20 ***	10.98 **	0.01 ***		
8	-659.76 ***	8.40	41.80		
9	-699.70 ***	27.82 ***	0.01 ***		
10	-734.10 ***	31.21 ***	0.01 ***		
11	-645.24 ***	-1.97	7.85	44.85	
12	-664.10 ***	-3.07	30.79 ***	0.01 ***	
13	-712.30 ***	-2.75	34.55 ***	0.01 ***	
14	-623.90 ***	-2.08	4.51 **	-18.88	0.01 ***
15	-650.70 ***	29.59 ***	0.01 ***		

na ploskvi (celSum, model 3). Pri tem modelu RMSE znaša 79,1 m³/ha oz. 12,3 %.

Sledijo modeli (od 5 do 14), kjer smo v analizi upoštevali kombinacije več pojasnjevalnih spremenljivk. Če v modelu upoštevamo najvišjo višino strehe sestoja na ploskvi ter mediano višine strehe sestoja na ploskvi (celMax + celMed, model 9), pojasnimo 81 % variabilnosti lesne zaloge na vzorčnih ploskvah. V tem primeru koren srednje kvadratne napake RMSE znaša 57,2 m³/ha oz. 8,9 %.

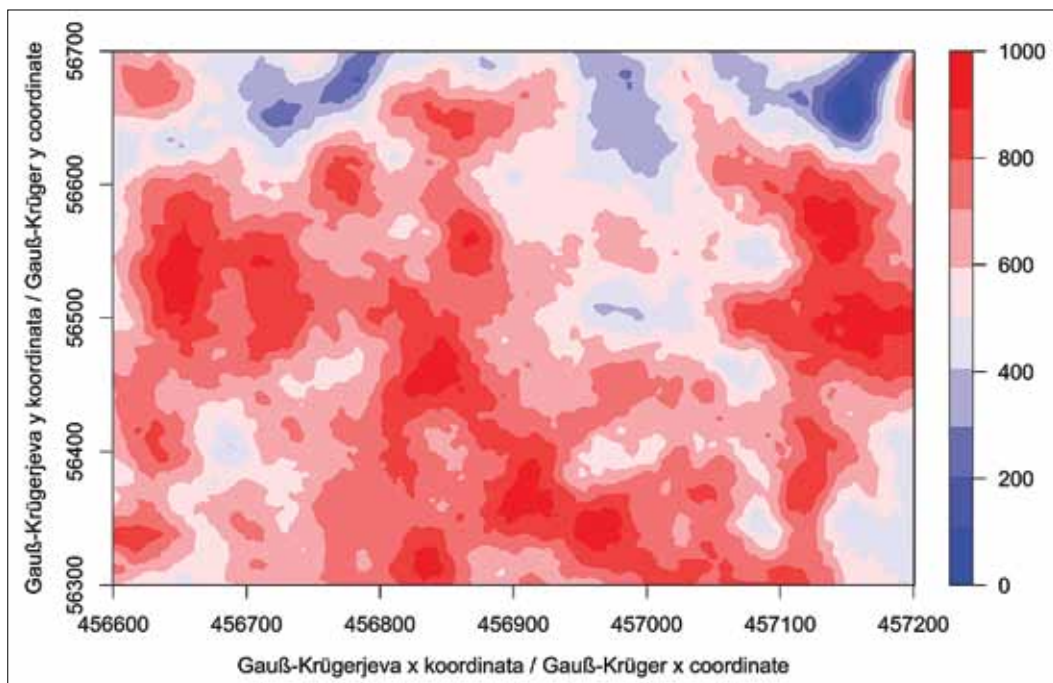
Najnatančnejši je model, ki poleg mediane višine strehe sestoja na ploskvi (celMed), vključuje še seštevek višin strehe sestoja na ploskvi, tehtan s sestojnim sklepom (canClo, model 15). V tem primeru koren srednje kvadratne napake RMSE znaša 55,2 m³/ha oz. 8,6 %. Na sliki 7 je prikazana karta lesne zaloge, izračuna na podlagi modela 15, na sliki 8 pa ujemanje ocenjene lesne zaloge iz podatkov zračnega laserskega skeniranja površja z izračunano lesno zalogo na ploskvi na podlagi na terenu izmerjenega premera in višin ter Puhkovih dvovhodnih deblovnice. Noben od preverjenih modelov ni pristranski (BIAS = 0 m³/ha).

4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Podobno kot v preostalih raziskavah o ocenjevanju lesne zaloge na podlagi laserskega skeniranja površja (Nilson, 1996; Næset, 1997; Popescu s sod., 2003; Hollaus s sod., 2009) smo tudi v tej raziskavi ugotovili, da lesno zalogo lahko zanesljivo (RMSE% < 10 %) ocenjujemo iz podatkov zračnega laserskega skeniranja. Že najvišja višina strehe sestoja na ploskvi (model 1), ki v ohranjenih odraslih sestojih nakazuje rastiščne razmere, pojasni 29 % variabilnost lesne zaloge. Ocena regresijskega modela se znatno izboljša, če v regresijski model vključimo bodisi mediano višine strehe sestoja (model 2) bodisi povprečno višino strehe sestoja na ploskvi (model 3). V obeh primerih pojasnjevalni spremenljivki nakazujeta povprečne vertikalne značilnosti sestoja na ploskvi. Dodatno oceno modela izboljšamo, če v model vključimo seštevek višin strehe sestoja na ploskvi (model 4).

Od treh modelov, kjer je delež pojasnjene variabilnosti lesne zaloge večji ali enak 0,8 (modeli 9, 12 in 14), je najpreprostejši model 9, ki kot

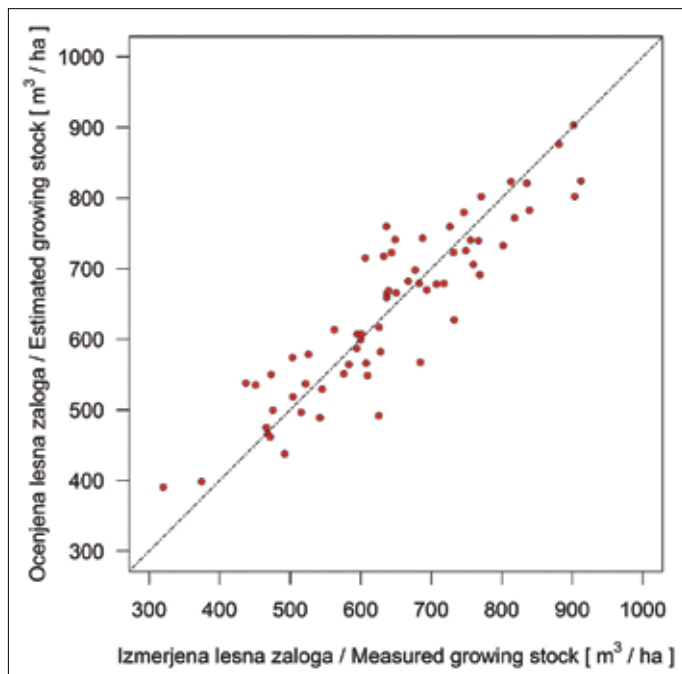


Slika 7: Izsek iz digitalnega modela lesne zaloge 1×1 m, narejenega iz podatkov zračnega laserskega skeniranja površja. Modra barva nakazuje manjše vrednosti lesne zaloge, rdeča večje (v m^3/ha). Prikazano je območje v GGE Leskova dolina, oddelek 34. Kartografija: Milan Kobal.

Figure 7: Section from the digital model of growing stock 1×1 m, prepared on the basis of the data of airborne laser scanning. The blue color indicates lower values of growing stock, the red one the higher values (in m^3/ha). An area in FMU Leskova Dolina, forest compartment 34, is presented. Cartography: Milan Kobal.

Slika 8: Primerjava med ocenjeno lesno zalogo iz podatkov zračnega laserskega skeniranja površja in izmerjenimi vrednostmi na terenu, kjer so bili izmerjeni premeri in višine, volumni pa izračunani z uporabo Puhkovih dvovhodnih deblovnih (2003).

Figure 8: Comparison between estimation of growing stock on the basis of the data from airborne laser scanning and values measures in the field, where diameters and heights were measured and volumes calculated using two-entry volume tables by Puhek (2003).





Slika 9: Primer ortofoto posnetka visoke resolucije (velikost slikovne celice je 7×7 cm) z območja GGE Leskova dolina, ki je bilo posneto aprila 2014. Razpoznati je mogoče ceste, vlake ter poškodbe krošenj dreves in izrita drevesa. Kartografija: Milan Kobal.

Figure 9: An example of high resolution orthophoto image (image cell size is 7×7 cm) from the GGE Leskova Dolina area; the image was recorded in April 2014. Roads, skidding trails, damages to tree crowns and uprooted trees are discernible. Cartography: Milan Kobal.

vhodni podatek za oceno lesne zaloge terja zgolj največjo višino strehe sestoja ter mediano višine strehe sestoja na ploskvi. V tem primeru srednja kvadratna napaka znaša $57,2 \text{ m}^3/\text{ha}$ oz. $8,9 \%$. Tako povprečna (npr. Næset, 1997; Drake s sod., 2002; Andreson s sod., 2006; Nord-Larsen in Schumacher, 2012) kot maksimalna višina sestoja (npr. Lefsky s sod., 1999; Kankare s sod., 2013) sta pogosto vhodna parametra v raznih modelih za ocenjevanje lesene zaloge oz. nadzemne biomase. Najnatančnejši je model 15, kjer je v izračunu posredno upoštevan tudi sestojni sklep.

Pri presoji natančnosti ocene lesne zaloge je treba upoštevati, da poleg napak, ki nastanejo pri samem merjenju premerov in višin stoječega drevja, so tudi dvovhodne deblovnice (lahko) vir odstopanja od prave lesne zaloge. Raziskava, ki smo jo izvedli na istem raziskovalnem objektu o

natančnosti deblovnice in volumenskih funkcij za jelko (Hladnik in Kobal, 2012), kaže, da se volumni posameznih dreves razlikujejo glede na metodo izračuna; koeficient determinacije med pravim volumnom (za pravi volumen smo predpostavili, da velja volumen, izračunan na podlagi sekcijske izmere podrtih dreves) in volumnom, izračunanem prek dvovhodnih deblovnice, znaša $0,93$, odstopanje pa $7,6 \%$ (Hladnik in Kobal, 2012).

Poleg statističnega modela, ki vpliva na natančnost ocene lesne zaloge iz podatkov zračnega laserskega skeniranja, je pomemben dejavnik tudi gostota snemanja odbojev laserskih pulzov (Jakubowski s sod., 2013; Watt s sod., 2013) ter zgradba gozda (Wulder s sod., 2008). V našem primeru je bila gostota snemanja $27,5 \pm 0,1$ točke/ m^2 . Prav povečanje gostote snemanja (ob dostopnejši zmogljivejši

strojni in programski opremi) verjetno predstavlja prihodnji razvoj laserskega skeniranja in njegove uporabe v gozdarstvu, še posebno v raznomernih gozdovih, kakršni so bili predmet te raziskave, kjer je največja težava prepoznavanje podstojnih dreves (predvsem bukve) in njihovo vključevanje v izračunu lesne zaloge. Poleg večje gostote snemanja se povečuje uporaba kombinacij laserskega skeniranja in optičnih sistemov visoke resolucije, predvsem hiperspektralnih (npr. Laurin s sod., 2014; Dalponte s sod., 2014). Primer ortofotoposnetka visoke resolucije je prikazan na sliki 9.

Model smo razvili na 65-ih vzorčnih ploskvah, velikosti 0,2 ha, na katerih smo skupno izmerili 4763 dreves. Hollaus s sodelavci (2009) je semiempirični model razvil na podatkih nacionalne gozdne inventure, in sicer na 103 ploskvah na območju Montafona, kjer prevladuje alpski smrekov gozd (96 % smreka, lesna zaloga $423,4 \pm 243,4 \text{ m}^3/\text{ha}$). Drevesom, ki so bila na ploskvi izbrana s kotnoštevno metodo, so izmerili prsni premer (DBH $\geq 10 \text{ cm}$), na podvzorcju tudi višino. Za preostala drevesa so višino izračunali prek višinskih krivulj. Srednja kvadratna napaka ocenjene lesne zaloge je znašala $91,4 \text{ m}^3/\text{ha}$ oz. 21,5 %, vendar je pri tem treba opozoriti, da je bila gostota snemanj 2,7 točke/ m^2 . V okolici Belopeških jezer so s podobno gostoto snemanja ($2,8 \text{ točke}/\text{m}^2$) raziskavo o oceni sestojnih parametrov na podlagi laserskega skeniranja v smrekovih ter mešanih gozdovih (smreka, jelka, bukev) opravili Alberti s sodelavci (2013). Model za oceno lesne zaloge so razvili na devetnajstih koncentričnih ploskvah polmera 4 m (merjena vsa drevesa DBH $< 7,5 \text{ cm}$) oz. 13 m (merjena vsa drevesa DBH $\geq 7,5 \text{ cm}$). Merili so DBH ter na podvzorcju višino dreves, za preostala drevesa so višino izračunali prek višinskih krivulj. Z modelom (potenčna zveza) so na podlagi povprečne višine strehe sestoja pojasnili 80 % variabilnosti lesne zaloge. Z identično metodologijo smo prek povprečne višine strehe sestoja na našem objektu pojasnili 66 % variabilnosti lesne zaloge, kar pomeni, da so bili sestoji, zajeti v tej raziskavi, opazneje bolj raznomerni (Slika 3) in z vidika daljinskega zaznavanja zahtevnejši kljub dejstvu, da je bila gostota snemanja večja.

5 SUMMARY

In addition to forest area, growing stock is one of the most often measured data on forests. The first data on growing stock in forests were based on the basis of ocular estimates. Nowadays statistical sampling is used. First attempt to evaluate growing stock from airborne laser scanning was done in middle 1980 (Maclean, 1988; Nelson et al., 1988) and since then many algorithms and methods for the assessment of growing stock (see Nilson, 1996; Naeset 1997; Hollaus et al., 2007; Hollaus et al., 2009) have been developed. An overview of some methods is shown in detail in Lindberg and Hollaus (2012). The aim of this study is to test the capability of lidar data for estimating growing stock in uneven-aged Dinaric silver fir-European beech forests.

The study was conducted in the forest compartment 34, Leskova Dolina FMU which is dominated by *Omphalodo-Fagetum* forest site. The altitude ranges between 820 m and 880 m a.s.l. Relief is rugged with many sinkholes, both large and small. Within the research site (area is 18 ha), 65 circular sample plots of 500 m^2 in size were installed on a $50 \times 50 \text{ m}$ grid. In each plot we selected the third largest silver fir tree based on DBH. Neighboring trees were identified for each silver fir tree, where silver fir tree represented a new center of the sample plots. All trees (DBH $\geq 10 \text{ cm}$) within a radius of 25.23 m (area 2000 m^2) were evaluated by measuring their diameter at breast height (DBH) and their polar coordinates (azimuth and horizontal distance from the plot center), and by identification of the tree species. Volume of a tree was calculated using two-entry volume tables (Puhek, 2003). In the study area, silver fir is the dominant tree species (86 % in growing stock). Average growing stock is $642.4 \pm 32.8 \text{ m}^3/\text{ha}$. Also Norway spruce and European beech are present.

LiDAR data was acquired by Flycom company using helicopter Eurocopter EC 120B flying at 400 and 600 m above ground and a full-waveform laser scanner Riegl LM5600 using 180kHz frequency of laser impulses and resulting in 10 cm horizontal and 3 cm vertical accuracy. Trajectory and orientation of the helicopter were determined using Novatel OEV/OEM4 GPS (10Hz frequency of measurements) and optical

INS IMU-IIe. Laser point density was 27 points/m² with 30 cm laser footprint. Scanning was carried out on October 2009. Data was processed using Microstation v2004 (Bentley) in Terrasolid programming packages. For point classification we used TerraSolid algorithm. This successfully removed forest canopy without affecting topographic details. From ground points we created DEM in raster format with the basic cell size 1 × 1 m for an area of 5,212.15 ha.

Five different explanatory variables, calculated from the lidar data (maximum canopy height per plot, mean canopy height per plot, median canopy height per plot, sum of all cell values of canopy height per plot and mean canopy transparency per plot) were related to growing stock using (multiple) linear regression. Model performances were compared using coefficient of determination R², root mean square error RMSE (absolute and relative value) and bias (absolute and relative value). Coefficient of determination for all 15 tested ranges from 0.29 to 0.82 and root mean square error ranges from 110.7 m³/ha (17.2 %) to 55.2 m³/ha (8.6 %). Bias is equal to zero for all models. Considering the average tree height and canopy transparency on the plot level in the model, we explained 82 % of the variability of growing stock, root mean square error RMSE is 55.2 m³/ha or 8.6%. This study reveals that a strong correlation between lidar based stand variables and growing stock exist in the Dinaric Silver fir – European beech forests. However, detection and consideration of suppressed trees below dominant trees is difficult and present a part of the unexplained variability in growing stock.

6 ZAHVALA

6 ACKNOWLEDGEMENT

Delo je nastalo v sklopu mednarodnega projekta NewFor – NEW technologies for a better mountain FORest timber mobilization, program financiranja Alpine Space. Podatki so bili zbrani v okviru projekta CRP V4-0541 Pomen talnih lastnosti in mikroklimatskih razmer za proizvodno sposobnost jelke na rastiščih dinarskih jelovo-bukovih

gozdov v času programa Mladi raziskovalci, ki ga financira ARRS, ter programske skupine P4-0107 Gozdna biologija, ekologija in tehnologija. Za recenzijo in nasvete pri pripravi prispevka se zahvaljujem doc. dr. Alešu Kaduncu.

7 VIRI

7 REFERENCES

- Alberti, G., Boscutti, F., Pirotti, F., Bertacco, C., De Simon, G., Sigura, M., Cazorzi, F., Bonfanti, P., 2013. A LiDAR-based approach for a multi-purpose characterization of Alpine forests: an Italian case study. *iForest - Biogeosciences & Forestry*, 6, 3: 156–168.
- Aldred, A. H., in Bonnor, G. M., 1985. Application of airborne lasers to forest surveys, Information Report PI-X-51, Petawawa National Forestry Institute, 62 str.
- Anderson, J., Martin, M. E., Smith, M. L., Dubayah, R. O., Hofton, M. A., Hyde, P., Peterson, B. E., Blair, J. B., Knox, R. G., 2006. The use of waveform lidar to measure northern temperate mixed conifer and deciduous forest structure in New Hampshire. *Remote Sensing of Environment*, 105, 3: 248–261.
- Arp, H., Griesbach, J. and Burns, J., 1982: Mapping in tropical forests: a new approach using the laser APR. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48: 91–100.
- Axelsson, P. E., 1999. Processing of laser scanner data-algorithms and applications. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54, 2/3: 138–147.
- Dalponte, M., Ørkab, H. O., Eneb, L. T., Gobakken, T., Næsset, E., 2014. Tree crown delineation and tree species classification in boreal forests using hyperspectral and ALS data. *Remote sensing of environment*, 140, 306–317.
- Drake, J. B., Dubayah, R. O., Clark, D. B., Knox, R. G., Blair, J. B., Hofton, M. A., Chazdon, R. L., Weishampel, J. F., Prince, S., 2002. Estimation of tropical forest structural characteristics using large-footprint LiDAR. *Remote Sensing of Environment*, 79, 2/3: 305–319.
- Gašperšič, F., 1967. Razvojna dinamika mešanih gozdov jelke-bukve na Snežniku v zadnjih 100 letih. *Gozdarski vestnik*, 7/8: 202–237.
- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Leskova dolina 1954–1963. *Gozdno Gospodarstvo Postojna*, Postojna
- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Leskova dolina 2004–2013. *Zavod za gozdove Slovenije*, OE Postojna, Ljubljana.

- Grilc, J., 1972. Gozdno gospodarstvo Bled urejuje gozdove po metodi stalnih vzorčnih ploskev. *Gozdarski vestnik*, 31: 128–137.
- Hladnik, D., 2000. Razvoj koncepta gozdnih inventur na Slovenskem. V: Potočnik, I. (ur.). *Nova znanja v gozdarstvu – prispevek visokega šolstva*. Zbornik referatov študijskih dni, Kranjska gora, Ljubljana, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, str. 105–126.
- Hladnik, D., Kobal, M., 2012. Ocenjevanje natančnosti deblovnice in volumenskih funkcij. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 98, 3–14.
- Hladnik, D., Žižek, L., 2012. Ocenjevanje gozdnosti v zasnovi gozdne inventure na Slovenskem. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 97: 31–42.
- Hollaus, M., Wagne,r W., Maier, B., Schadauer, K., 2007. Airborne Laser Scanning of Forest Stem Volume in a Mountainous Environment. *Sensors*, 7(8), 1559–1577.
- Hollaus, M., Wagner, W., Schadauer, K., Maier, B., Gabler, K., 2009. Growing stock estimation for alpine forests in Austria: a robust lidar-based approach. *Canadian Journal of Forest Research*. 39: 1387–1400.
- Jakubowski, M. K., Guo, Q., Kelly, M., 2013. Tradeoffs between lidar pulse density and forest measurement accuracy. *Remote Sensing of Environment* 130: 245–253.
- Kankare, V., Vastaranta, M., Holopainen, M., Rätty, M., Yu, X., Hyypä, J., Hyypä, H., Alho, P., Viitala, R., 2013. Retrieval of Forest Aboveground Biomass and Stem Volume with Airborne Scanning LiDAR. *Remote Sensing*, 5: 2257–2274
- Kobal, M., 2011. Vpliv sestojnih, talnih in mikrorastiščnih razmer na rast in razvoj jelke (*Abies alba* Mill.) na visokem krasu Snežnika: doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 148 str.
- Kobler, A., 2011. Nove metode za obdelavo podatkov letalskega laserskega skenerja za monitoring gozdnih ekosistemov: doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 131 str.
- Kovač, M., Hočevar, M., 2009. Kratek oris razvoja gozdnih inventur in kontrolne vzorčne metode po svetu in v Sloveniji. V: Planinšek Š. (ur.). *Kontrolna vzorčna metoda v Sloveniji – zgodovina, značilnosti in uporaba*: 7–10.
- Kušar, G., 2007. Zanesljivost ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev z enoparametrijskimi funkcijami in stratifikacijo : doktorska disertacija. Ljubljana: [G. Kušar], 2007. XXI, 243 str.
- Laurin, G. V., Chen, Q., Lindsell, J. A., Coomes, D. A., del Frate, F., Guerriero, L., Pirotti, F., Valentini, R., 2014. Above ground biomass estimation in an African tropical forest with lidar and hyperspectral data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 89, 49–58.
- Lefsky, M. A., Harding, D., Cohen, W. B., Parker, G. G., Shugart, H. H., 1999. Surface lidar remote sensing of basal area and biomass in deciduous forests of eastern Maryland, USA. *Remote Sensing of Environment*, 67, 1: 83–98.
- Lindberg, E., Hollaus, M., 2012. Comparison of Methods for Estimation of Stem Volume, Stem Number and Basal Area from Airborne Laser Scanning Data in a Hemi-Boreal Forest. *Remote Sensing*, 4(4), 1004–1023.
- Maclean, G., 1982. Timber volume estimation using crosssectional photogrammetric and densitometric methods, MSc thesis, University of Wisconsin, Madison, 227 str.
- Maclean, G. A., 1988. Estimation of foliar and woody biomass using an airborne lidar system, Ph.D. thesis, University of Wisconsin, Madison, 229 str.
- Maclean, G., Krabill, W., 1986. Gross-merchantable timber volume estimation using an airborne lidar system. *Canadian Journal of Remote Sensing* 12, 7–18.
- Matijašič, D., 2007. Sodobna orodja kontrolne metode v gozdnogospodarskem načrtovanju. Posvet ob stoletnici uvedbe kontrolne metode v snežniških gozdovih, Postojna 12. december 2007. (<http://www.zgs.si/slo/aktualno/novice/arhiv/article/267/230/index.html>)
- McRoberts, R. E., Næsset, E., Gobakken, T., 2013. Inference for lidar-assisted estimation of forest growing stock volume. *Remote Sensing of Environment*, 128: 268–275.
- Næsset, E., 1997. Estimating timber volume of forest stands using airborne laser scanner data. *Remote Sensing of Environment*, 61, 2: 246–253.
- Nelson, R., Krabill, W., Maclean, G., 1984. Determining forest canopy characteristics using airborne laser data. *Remote Sensing of Environment*, 15: 201–212.
- Nelson, R., Krabill, W., Tonelli, J., 1988. Estimating forest biomass and volume using airborne laser data, *Remote Sensing of Environment*, 24: 247–267.
- Nilsson, M., 1996. Estimation of tree heights and stand volume using an airborne lidar system. *Remote Sensing of Environment*, 56, 1: 1–7.
- Nord-Larsen, T., Schumacher, J., 2012. Estimation of forest resources from a country wide laser scanning

- survey and national forest inventory data. *Remote Sensing of Environment* 119: 148–157.
- Popescu, S. C., Wynne, R. H., Nelson, R. F., 2003. Measuring individual tree crown diameter with lidar and assessing its influence on estimating forest volume and biomass. *Canadian Journal of Forest Research*, 29,5: 564–577.
- Puhek, V., 2003. Regresijske enačbe za volumen dreves po dvovhodnih deblovnica. V: Kotar M. (ur.). *Gozdarski priročnik*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 46–48.
- R Development Core Team., 2014. *R: a Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Watt, M. S., Adams, T., Gonzalez Aracil, S., Marshall, H., Watt, P., 2013. The influence of LiDAR pulse density and plot size on the accuracy of New Zealand plantation stand volume equations. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 43, 1: 1–10.
- Wulder, M. A., Bater, C. W., Coops, N. C., Hilker, T., White, J. C., 2008. The role of LiDAR in sustainable forest management. *The Forestry Chronicle*, 84, 6: 807–826.

Dinamika zaraščanja planinskih pašnikov na Belski planini in Rebru z objektno usmerjeno analizo ortofotoposnetkov

Dynamics of Alpine Pastures Overgrowth in Belska Planina and Reber Using Object-Based Analysis of Orthophoto Images

Klemen KLINAR¹, David HLADNIK²

Izvleček

Klinar, K., Hladnik, D.: Dinamika zaraščanja planinskih pašnikov na Belski planini in Rebru z objektno usmerjeno analizo ortofotoposnetkov. *Gozdarski vestnik*, 72/2014, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 28. Prevod avtorja in Breda Misja; jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Planinski pašniki so del kmetijske rabe prostora v alpskem svetu, ki se pogosto zaraščajo. S primerjavo kart rabe tal smo ugotovili dinamiko zaraščanja pašnikov in drugih prostorskih procesov na Belski planini in pašniku Rebru. Digitalni ortofotoposnetki iz let 1995 in 2006 so bili v okolju GIS analizirani s postopkom objektivne klasifikacije. Z uporabljenimi metodologijami je mogoče brez dolgotrajnega vizualnega razmejevanja rabe tal zanesljivo določiti spremembe na ravni najmanjših površin, to je posameznih grmov ali skupin dreves.

Ključne besede: planinski pašniki, zaraščanje, ruševje, ortofoto, objektivna klasifikacija, GIS

Abstract

Klinar, K., Hladnik, D.: Dynamics of Alpine Pastures Overgrowth in Belska Planina and Reber Using Object-Based Analysis of Orthophoto Images. *Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry)*, 72/2014, vol. 5-6. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 28. Translated by the authors and Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

Alpine pastures are a part of the agricultural use of land in the Alpine region but they are becoming overgrown. By comparing land use maps the dynamics of pasture overgrowth and other spatial processes in Belska Planina and Reber pasture were established. Digital orthophotos from the years 1995 and 2006 were analyzed by feature extraction with GIS tools. Changes at the level of the smallest surfaces, i.e. individual shrubs or cluster of trees, can be reliably identified with the methodology used without long-lasting visual land use delineation.

Key words: alpine pastures, afforestation, dwarf pine stands, orthophoto, feature extraction, GIS

1 UVOD

1 INTRODUCTION

V rabi tal se odsevajo naravni in družbeni dejavniki neke pokrajine. Deleži rabe tal na določenem območju pričajo o prevladujoči kmetijski rabi prostora, naravnih razmerah za rast vegetacije ali poselitev, poleg tega pa ključno vplivajo na videz pokrajine. Z razvojem družbe in naravnimi procesi se struktura rabe tal s časom spreminja. Podobno kot v drugih alpskih deželah (Didier, 2001; Gellrich s sod., 2007) so tudi na Slovenskem raziskovali spremembe rabe tal v alpskem svetu (Lovrenčak, 1977; Petek, 2005). Petek (2005) je ocenil, da so območja planin in planinskega pašništva v alpskem svetu značilna in posebna oblika gospodarjenja, hkrati pa najbolj podvržena spremembam rabe tal. V slovenskem alpskem

svetu so po drugi svetovni vojni nastale največje spremembe rabe tal, ko je velik delež kmetijskih zemljišč prerasel gozd. Planinsko pašništvo in planine so propadale že med prvo svetovno vojno in po njej, najbolj pa po drugi svetovni vojni, ko je lastništvo prešlo iz vaških srenj v upravljanje novonastalih kmetijskih zadrug. Do leta 1993 je bila opuščena skoraj polovica nekdanjih planin. Procesi sprememb rabe tal, ki se dogajajo v zadnjih desetletjih, so šibkejši in jih ni mogoče zaznati tako kot v prejšnjih daljših časovnih obdobjih proučevanja (Petek, 2005). Splošni trend sprememb rabe kmetijskih površin na območjih z omejenimi

¹K. K., univ. dipl. geograf, dipl. inž. gozd., Razvojna agencija Zgornje Gorenjske, Spodnji Plavž 24e, Jesenice

²Doc. dr. D. H., Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

dejavniki obdelave je v smeri ekstenzifikacije rabe, zato lahko pričakujemo, da so ravno pašniki kot najbolj ekstenzivna raba kmetijske površine podvrženi zaraščanju.

Na rastiščno ekstremnih predelih planinskih pašnikov se po motnjah vegetacija obnovi in širi počasi. Rozman (2008) je ob raziskovanju dinamike razvoja vegetacije na zgornji gozdni meji opozoril na ekološki pomen rušja v sekundarni sukcesiji v slovenskih Alpah. Na zgornji gozdni meji rušje z gosto zarastjo in prepletenim koreninskim sistemom varuje tla pred erozijo in ustvari dobre razmere za pomlajevanje drevesnih vrst in naseljevanje zahtevnejših vrst. V novonastalem rušju se pojavijo rastlinske vrste gozdnih ekosistemov, vrste alpskih travnišč pa se selijo na odprte površine. Podobne procese pri širjenju gozda po motnjah ob zgornji gozdni meji je ocenil Diaci (1994). Posamezna drevesa in manjše skupine dreves najprej osvojijo ugodnejše dele rastišč v neposredni bližini strnjene gozda. Take skupine se postopoma zgostijo, strnjen sestoj nastane z združitvijo več skupin.

O zdajšnjih procesih spreminjanja rabe tal in zaraščanju planinskih pašnikov ni mogoče sklepati le na podlagi primerjave prostorskih podatkov, ki bi jih prevzeli iz gozdnogospodarskih načrtov ali evidence dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Pri poročanju o površini gozdnih zemljišč v zadnjem desetletju so večje površinske razlike nastale tudi zaradi zahtev po natančnejšem razmejevanju v evidenci dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, zlasti tistih na območjih zaraščanja opuščenih kmetijskih zemljišč (ZGS 2011, Hladnik in Žižek Kulovec, 2012). Z razvojem novih tehnologij v sklopu geografskih informacijskih sistemov smo dobili nove možnosti v krajinskoekološkem raziskovanju, monitoringu naravnega okolja, prostorskem načrtovanju, posebno tudi v kmetijstvu in gozdarstvu na Slovenskem. Odločilno vlogo je mogoče pripisati zlasti razvoju digitalnih ortofotoposnetkov v projektu Cikličnega aerosnemanja Slovenije po letu 2006, ko je bila prvič uporabljena digitalna tehnologija aerosnemanja in izdelave ortofotoposnetkov. Za barvne ortofotoposnetke v vidnem in bližnjem infrardečem spektru so ocenili, da so povprečna srednja kvadratna odstopanja po

koordinatnih oseh manjša od 0,5 m (Prešeren, 2007). Večja kakovost visokoločljivih posnetkov z velikostjo slikovnih elementov 0,25 m, 0,5 in 1 m je sprva omogočila natančnejše delo pri vizualni interpretaciji, uporabljati pa smo jih začeli tudi v postopkih klasifikacije in obdelave digitalnih posnetkov.

V novem pristopu pri uporabi digitalnih ortofotoposnetkov smo uporabili izkušnje, ki izvirajo iz težav pri uporabi visokoločljivih satelitskih posnetkov. Z razvojem satelitskih sistemov, pri katerih se je prostorska ločljivost povečala iz nekaj 10 m velikega slikovnega elementa do metrske ločljivosti ob koncu prejšnjega tisočletja, se je izkazalo, da spektralna klasifikacija novih visokoločljivih posnetkov samodejno ne prinaša tudi podrobnejših rezultatov klasifikacije. Pikselsko naravnane metode za klasifikacijo visokoločljivih posnetkov niso bile učinkovite, zato so razvijali objektno usmerjene načine za obdelavo digitalnih posnetkov. Na Slovenskem so zgodovinski pregled prehoda s pikselske na objektno usmerjeno analizo satelitskih posnetkov podali Veljanovski s sod. (2011). Za objektno analizo so prikazali, da temelji na konceptih segmentacije, odkrivanja robov, prepoznavanja in razvrščanja objektov (klasifikacija), ki so se v obdelavi posnetkov daljinskega zaznavanja uporabljali že desetletja (Johansen s sod., 2011; cit. Veljanovski s sod., 2011). Tako sta združeni prednosti vizualne interpretacije posnetkov in pikselske klasifikacije, kjer je vsak piksel razvrščen na podlagi njegove spektralne vrednosti. V procesu segmentacije poteka razmejevanje posnetka v homogene segmente z združevanjem sosednjih pikslov s podobnimi vrednostmi na podlagi več meril homogenosti. Čeprav tako ustvarjeni segmenti še ne predstavljajo realnih objektov na posnetkih, temveč njihove dele, je razvoj novih tehnologij na področju daljinskega pridobivanja podatkov omogočil odkrivanje sprememb na ravni krajinskih gradnikov, gozdnih sestojev in ekotopov (prim. Ehlers s sod., 2003; Waser s sod., 2008, 2011), ki smo jih pred tem spremljali zlasti na podlagi vizualne interpretacije.

Čeprav vizualna interpretacija posnetkov še vedno prevladuje, so njene slabosti: pomanjkanje usposobljenih interpretatorjev, velika poraba časa

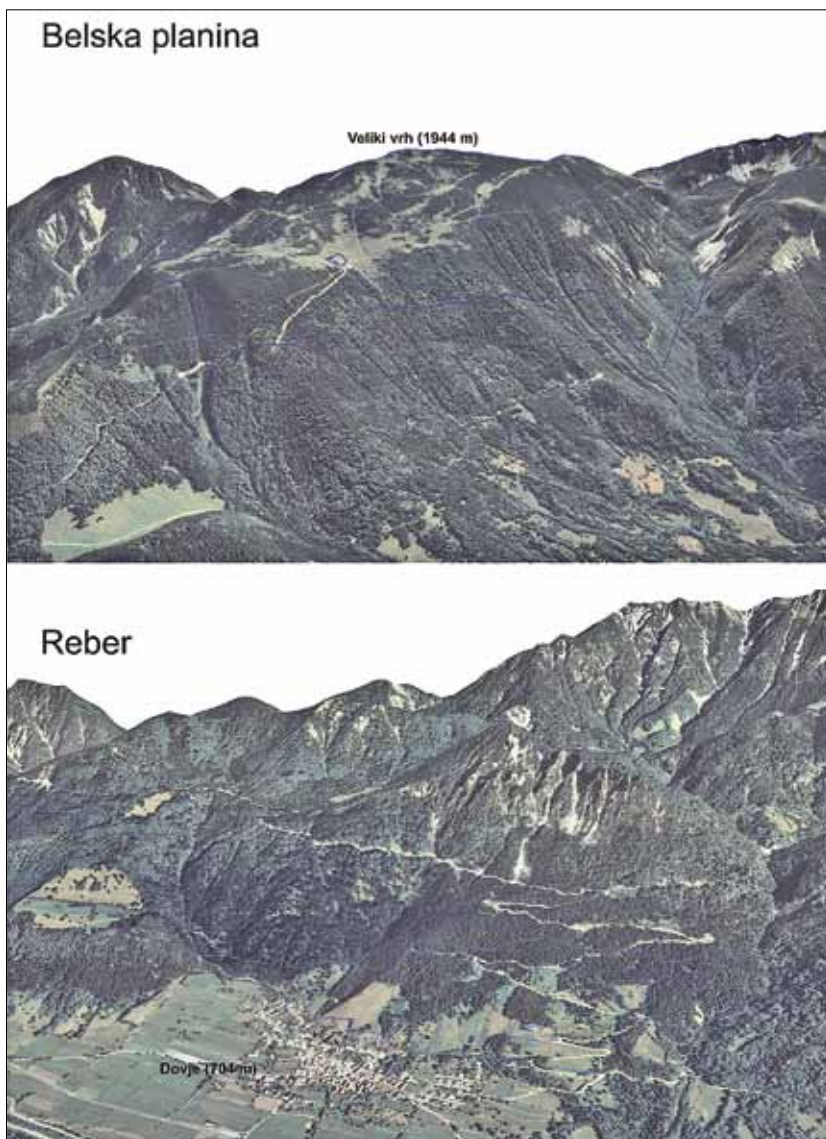
in stroški pri ročnem razmejevanju in zajemanju prostorskih podatkov ter delovnih metodah, ki so povezane z interpretacijo podatkov daljinskega zaznavanja (Opitz in Blundel, 2008). V sklopu objektno usmerjene analize digitalnih posnetkov je odločilna uporaba algoritmov induktivnega učenja, pri katerem uporabnik določa in izbira številne primere, ki bi jih rad izluščil iz posnetkov. Programsko orodje nato razvije model, ki vzporeja dane podatke o spektralnih in prostorskih značilnostih z objekti, ki jih želimo določiti oziroma razmejiti. V prispevku prikazujemo klasifikacijo

rabe tal in razmejevanje površinskih sprememb z objektno usmerjeno analizo v okolju geografskih informacijskih sistemov na dveh slovenskih planinah.

2 OPIS OBJEKTOV IN METODE DELA

2 OBJECT DESCRIPTION AND WORK METHODS

V raziskavi obravnavana objekta sta na območju Zahodnih Karavank. Belska planina je v vršnem grebenu Karavank nad naseljem Koroška Bela,



Slika 1: Trirazsežni sliki območja Belske planine in Rebra z označeno parcelno mejo (viri prostorskih podatkov: Ortofotoposnetki CAS 2006, DMV 12,5; Geodetska uprava RS).

Figure 1: 3D visualization of Belska Planina and Rebro areas with marked polygon boundary (sources of spatial data: orthophoto images CAS 2006, DMV 12.5; Geodetska uprava RS / Surveying and Mapping Authority of the RS/).



Slika 2: Tipičen prikaz širjenja ruševja na pašne površine. V ospredju manjši posamezni grmi, sledijo skupine grmov in v ozadju matični kompleks ruševja na planini (foto: Klemen Klinar, 2009).

Figure 2: Typical demonstration of dwarf pine spreading onto pasture area. In the front are smaller individual shrubs followed by groups of shrubs and in the back is parent complex of dwarf pine on the alpine pasture (photo: Klemen Klinar, 2009).

Reber pa leži v vznožnem delu Karavank severno od naselja Dovje.

Dejansko območje analize z geografskimi informacijskimi sistemi obsega del parcele št. 687/1, k.o. Koroška Bela, ki pokriva celotno območje planine. Parcela je velika 349,75 ha. (Javni vpogled v podatke ..., 2010), v študiji pa je obravnavano območje veliko 180,04 ha. Belska planina je kopast masiv z najvišjim Velikim vrhom (1944 m). Pašniki segajo od nadmorske višine okoli 1500 m do vrha. Na celotnem območju Belske planine se mozaično prepletata gorsko travinje in ruševje v združbi *Rhodothamno – Rhododendretum hirsuti* (subalpinsko grmišče dlakavega sleča in navadnega slečnika). Na planini je zastopana oblika z rušjem (*Pinus mugo*), ki navadno gradi gosto sklenjena grmišča (Gozdnogospodarski načrt ..., 1999). Belska planina je pašnik za govedo in konje kmetov iz naselij Koroška Bela in Javorniški Rovt. Na planini se je leta 1993 paslo 205 glav živine 64

dni (Planine in skupni pašniki v Sloveniji 1995), v letu 2008 pa le še 67 glav, a se je pašna sezona podaljšala na 97 dni (Alič, 2009). Manj živine na pašniku z enako površino posledično zmanjšuje obremenitev pašnih površin in povečuje možnost zaraščanja, saj živini v iskanju paše ni treba doseči najbolj oddaljenih in z ruševjem zaprtih delov pašnika.

V Agrarni skupnosti Koroška Bela se zavedajo problematike zaraščanja planine, vendar je vzdrževanje vseh pašnih površin glede na veliko fragmentacijo pašnika nemogoče. Zaraščanje planine poteka s širitvijo avtohtonega rastja brez prehodnih sukcesijskih faz. Posamezni novonastali grmi se širijo in zraščajo v skupine grmov, skupine grmov pa se naposled združijo z matičnim kompleksom ruševja, ki porašča območje.

Kmetje vsako leto organizirajo delovne akcije krčenja ruševja, vendar je delo osredotočeno na odstranjevanje novonastalih manjših grmov

znotraj večjih območij pašnika. Poleg tega krčijo ruševje na območjih pomembnejših prehodnih koridorjev med posameznimi enotami pašnikov (Alič, 2009).

Drugi objekt, pašnik Reber, leži na parceli št. 683/21, k.o. Dovje. Parcela je velika 47,87 ha (Javni vpogled v podatke ..., 2010). Geomorfološko gledano je to prisojno vznožno pobočje Borovja (1476 m). Pašniki obsegajo območje od 750 do 950 m. Na zaraščajočih pašnikih nad Dovjem je združba *Anemone trifoliae* – *Fagetum typicum* (alpski bukov gozd – osrednja oblika), vendar je spremenjenost gozdov na območju in okolici Rebra zelo velika, zato v drevesni sestavi prevladuje smreka. Čeprav ne izrecno za primer pašnika Reber, gozdnogospodarski načrt v opisu estetske funkcije gozdov navaja, da poleg gozdov krajinsko estetsko pozitivno vplivajo tudi planine, ki prekinjajo monotonijo gozdnih kompleksov, vendar ne toliko v zaraščajoči obliki kot redno vzdrževane planine (Gozdnogospodarski načrt ..., 2008). Ta navedba opozarja, da ohranjanje planinskih pašnikov ni pomembno samo s kmetijskega vidika, temveč tudi za ohranjanje estetike kulturne krajine alpskega sveta.

Pašnik Reber je del pašnih površin, s katerimi upravlja Agrarna skupnost Dovje Mojstrana. V preteklosti je bil pašnik namenjen poletni paši krav molznic, v zadnjem obdobju pa je postal le pašnik za pašo goveda in ovc pred odhodom in potem na višje planine, torej pašnik v poletju sameva (Klinar, 2009). Zato je pašnik podvržen hitremu prehodu v prvo sukcesijsko fazo s termofilnimi grmovnimi in pionirskimi drevesnimi vrstami. Agrarna skupnost Dovje na pašniku občasno krči grmovne zarasti. Po podatkih predsednika agrarne skupnosti (Klinar, 2009) krčenja potekajo vsako leto, vendar se zaradi hitrega obnavljanja grmovna zarast hitro ponovno razraste.

2.1 Segmentacija ortofot posnetkov

2.1 Segmentation of orthophoto images

Pri raziskavi je bilo uporabljenih več prostorskih podatkov, s katerimi sta bila analizirana raziskovalna objekta. Jedro prostorskih podatkov so bili ortofotoposnetki Cikličnega aerosnemanja Slovenije iz let 1995 in 2006. Uporabili

smo ortofoto posnetke območja Belske planine in pašnika Reber s prostorsko ločljivostjo 0,5 m. Posnetki za leto 1995 so pankromatski, za leto 2006 pa barvni v vidnem delu spektra. V letu 2006 so bili na Slovenskem prvič na voljo posnetki, izdelani na podlagi snemanja z digitalno aerosnemanalno kamero in novo tehnologijo digitalnega ortofota. Ob novih ortofotoposnetkih smo želeli preizkusiti tudi možnosti za segmentacijo starejših pankromatskih posnetkov, ki jih pogosto uporabljamo pri analizi časovne dinamike sprememb vegetacije. Med interpretacijo dostopnih ortofotoposnetkov in s kasnejšim terenskim delom smo preverili, da so zaraščajoče pašnike začeli sistematično krčiti v letu 2005, najbolj izrazito pa v septembru 2012 in poleti 2013. Ker bo obseg krčitev mogoče analizirati na podlagi pričakovanih posnetkov v letu 2014, smo se v tem prispevku omejili na analizo v prvem obdobju, ki je primerljivo z desetletnimi obdobji v gozdnogospodarskem načrtovanju.

Za analizo ortofotoposnetkov smo uporabili orodje Feature Analyst (Opitz in Blundel, 2008), ki deluje v okolju programa ArcGIS. Feature Analyst je orodje za avtomatizirano ločevanje različnih tipov rabe tal v slikovnih prikazih prostorskih podatkov, pri čemer pa ne gre za nenadzorovano klasifikacijo, temveč je klasifikacija lahko natančno opredeljena in pogojena s strani uporabnika (Feature Analyst 4.2 ..., 2008).

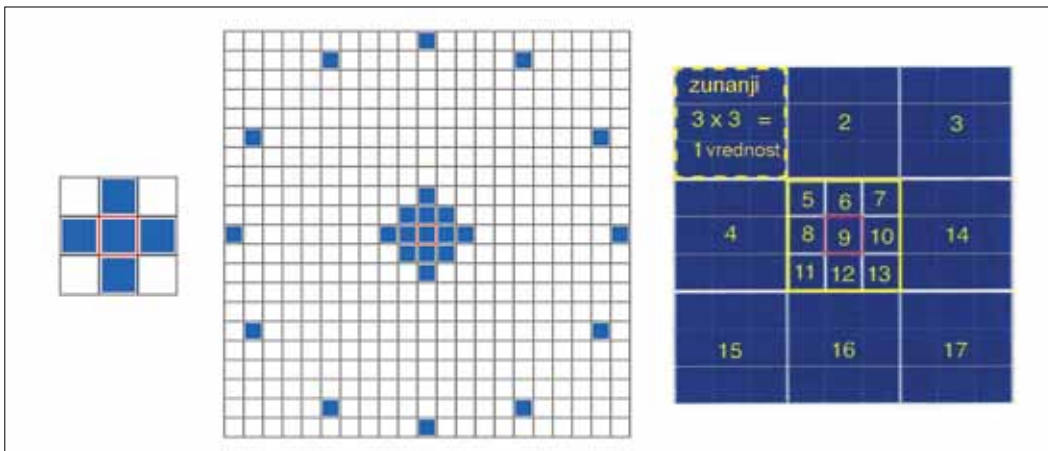
1. korak: določitev vzorčnih ploskev

Pri ugotavljanju zaraščanja pašnikov so ključnega pomena vzorčne ploskve, zajete na površini pašnika in na zaraščajočih oziroma izkrčenih površinah v določenem časovnem obdobju. Za določitev pašnih površin je bila oblikovana vektorska datoteka z vzorčnimi ploskvami na pašnih površinah v obliki poligonov. Za čim boljše vhodno informacijo o spektralnem odboju

Preglednica 1: Število digitaliziranih vzorčnih poligonov na raziskovalnih objektih.

Table 1: Number of digitalized sample polygons on research objects.

	Leto 1995	Leto 2006
Belska planina	195	181
Reber	82	44



Slika 3: Primeri operatorjev za odkrivanje prostorskih vzorcev in objektov (zaplat vegetacije, koridorjev, posameznih dreves ali grmov) z upoštevanjem velike prostorske ločljivosti na območju osrednjega piksla in kontekstualne prostorske informacije z naraščanjem oddaljenosti od središča učnega algoritma (Prirejeno po Feature Analyst 4.2 ... , 2008).

Figure 3: Examples of operators for detecting spatial samples and objects (vegetation patches, corridors, individual trees or shrubs) taking into account high spatial resolution on the area of the central pixel and contextual spatial information with increasing distance from the learning algorithm (adapted after Feature Analyst 4.2 ... , 2008).

pašnika poligoni vzorčnih površin pokrivajo vse tipe pašnika (kamnit pašnik, suh pašnik, normalen pašnik in nepašen pašnik). Preglednica 1 prikazuje število vzorčnih ploskev na pašnikih.

pleksnejših oblik in prostorske razmestitve (Slika 3).

- Določimo masko – območje, znotraj katerega bodo analizirani piksli izbranega ortofotoposnetka.

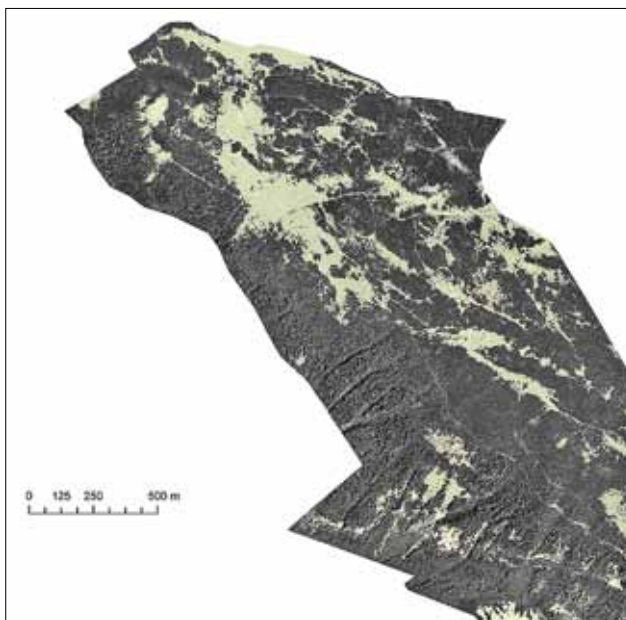
2. korak: glavno izločanje pašnih površin

Na podlagi vzorčnih ploskev v nastavitvah za klasifikacijo določimo:

- glavni tip analize, v našem primeru naravno pokrovnost tal,
- prostorsko ločljivost.

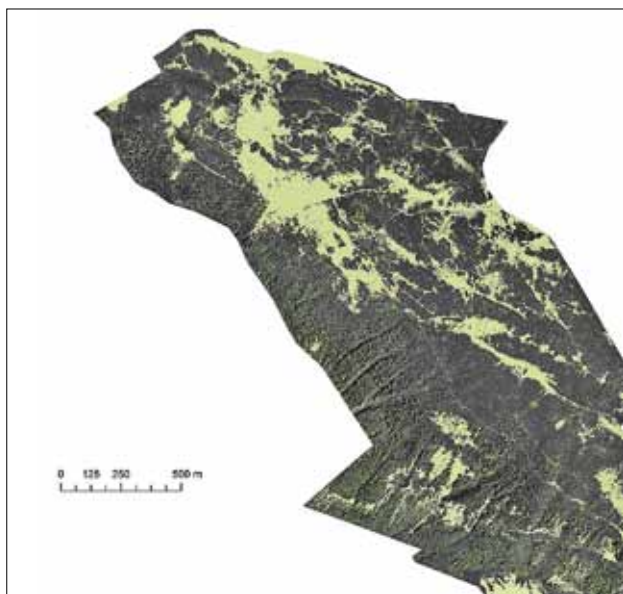
Natančnejše določanje nastavitvev obsega naslednje korake:

- Določimo vzorec operatorja, ki na podlagi vzorčnih ploskev zbere podatke o značilnem spektralnem odboju iskanega razreda. Program nato vsak piksel primerja s spektralnimi vrednostmi sosednjih pikslov v vzorcu izbranega operatorja in tako določi, v kateri razred oziroma rabo tal bo uvrščen. Osrednji piksel primerjamo s sosedji, najmanj s štirimi v oknu velikosti 3 x 3 piksle in več desetimi ali stotino v oknih, ki določajo prostorske vzorce kom-



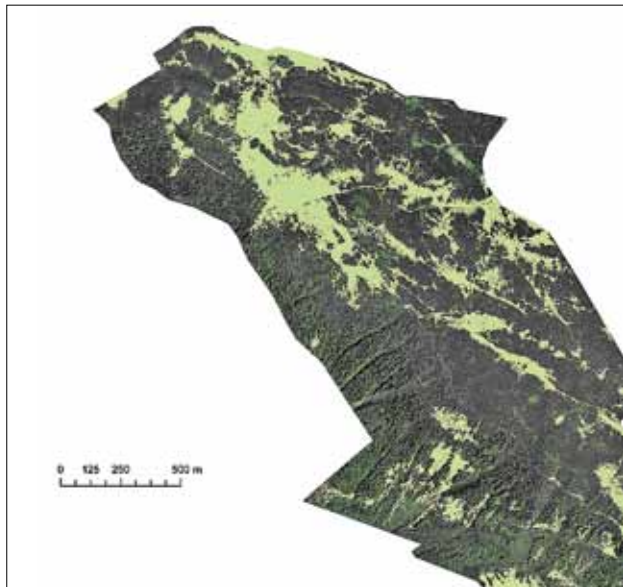
Slika 4: Rezultat prvega koraka razmejevanja na primeru Belske planine leta 1995.

Figure 4: Result of the first step of delineation on the example of Belska Planina in 1995.



Slika 5: Rezultat postopka razmejevanja z zmanjšanim pragom najmanjše površine na primeru Belske planine leta 1995. Dodatno razmejene površine pašnika so označene z zeleno barvo.

Figure 5: Result of delineation process with reduced threshold of minimal area on the example of Belska Planina in 1995. Additionally delineated pasture areas are marked with green color.



Slika 6: Rezultat postprocesiranja z določanjem v osnovnem postopku napačno razvrščenih površin na primeru Belske planine leta 1995. Dodatno razmejene površine pašnika so obarvane živo zeleno.

Figure 6: Result of post-processing with determination of areas, wrongly classified in the first procedure, on the example of Belska Planina in 1995. Additionally delineated pasture areas are marked with vivid green color.

- Določimo najmanjšo površino izločene površine. Za izločitev osnovnih površin pašnikov smo najprej določili višji minimalni površinski prag, to je 1600 pikselov, kar pri 0,5-metrski ločljivosti znaša 400 m².

3. korak: glavno izločanje pašnikov z manjšanjem najmanjše razmejene površine

Ker je namen raziskave prikazati tudi najmanjše spremembe rabe tal, smo določili najmanjšo površino 16 pikselov, kar pomeni 4 m².

4. korak: postprocesiranje – dopolnjevanje rezultatov

Po navadi prvi rezultati razmejevanja še ne pokažejo zadovoljivih rezultatov, zato je treba rezultate dopolniti. Feature Analyst omogoča, da rezultate analize dopolnimo tako, da izločimo preveč določene površine ali dodamo premalo določene. To storimo tako, da:

- določimo nove vzorčne površine, ki naj bi sodile v kategorijo pašnik, pa jih glavne analize niso pripisale tej kategoriji, ali
- določimo nove vzorčne površine, ki so jih glavne analize uvrstile v kategorijo pašnik, a ne sodijo tja.

Prednost zadnjega koraka je, da program površine pašnika, ki so bile določene v prejšnjih korakih, ne obravnava ponovno in tako ne poslabša že pridobljenih dobrih rezultatov.

5. korak: primerjava pašnih površin med letoma 1995 in 2006

Po oblikovanju karte pašnih površin za raziskovana objekta v obeh časovnih obdobjih sta sledila primerjava in ugotavljanje sprememb rabe tal med letoma 1995 in 2006. Karti pašnih površin za obe leti sta bili združeni v eno, kjer je vsak poligon privzel eno od štirih možnih kombinacij, ki jih prikazuje preglednica 2.

Preglednica 2: Pregled kombinacij na karti primerjave pašnih površin med letoma 1995 in 2006.

Table 2: Overview over combinations on the map of pasture areas comparison between the years 1995 and 2006

		Leto 1995	
		1 – pašnik	0 – gozd/grmovje
Leto 2006	1 – pašnik	1 pašnik brez sprememb	2 krčitev gozda/grmovja
	0 – gozd/grmovje	3 zaraščanje pašnika	4 gozd/grmovje brez sprememb

2.2 Ocenjevanje natančnosti razmejevanja

2.2 Estimation of delineation accuracy

Za oceno natančnosti razmejevanja pašnika je bila opravljena kontrola s pomočjo sistematične mreže kontrolnih točk. Na območju Belske planine je bila na podlagi koordinatnega sistema postavljena mreža za točk 50 × 100 m, na območju Rebra pa 50 × 50 m. Za piksele, na katere je padla kontrolna točka, je bila opravljena primerjava med vizualno ocenjeno in z analizo ugotovljeno spremembo rabe tal. Delež pravilno določenih sprememb s programom Feature Analyst v primerjavi z vizualno oceno je podal zanesljivost določanja sprememb rabe tal.

Pri delu z ortofotoposnetki je nastalo nekaj metodoloških težav. Predvsem na območju Belske planine je bila zaznana položajna neskladnost ortofotoposnetkov iz obeh obravnavanih obdobj. Nezanemarljiv vir nenatančnega razmejevanja so tudi sence, ki pri rušju niso povzročale težav, pri določanju rabe tal na Rebru pa so težavo pov-

zročale sence na severozahodni strani gozdnih površin ali posameznih dreves. Zaradi specifičnega spektralnega odboja zasenčenih površin, ki je bolj podoben spektralnemu odboju iglavcev kot pašnih površin, so bile pri razmejevanju s programom Feature Analyst sence priključene gozdu.

3 REZULTATI

3 RESULTS

3.1 Površinske spremembe 1995–2006

3.1 Area changes 1995–2006

Na podlagi razmejevanja pašnika na ortofotoposnetkih iz let 1995 in 2006 so bile izdelane karte pašnih površin. Za Belsko planino je značilna velika fragmentacija pašnih površin. Le-te so med seboj povezane z bolj ali manj ozkimi koridorji med ruševjem, katerih ohranjanje je ključnega pomena za vzdrževanje odprtosti pašnika za živino. Če primerjamo samo skupne površine pašnikov in ruševja, ki smo jih ugotovili s klasifikacijo, se izkaže, da se je glede na površino pašnika iz leta 1995 njegova površina v letu 2006 zmanjšala za 5,82 ha, kar je 9,7 % pašnih površin.

Ko karti rabe tal za obe leti prekrijemo, ugotovimo, da ni nastalo zgolj povečanje površine ruševja, temveč je dejansko absolutno povečanje ruševja večje, saj se je zaraslo 19,6 % pašnika iz leta 1995. Vendar pa se na določenih površinah ponovno pojavi pašnik, čeprav je bilo v letu 1995 tam ugotovljeno ruševje. Tovrstna sprememba nakazuje na krčitve ruševja, ki jih izvajajo kmetje. Krčitve na robovih zaplat ruševja so bile določene, čeprav je na razmejevanje vplivala tudi položajna neskladnost starejših posnetkov. Zaradi majhnih višin ruševja (< 5 m) položajna neskladnost ni

Preglednica 3: Pregled površin pašnika in ruševja oz. gozda ali grmovja na Belski planini in Rebru v letih 1995 in 2006.

Table 3: Overview over areas of pasture and dwarf pine or, respectively, forest or shrubs on Belska Planina and Rebro in the years 1995 and 2006.

	Belska planina		Reber	
	Pašnik	Ruševje	Pašnik	Gozd/grmovje
	ha	ha	ha	ha
1995	60,26	119,78	18,88	28,99
2006	54,44	125,60	15,14	125,60
Razlika	-5,82	+5,82	-3,74	+3,74

Preglednica 4: Površine sprememb rabe tal na Belski planini v obdobju od 1995 do 2006.

Table 4: Areas of land use changes on Belska Planina in the period 1995-2006.

Tip spremembe rabe tal	Pašnik brez sprememb	Krčitev ruševja/ grmovja ali gozda	Zaraščanje pašnika	Ruševje/ gozd ali grmovje brez sprememb
Belska planina (ha)	48,45	5,99	11,81	113,79
Reber (ha)	13,62	1,52	5,26	27,47

vplivala na natančnost odkrivanja sprememb v taki meri kot na primer na robovih gozdnih zaplat, kjer drevje doseže tudi več kot 30 metrov višine. Krčitve so zajemale 50,7 % zaraščenih površin, kar pomeni, da kmetom z vsakoletnimi delovnimi akcijami uspe izkrčiti polovico površin, ki jih sicer izgubijo z zaraščanjem.

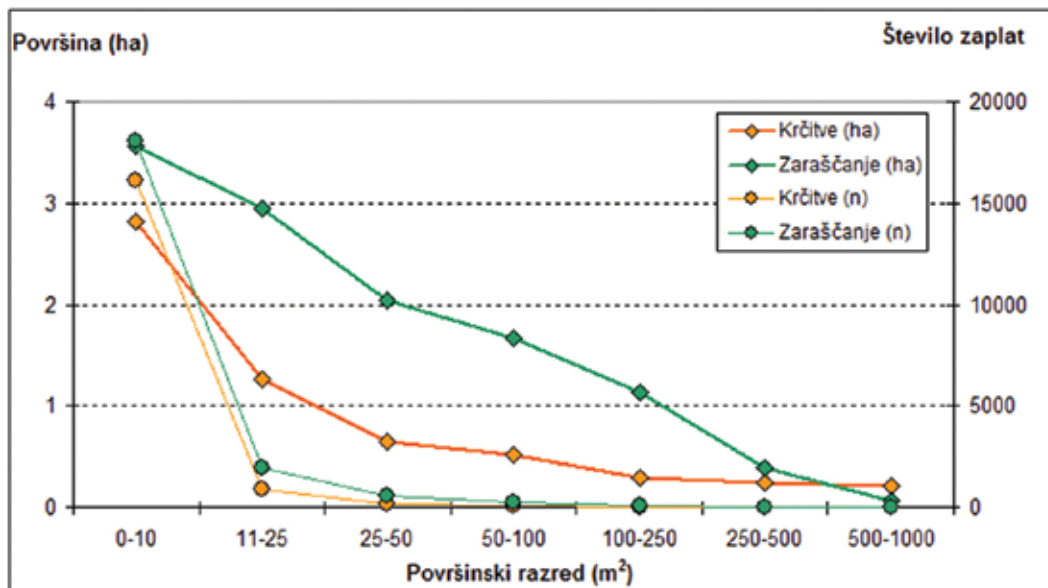
Število poligonov krčitev in zaraščanja je največje v površinskem razredu do 10 m², nato se njihovo število po velikostnih razredih manjša. Lahko ugotovimo, da je s tovrstno analizo mogoče prikazati zelo majhne spremembe, ki jih s klasično metodo vizualnega razmejevanja ni mogoče doseči ali pa je delo dolgotrajno.

Največje površine krčitev in zaraščanja so velike do 1000 m². Zaraščene površine so na robu površin ruševja enakomerno razporejene po celotni planini. Gre za pas razširjenih grmov,

skupin grmov rušja ali matičnega sestoja ruševja. Ob vizualni oceni je ta pas širok 2–3 piksle, kar je v naravi 0,75–1,50 m.

Zaradi problematike zasenčenih površin so za pašnik na Rebru prikazane le glavne ugotovitve. Spremembe v rabi tal so na Rebru zaradi drugačne strukture drevesnega in grmovnega rastja, ki je posledica ugodnejših podnebnih razmer v nižji nadmorski višini, očitnejše in površinsko večje. Ob primerjavi kart rabe tal iz vzorčnih let so zaraščene površine izrazito širše na zahodni strani, kar je posledica senc dreves in gozda. Na 47,87 ha površine, kolikor je velik raziskovalni objekt, se je površina pašnika zmanjšala za 3,74 ha, kar pomeni, da se je v obdobju od 1995 do 2006 zmanjšala za 19,8 %.

Dejanske spremembe, ki so bile ugotovljene s klasifikacijo rabe tal, so prikazane v preglednici 4



Slika 7: Površine in število poligonov posameznih prostorskih sprememb na Belski planini v obdobju od 1995 do 2006.

Figure 7: Areas and number of polygons of individual spatial changes on Belska Planina in the period 1995-2006.



Slika 8: Prepletanje pašnika in ruševja na Belski planini (foto: Klemen Klinar, 2009).

Figure 8: Intertwining of pasture and dwarf pine on Belska Planina (photo: Klemen Klinar, 2009).

in kažejo, da je bilo dejansko zaraščanje še obsežnejše in je zmanjšalo pašnik za 27,9 %, vendar so tako velik obseg zaraščanja ublažili s krčitvami, ki so obsegale 28,9 % zaraščenih površin. Tudi na Rebru je struktura površin, kjer so dejansko nastale spremembe, takšna, da je največ poligonov v velikostnem razredu do 10 m², njihovo število pa se nato zmanjšuje. Zaraščanje je bilo zaznано na relativno velikih strnjениh površinah, vendar gre v vseh primerih za večanje krošenj dreves, razraščanje grmovja, združevanje posameznih dreves ali grmov v skupine in v največji meri širjenje strnjениh gozdnih površin na pašnik. Problematične so zasenčene površine, ki na zahodnih in severozahodnih straneh dreves in gozdnih površin izkazujejo pretirano zaraščanje. Kljub temu je ob vizualni primerjavi ortofotoposnetkov očitno, da se grmovno in drevesno rastje zgoščata in raba tal iz mozaične sestave gozd – pašnik prehaja v gozd.

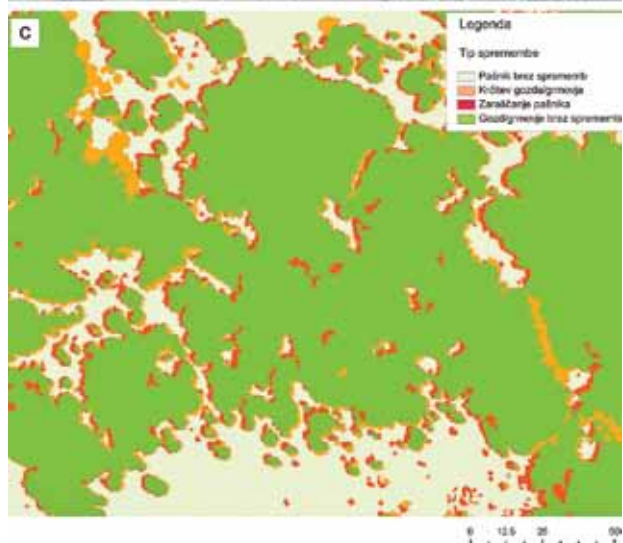
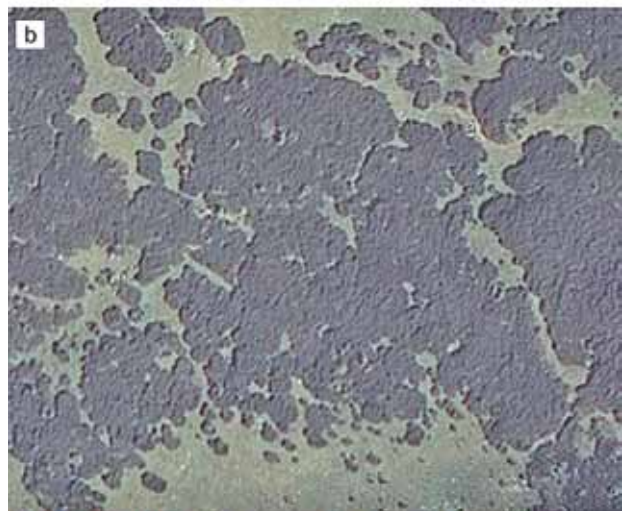
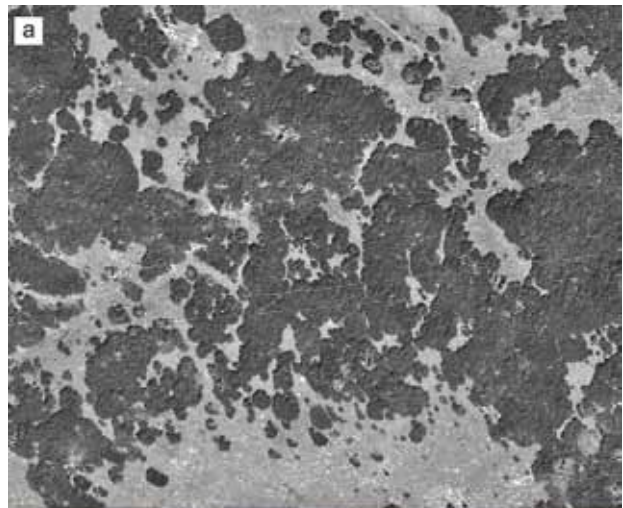
Na celotnem pašniku je bilo ob vizualnem

pregledu ortofotoposnetkov ugotovljeno izrazito preraščanje pašnika s praprotnjo, česar še ne moremo označiti kot zaraščanje, vendar kljub temu to pomeni poslabševanje pašnih razmer in estetike območja. V obliki podrobnih kart so prikazani tipični primeri spremembe rabe tale na Belski planini, kjer se na pašniške površine širi ruševje. Na območju posameznih grmov in manjših zaplat ruševja so se med letoma 1995 in 2006 grmi zraščali in tvorili večje enote ruševja, med seboj so zapirali tudi manjše enote pašnika, ki s tem niso več dosegljive za govedo.

V vzhodnem delu opazimo umetno ustvarjanje koridorja v ruševju, ki so ga izkrčili člani agrarne skupnosti. Tako so živini omogočili lažje prehajanje med pašnimi enotami. V severozahodnem delu slike so opazne večje površinske krčitve ruševja, da bi ohranili in povečali pašne površine na planini. S krčitvijo ruševja v koridorju je bil ponovno vzpostavljen prehod do pašnika, ki je bil fizično že

Slika 9: Primerjava ortofotoposnetkov dela Belske planine med letoma 1995 (a) in 2006 (b) ter pregled sprememb rabe tal v tem obdobju (c), primer zaraščanja in ustvarjanja prehodov med pašniki (vir: Ortofotoposnetki CAS 1995/2006, Geodetska uprava RS).

Figure 9: Comparison of orthophoto images of a part of Belska Planina between the years 1995 (a) and 2006 (b) and overview over land use changes in this period (c), an example of overgrowing and creating transitions between pastures (source: Orthophoto images CAS 1995/2006, Geodetska uprava RS /Surveying and Mapping Authority of the RS/).



ločen od matičnega pašnika, s čimer je bila pridobljena večja površina pašnika od dejansko izkrčene.

3.2 Ocena natančnosti razmejevanja in primerjava s podatki MKO

3.2 Estimation of delineation accuracy and comparison with MKO data

S klasifikacijo rabe tal in na njeni podlagi izdelano analizo prostorskih sprememb smo na Belski planini dosegli 97 % celotno natančnost. Največ napak se pojavi pri izkrčenih površinah in so posledica položajne neskladnosti ortofotoposnetkov. Nekaj napak se pojavi tudi pri določanju zaraščanih površin, ki nastanejo zaradi listavcev, ki imajo na barvnih ortofotoposnetkih spektralni odboj bližje travnikom kot iglavcem. Na Rebru smo z orodjem Feature Analyst dosegli 94 % celotno natančnost analize rabe tal in njenih sprememb. Največ napak se pojavi pri določanju zaraščanja, kjer je bilo na vzorčnih točkah ugotovljeno, da dejansko ni nastalo zaraščanje, temveč je bila površina, ki je bila leta 1995 še določena kot pašnik, v letu 2006 zaradi

daljših senc v zasenčenem pašniku. Z odpravo napak, ki jih navajamo kot najpogostejše, bi lahko dosegli boljšo natančnost rezultatov.

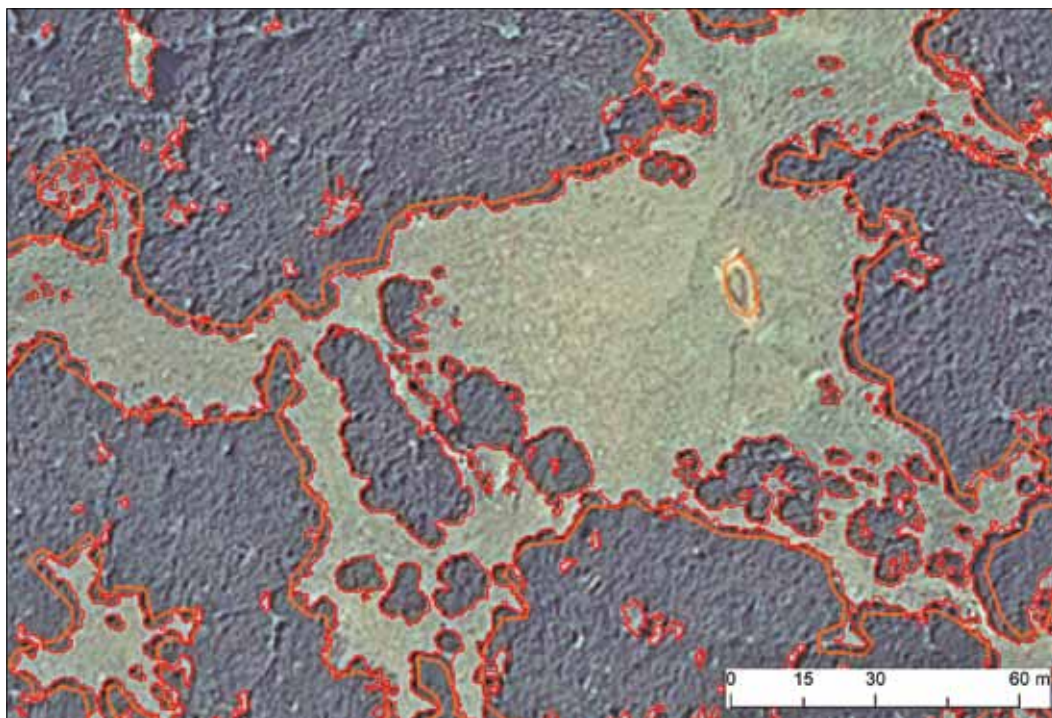
Pravilnik o evidenci dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč (2008) določa najmanjše površine, ki jih je treba razmejiti pri fotointerpretaciji ortofotoposnetkov. Prostorske podatke dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč ter podatke grafičnih enot rabe zemljišč kmetijskih gospodarstev (GERK) smo primerjali z rezultati analize te raziskave. Izkazalo se je, da so predvsem podatki o dejanski rabi kmetijskih in gozdnih zemljišč površinsko skladni z našo klasifikacijo, čeprav detajlna meja različnih rab tal ne dosegata takšne natančnosti; predvsem na Belski planini niso izločeni posamezni grmi ali skupine grmov rušja. Površina pašnikov v letu 2006, pridobljena z našo analizo, površine trajnih travnikov, ki jih označuje Evidenca

dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, in površine GERK-ov na planinah so prikazane v preglednici 5.

Preglednica 5: Primerjava površin GERK-ov, površin v Evidenci dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč in površin pašnika, določenega s klasifikacijo ortofoto posnetkov iz leta 2006 (vir: Portal MKO, 2010).

Table 5: Comparison of GERK areas, areas in the Register of actual use of agricultural and forest land and pasture area, defined through classification of orthophoto images of 2006 (source: MKO 2010).

	Površina (ha)		
	GERK (stanje 2010)	Raba tal MKO (stanje 2010)	Klasifikacija (ortofoto 2006)
Belska planina	60,78	58,23	54,44
Reber	11,30	12,38	15,14



Slika 10: Prikaz primerjave razmejitve pašnih površin, ki smo jo dosegli s programom Feature Analyst in razmejitve Evidence rabe tal kmetijskih in gozdnih površin MKO na Belski planini (vir prostorskih podatkov: Ortofotoposnetki CAS, 1995/2006, Geodetska uprava RS; Portal MKO, 2010).

Figure 10: Presentation of pasture areas delineation, obtained with the Feature Analyst program, and delineation from the Register of use of agricultural and forest land MKO on Belska Planina (source of spatial data: Orthophoto images CAS 1995/2006, Geodetska uprava RS / Surveying and Mapping Authority of the RS; MKO 2010).

4 RAZPRAVA IN SKLEPI

4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Spremembe rabe tal so proces v prostoru, ki ga v svojih delih z različnimi pristopi obravnava več avtorjev. V večini primerov gre za analizo večjih površinskih enot in daljših časovnih intervalov. Glavne spremembe rabe tal v slovenskem alpskem svetu proučuje Petek (2005) in ugotavlja, da na splošno kmetijska zemljišča v obdobju od 1900 do 2000 prehajajo v ekstenzivnejšo vrsto rabe tal. Zato so glavni procesi, ki zaznamujejo spremembe rabe tal v alpskem svetu, prehajanje njiv v travnine ter travnikov in pašnikov v gozd. In ravno slednji proces obravnavamo v tej razpravi. Raziskovalci ugotavljajo zlasti površinske spremembe in o procesih presoajo na podlagi sprememb površinskih deležev, v našem delu pa smo odkrili prostorske procese zaraščanja in vzdrževanja pašnikov z njihovimi vzročnimi značilnostmi. Ker smo želeli zaznati aktualne značilnosti prostorskih sprememb, je bilo raziskovalno obdobje za proces zaraščanja relativno kratko, in sicer obdobje enajstih let. Zaradi tako kratkega obdobja se je bilo pri izločanju samostojnih enot rabe tal za ugotovitev sprememb treba spustiti na raven posameznih grmov oziroma dreves s površino več kot 4 m².

Na Belski planini, ki leži na nadmorski višini od 1500 do 1900 m in kot prevladujoča zaraščajoča vrsta prevladuje rušje, je bilo leta 1995 na 60,26 ha pašnih površin v enajstletnem obdobju ugotovljenih 11,81 ha zaraščenih površin in 5,99 ha izkrčenih. Zaraščene površine so enakomerno razporejene po celotni površini pašnika in se pojavljajo v obliki novonastalih grmov ali pasov razširjenih grmov, skupin grmov rušja oziroma matičnega sestoja ruševja. Opazen je proces združevanja ruševja v večje enote – posamezni grmi se zraščajo v skupine grmov, le-te pa se naposled zrastejo z matično površino ruševja. Glede na ugotovitve Rozmana (2008), da so bili povprečni letni prirastki terminalnih poganjkov rušja na zgornji gozdni meji od 4,94 do 8,94 cm, je v obdobju enajstih let pričakovana rast grmov od 54 do 98 cm. Pri tem je treba upoštevati, da Rozman (2008) obravnava rušje na zgornji gozdni meji, kjer je

bil najnižji raziskovalni objekt na nadmorski višini 1790 m, torej lahko upravičeno pričakujemo tudi večje prirastke.

Izkrčene površine so antropogenega nastanka, zato so prostorsko razporejene na bolj strnjenih površinah. Ob pregledu teh površin se izkažejo trije značilni tipi krčitev:

Krčitev posameznih grmov, ki so na večjih enotah pašnika

S tem je doseženo ohranjanje celovitosti pašnih površin. Odstranjevanje posameznih grmov je smotrno tudi zato, ker zaradi boljših svetlobnih razmer rušje v obliki posameznih grmov raste hitreje kot v sestojni obliki ruševja (Rozman, 2008).

Krčitev skupin grmov na robu večjih enot pašnikov

Ta tip krčitev pomeni pridobivanje novih pašnih površin na večjih površinah. Je neke vrste kompenzacija za izgubo pašnika na enem mestu v obliki odstranjevanja večjih skupin ruševja ali celo posega v njegov matični sklop.

Krčitev koridorjev med enotami pašnika po celotnem območju planine

Ta vrsta krčitev ni namenjena neposrednemu pridobivanju pašnih površin, temveč se z njo posredno ohranja površine pašnikov, ki so s koridorji povezane z osrednjimi pašniki planine. Ko namreč ruševje zaraste prehod do pašne površine, je ta kljub nezaraščenosti zaradi nezmožnosti dostopa za živino izgubljena.

Na Rebru, ki leži na nadmorski višini od 750 do 950 m in v zaraščanju prevladujejo termofilne grmovne vrste in smreka, je bilo na 18,88 ha pašnikov iz leta 1995 do leta 2006 zaraščenih 5,26 ha in izkrčenih 1,52 ha. Zaraščanje poteka v obliki razraščanja grmovja in posameznih dreves. Na območju mozaične sestave vedno večji delež pridobiva drevesno rastje, ki naposled preide v sklenjen gozd. Ob primerjavi kart pašnih površin iz let 1995 in 2006 so krčitve razvidne v obliki odstranjevanja posameznih dreves in grmov, evidentirana je ena večja krčitev gozda za pridobitev novih pašnih površin v obsegu 0,13 ha.

Če primerjamo oba raziskovana objekta, lahko ugotovimo, da je dinamika zaraščanja na Rebru hitrejša. Reber zaznamujejo ugodnejše naravogeografske razmere z daljšo vegetacijsko

dobro, poleg tega pa je zaraščanje hitrejše zaradi krajše pašne sezone. V obdobju od 1995 do 2006 se je tako zaraslo 27,9 % pašnika, na Belski planini pa 19,6 %. Tako velik delež deloma upočasnjujejo krčitve kmetov, saj se je delež pašnika ob upoštevanju izkrčenih površin na Belski planini dejansko zmanjšal za 9,7 % in na Rebru za 19,8 %. Zaradi hitrejšega zaraščanja je obvladovanje tega procesa na Rebru zahtevnejše in manj uspešno. O tem pričajo podatki, da je kmetom na Belski planini v obravnavanem obdobju uspelo očistiti površino, primerljivo s 50,7 %, na Rebru pa le 28,9 % zaraščene površine. Če torej upoštevamo končno bilanco zaraščenih in izkrčenih površin na obeh pašnikih, ugotovimo, da bo zaraščanje tudi v prihodnosti ob takšni dinamiki preprečevanja zaraščanja hitrejše na Rebru.

Rezultate klasifikacije rabe tal smo primerjali z evidencami Ministrstva za kmetijstvo in okolje RS. Ugotovitve kažejo, da je ob splošni primerjavi razmejitev pašnih površin prostorsko skladna. Ob natančnem pregledu obeh podatkov se šele izkaže, da je v podrobni razmejitvi precej razlik, saj je razmejitev evidence MKO zelo posplošena. Rezultati nakazujejo, da se planinski pašniki zaraščajo z relativno visoko dinamiko kljub dejstvu, da njihovi upravljavci na njih opravljajo krčitve. Ohranitev planinskih pašnikov, katerih pomen še zdaleč ni več samo kmetijski, temveč so planine pomembne tudi z vidika estetike kulturne krajine in ohranjanja biotske pestrosti, bo v prihodnosti zato izziv ne samo za kmete, temveč tudi naravovarstvenike, turistične delavce in druge zainteresirane v prostoru.

Sklepanje o procesih in dinamiki zaraščanja pašnikov je učinkovito, če poleg sprememb površinskih deležev posameznih skupin vegetacije upoštevamo spremembe krajinske zgradbe oziroma na ravni posameznih območij prostorske kazalce, ki jih izpeljemo iz velikosti, oblike in številčnosti zaplat rabe prostora (Pirnat in Kobler, 2012). Namesto običajne vizualne interpretacije ortofotoposnetkov smo uporabili objektno usmerjeno analizo digitalnih ortofotoposnetkov in jo prilagodili analizi zaraščanja planinskih pašnikov. Ob odkrivanju sprememb z objektno analizo smo vzorcem pripisovali njihov tematski pomen, kar po oceni Veljanovske s sod. (2011)

znatno olajša interpretacijo časovnih primerjav. Ocenjeno je bilo, da je tak način ločevanja vsebine posnetkov na objekte soroden človekovi konceptualni shemi razumevanja okolja. Delo in izvedba posameznih postopkov sta usmerjena v reševanje težav, pri katerih lahko poudarimo ali zanemarimo določene lastnosti objektov, njihove medsebojne razlike in oblikujemo generalizirane rezultate, ki upoštevajo tudi na primer tipično ali najmanjšo velikost pojavljanja objektov v naravi (Veljanovski s sod. (2011).

Z uporabo ortofotoposnetkov iz dveh časovnih obdobjev smo nakazali tudi nekaj omejitev pri uporabi objektne usmerjene analize posnetkov, ki bodo manj odločilni z razvojem tehnologije digitalnih letalskih posnetkov in morebitno dostopnostjo popolnega ortofota tudi na Slovenskem. Nanj so opozorili že v oceni stanja in kakovosti topografskih podatkov v Sloveniji (Petrovič s sod., 2011). Po novejših predstavitvah posameznih primerov uporabe (npr. Ritlop, 2012) ga verjetno lahko pričakujemo v naslednjem obdobju cikličnega aerosnemanja in zlasti lidarskega snemanja, ki naj bi tudi v slovenskih gozdovih zagotovil sprejemljivo kakovost modela reliefa. Popolni ortofoto je izdelan v nadgrajenem procesu ortorektifikacije letalskih posnetkov z algoritmi za iskanje in zapolnitev zakritih območij, tako da so objekti nad terenom preslikani na pravo mesto, v procesu mozaičenja pa je zakritim območjem določena tudi nova radiometrična vrednost. Za gozdarstvo bo poseben izziv razvoj novih metod za analizo prostorskih sprememb na gozdnih robovih in v zgradbi gozdnih sestojev, kjer pričakujemo večjo radiometrično konsistentnost zaporednih letalskih posnetkov, s tehnologijo popolnega ortofota pa tudi večjo sledljivost objektov, ki jih določamo v objektno usmerjeni analizi posnetkov. Na žalost doslej še nismo dočakali lidarskega snemanja celotne Slovenije. Obeti iz leta 2014 pa kažejo, da za celoten gozdni prostor ne bomo pridobili kakovostnejšega digitalnega modela reliefa, ki bi omogočil večjo zanesljivost pri razmejevanju in odkrivanju sprememb na robovih gozdnih zaplat in krajinskih gradnikov.

5 SUMMARY

A large part of agricultural land in Slovenia has been overgrown by forest. Though alpine pastures were decaying already during the World War I and after it, but their decay intensified after World War II, when village communities' ownership was altered into newly formed agricultural cooperatives' management. Until 1993, almost a half of former alpine pastures were abandoned. Processes of land use changes, taking place in the recent years, are weaker and not detectable to such an extent as the ones in the past, through longer study periods (Petek, 2005). Conclusions about the today's processes of land use changes and alpine pastures overgrowing cannot be drawn only from the comparison of spatial data we would take from forest management plans or from Register of actual use of agricultural and forest land. After 2006, when digital technology of aerial survey and production of orthophoto was used for the first time in the project of Cyclical Aerial Survey of Slovenia, we have, in the new approach to the use of digital orthophoto images, been applying experiences originating in solving problems concerning high resolution satellite images. In this article we present classification of land use and area changes delineation with object-based image analysis in GIS environment on the example of two Slovenian alpine pasture mountains in Western Karavanks (Figure 1).

Orthophoto images from Cyclical Aerial Survey of Slovenia of 1995 and 2006 formed the core of spatial data in our research. We used orthophoto images of the Belska Planina and Rebro area with spatial resolution 0.5 m. Images for the year 1995 are panchromatic and the ones for the year 2006 are in colors from the visible part of the spectrum. For analyzing orthophoto images we applied Feature Analyst tool (Opitz and Blundel, 2008), working in the ArcGIS program environment. Instead of the usual visual interpretation of orthophoto images we used object-based analysis of digital orthophoto images and adapted it to the analysis of alpine pastures overgrowth. Detecting changes with object-based image analysis, we attributed thematic meaning to the samples; work and car-

rying out of individual procedures were focused on solving classification problems, where we can emphasize or neglect certain object features and their differences and form general results, taking into account also, for example, typical or smallest size in which objects occur in nature.

Through land use classification and spatial changes analysis made on its basis we achieved an overall accuracy of 97% on Belska Planina. The most errors occur with deforested areas and originate in position inconsistency of orthophoto images. Using the Feature Analyst tool we achieved an overall accuracy of 94% of land use and its changes analysis on Rebro. Comparison of only overall areas of pastures and dwarf pine, gotten with classification, shows that pasture area on Belska Planina of 1995 decreased for 5.82 ha (9.7% of pasture area) until the year 2006 and the one on Rebro for 3.74 ha or, respectively, 19.8% (Table 3).

On Belska Planina, situated on an altitude of 1500-1900 m, where dwarf pine represents the prevailing overgrowing species, from 60.26 ha pasture areas in 1995, an 11-years period showed 11.81 ha of overgrown and 5.99 ha of cleared areas (Table 4) were found. Overgrown areas are evenly distributed over the entire pasture area and occur in the form of newly grown shrubs or belts of extended shrubs, groups of dwarf pine shrubs or parent dwarf pine stand. Process of uniting dwarf pine into larger units can be observed – individual shrubs form groups and these finally unite with the parental dwarf pine area. Polygons of size up to 10 m² prevail in the structure of areas on Rebro, where changes actually took place. Overgrowth was detected on relatively large compact areas, but in all cases enlargement of tree crowns, spreading of shrubs, combining of individual trees or shrubs in groups and, above all, expansion of compact tree areas into pastures.

Overgrowth dynamics on Rebro is faster. Rebro is characterized by more favorable natural geographic conditions with a longer vegetation period and overgrowing is additionally faster due to a shorter pasture season. In the period 1995-2006 overgrowth amounted to 27.9% of pasture, while on Belska Planina it amounted to 19.6%. This high share of overgrowth is

partly decelerated by clearing by farmers, since in the studied period on Belska Planina they managed to clear an area, comparable to 50.7% of newly overgrown areas, and on Rebru they cleared only 28.9% of areas they otherwise loose to overgrowth on the remaining part of the pasture (Table 4).

A high fragmentation of pasture areas is characteristic for Belska Planina. These fragments are connected with more or less narrow corridors, whose conservation is of crucial importance for maintaining the pasture open for livestock. Such corridors are efficiently delineated by object-based image analysis, although shadows of dwarf pine affect accuracy of delineation and determination of corridors. In the next period of cyclical aerial survey and, above all, lidar remote sensing reduction of such limitations due to technology of true orthophoto can be expected. We expect a higher radiometric consistency of multitemporal aerial images and, with the technology of true orthophoto, also a higher traceability of objects we determine in object-based analysis of images.

6 LITERATURA

6 REFERENCES

- Alič, U., 2009. Belska planina. Koroška Bela, Agrarna skupnost Koroška Bela (osebni vir)
- Diaci, J., 1994. Razvojna dogajanja v gozdnem rezervatu Mozirska Požganija v četrtem desetletju po požaru. Zbornik gozdarstva in lesarstva 45, 5–54.
- Didier, L., 2001. Invasion patterns of European larch and Swiss stone pine in subalpine pastures in the French Alps. *Forest Ecology and Management* 145, 67–77.
- Ehlers, M., Gaehler, M., Janowsky, R., 2003. Automated analysis of ultra high resolution remote sensing data for biotope mapping: new possibilities and challenges. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 57, 315–326.
- Feature Analyst 4.2 for ArcGIS Reference Manual. 2008. Missoula (Montana, USA), Visual Learning Systems, 354 s.
- Gellrich, M., Baur, P., Koch, B., Zimmermann, N. E., 2007. Agricultural land abandonment and natural forest re-growth in the Swiss mountains: A spatially explicit economic analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118, 93–108.
- Geodetska uprava RS. Prostorški podatki Digitalni model višin DMV12,5; Digitalni model višin DMV25; Ortofoto posnetki CAS 1995, 2006.
- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Jesenice 2008–2017. 2008. Bled, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Bled, 145 s.
- Hladnik, D., Žižek Kulovec, L., 2012. Ocenjevanje gozdnatosti v osnovi gozdne inventure na Slovenskem. Zbornik gozdarstva in lesarstva 97, 31–42.
- Javni vpogled v podatke o nepremičninah. Geodetska uprava Republike Slovenije. URL: <http://prostor3.gov.si/javni> (julij 2010)
- Kladnik, D., 1999. Leksikon geografije podeželja. Ljubljana, Inštitut za geografijo, 318 s.
- Klinar, M., 2009. »Pašnik Reber«. Dovje, Agrarna skupnost Dovje Mojstrana (osebni vir)
- Lovrenčak, F., 1977. Zgornja gozdna meja v Kamniških Alpah v geografski luči. *Geografski zbornik* 16, 5–150.
- MKO Portal. Ministrstvo za kmetijstvo in okolje. URL: <http://rkg.gov.si/GERK> (julij 2010)
- Petek, F., 2005. Spremembe rabe tal v slovenskem alpskem svetu. Ljubljana, Založba ZRC, 216 s.
- Pirnat, J., Kobler, A., 2012. Landscape changes in the pivka area, Slovenia. Zbornik gozdarstva in lesarstva 98, 39–49.
- Opitz, D., Blundell, S., 2008. Object recognition and image segmentation: the Feature Analyst® approach. V: Blaschke, T., Lang, S., Hay, G.J. (Ur.). *Object-Based Image Analysis. Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications*. Springer, Berlin, Heidelberg, 153–167.
- Petrovič, D., Podobnikar, T., Grigillo, D., Kozmus Trajkovki, K., Vrečko, A., Urbančič, T., Kosmatin Fras, M., 2011. Kaj pa topografija? Stanje in kakovost topografskih podatkov v Sloveniji. *Geodetski vestnik* 55, 2, 304–318.
- Planine in skupni pašniki v Sloveniji. 1995. Ljubljana, Uprava Republike Slovenije za pospeševanje kmetijstva, 60 s.
- Pravilnik o evidenci dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Uradni list RS št. 122-5471/2008
- Prešeren, P., 2007. Slovenija po novem v celoti v barvah. *Geodetski vestnik* 51, 3, 614–615.
- Ritlop, K., 2012. Določitev višin stavb iz lidarskih podatkov za namen izdelave popolnega ortofota. Diplomski naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 29 s.

- Rozman, A., 2008. Dinamika razvoja zgornje gozdne meje in ekološka vloga rušja (*Pinus mugo* Turra) v sekundarni sukcesiji v Julijskih in Savinjskih Alpah. Ddoktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 151 s.
- Veljanovski, T., Kanjir, U., Oštir, K., 2011. Objektivno usmerjena analiza podatkov daljinskega zaznavanja. Geodetski vestnik 55, 4, 641–664.
- Waser, L.T., Baltsavias, E., Ecker, K., Eisenbeiss, H., Feldmeyer-Christe, E., Ginzler, C., Kuechler, M., Zhang, L., 2008. Assessing changes of forest area and shrub encroachment in a mire ecosystem using digital surface models and CIR aerial images. Remote Sensing of Environment 112, 1956–1968.
- Waser, L.T., Ginzler, C., Kuechler, M., Baltsavias, E., Hurni, L., 2011. Semi-automatic classification of tree species in different forest ecosystems by spectral and geometric variables derived from Airborne Digital Sensor (ADS40) and RC30 data. Remote Sensing of Environment 115, 76–85.
- ZGS 2011. Poročilo o gozdovih Zavoda za gozdove Slovenije za leto 2010. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, 127 str.
- http://www.zgs.gov.si/fileadmin/zgs/main/img/PDF/LETNA_POROCILA/Porgozd10_Solc1.pdf. (4. 10. 2011).



Seminar “Gremo v gozd”

Predstavitev inovativnih pristopov k vzgojno-izobraževalnem procesu

Urša VILHAR, Peter ŽELEZNIK, Natalija GYÖREK

Skupaj imamo ogromno idej in izkušenj, da otrokom zagotovimo pot do znanja in kreativnosti

Gozdarski inštitut Slovenije in Inštitut za gozdno pedagogiko sta v mesecu marcu organizirala seminar »Gremo v gozd«, ki je bil namenjen pedagoškim in strokovnim delavcem slovenskih vrtcev in osnovnih šol.

Raziskovalci inštituta so v sodelovanju z Inštitutom za gozdno pedagogiko s strokovnimi predavanji in praktičnimi prikazi predstavili predloge za izvajanje kreativnih in inovativnih pedagoških aktivnosti v lokalnih okoljih, nove

inovativne raziskovalne pristope raziskovalcev na GIS ter pomen narave za razvoj otroka. Seminarja se je udeležilo 91 udeležencev, ki so obiskali Gozd eksperimentov in laboratorije Gozdarskega inštituta Slovenije.

Prvi del delavnice se je odvijal v Veliki dvorani Gozdarskega inštituta Slovenije s predstavitvami inovativnih raziskav gozdov in možnostmi izvajanja vzgojno-izobraževalnih vsebin v naravi. Raziskovalci so pripravili predavanja o različnih gozdnih tipih in drevesnih vrstah v Sloveniji, raziskavah živalskih vrstah v urbanih gozdovih, glivah, gozdnih tleh, vodi v gozdu, meteoroloških spremenljivkah,



Udeleženci in organizatorji seminarja »Gremo v Gozd«, Gozdarski inštitut Slovenije, Inštitut za gozdno pedagogiko



Pedagoški delavci so bili nad seminarjem navdušeni, tako da bo zaradi izrednega zanimanja seminar ponovno organiziran v začetku junija 2014.

onesnaženosti zraka in vode ter drugih vsebinah. Pedagoški delavci so se na seminarju seznanili tudi z Mrežo gozdnih vrtcev in šol Slovenije, ki jo vodi Inštitut za gozdno pedagogiko in je nastala s podporo LAS Srca Slovenije, vsebine pa se nadgrajujejo tudi v sklopu inovacijskih projektov Zavoda RS za šolstvo. V Mreži spodbujajo kreativnost, inovativnost, radovednost, sodelovanje in odličnost. Pot v gozd, do bližnjega potoka ali travnika, in učenje v naravi skrivata v sebi nekaj več – našim otrokom ne omogoča samo doživljanja narave, ampak tudi pozitivno doživljanje samih sebe in svojih prijateljev. Nemir, nepozornost, občutek utesjenosti, stres, tekmovalnost, pomanjkanje samozavesti, ki jih pri otrocih opažajo pedagoški delavci, se v naravi umakne ustvarjalnemu navdihu in sodelovanju.

Sledile so predstavitve in aktivnosti v »Gozdu eksperimentov Rožnik« in laboratorijih Gozdarskega inštituta Slovenije, kjer so udeleženci v manjših skupinah preizkusili konkretne ideje in podajanje znanj v naravnih okoljih.

Ob zaključku seminarja so udeleženci s pomočjo vprašalnika podali svoje refleksije, ovrednotili

vsebino in organizacijo seminarja ter podali svoje predloge glede obogatitve učnih vsebin za vrtce in osnovne šole pri pouku v naravnih okoljih ter promocije znanosti v vzgojno-izobraževalnem procesu.

Glavni cilji seminarja so bili doseženi, saj so bili pedagoški delavci navdušeni nad predstavljenimi inovativnimi pristopi, tako na področju izvajanja vzgojno-izobraževalnih vsebin v naravi, kot nad inovativnimi pristopi na področju raziskovanja gozdov. Naši skupni cilji in vizija koncepta gozdne pedagogike so sedaj usmerjeni v nadaljnje sodelovanje, saj nameravamo preko javno – zasebnih partnerstev in s skupnim udejstvovanjem pri nadaljnjih projektih nadaljevati z mreženjem in oblikovati primerno podporno okolje za slovenske šole in vrtce.

Seminar »Gremo v gozd« je bil organiziran v okviru projekta Life + EMoNFUr (Life+10 ENV/IT/000399): Zasnova mreže za spremljanje stanja nižinskega gozda in pogozditev v urbanem prostoru v Lombardiji in urbanega gozda v Sloveniji.

Krajinski laboratorij (Landscape laboratory)

Uvod

V okviru poklicnega usposabljanja Leonardo da Vinci in z radodarno pomočjo Pahernikovega sklada sva odšla na Švedsko. Usposabljanje je potekalo na Swedish University of Agricultural Sciences (SLU) na Oddelku za krajinsko arhitekturo, načrtovanje in upravljanje v Alnarpu. Najin namen je bil pridobiti večji nabor znanja na področju urbanega gozdarstva in pridobiti čim več delovnih izkušenj in stikov s strokovnjaki.

Oddelek leži v najjužnejši pokrajini, imenovani Skåne, ki se od preostale Švedske razlikuje v več pogledih. Pokrajina je namreč gosteje poseljena, toplejša, z morskim podnebjem in stalnimi vetrovi. Predvsem predstava o arhetipski švedski gozdnati pokrajini se tam razblini, kajti v tej pokrajini je večji del površine namenjen intenzivnemu kmetijstvu. Tamkajšnja prst je zelo rodovitna in ugodna za obdelavo, teren je raven. Večina gozdov je bila zato tudi izkrčena. Vendar pa je ravno zaradi pomanjkanja gozdnih površin v regiji toliko večji poudarek na urbanem gozdarstvu in oblikovanju zelenih površin za rekreativno rabo.

Na skrajnem jugu so gozdovi listopadni, prevladuje bukev, proti severu prehajajo v mešane, severneje pa so obsežni iglasti gozdovi, kjer prevladujejo smreka, rdeči bor in breza, na skrajnem severu pa prehajajo v gozdno tundro. Na srednjem Švedskem je zgornja gozdna meja na 1000 metrih, na skrajnem severu pa na višini 600 metrov. Gozdovi pokrivajo 56 odstotkov površine, kar je 23 milijonov hektarjev gozdov. Les je pomembna surovina za domačo lesno in papirno industrijo, Švedska ima zelo močno pohištveno industrijo in je naravnana k izvozu.

SLU

Ta švedska univerza ima štiri kampuse na različnih lokacijah po celotni državi (Alnarp, Skara, Umeå in Uppsala), kjer poteka zelo širok razpon različnih naravoslovnih programov, vse od gozdarstva, krajinske arhitekture, agronomije pa do veterine.

Alnarp je na jugu Švedske v neposredni bližini tretjega največjega mesta na Švedskem, Malmöja. Kampus in univerzitetno središče sta 11 km zunaj mesta in sta prava zelena oaza sredi kmetijskega



Slika 1: Zračna fotografija krajinskega laboratorija SLU v Alnarpu (foto: Pekka Kärppä)

okolja, uokvirjenega z urbanimi središči. V Alnarpu skoraj ni stalnih prebivalcev, tam živijo le nekateri študentje in profesorji. Namen naselja je tako bolj ali manj univerzitetna dejavnost, sedež pa imajo tudi nekatera podjetja, ki zaposlujejo takšne kadre. Okrog kampusa je več različnih tipov zelenih površin: parki za sprehajanje, sortimentni park, poskusne površine za nove drevesne vrste, rastlinjaki, krajinski laboratorij in še kaj drugega.

Krajinski laboratoriji na splošno

Medtem ko so univerze po vsem svetu začele opuščati in prodajati velike poskusne površine, je SLU v Alnarpu v tej smeri okreplil in oblikoval več takih površin, t. i. krajinskih laboratorijev. Prvi laboratorij so oblikovali leta 1991 v neposredni bližini univerzitetnega središča v Alnarpu, in sicer poglavito za raziskovalne namene in hkrati za obogatitev urbano-ruralne pokrajine s pogozdovanjem. Potem je sledila ustanovitev drugega krajinskega laboratorija Snogeholm (Švedska) v letu 1994 s poudarkom na

Gozdarstvo v času in prostoru

pogozdovanju in večnamenski uporabi v gozdarski praksi. Tretji krajinski laboratorij je bil ustanovljen med letoma 2000 in 2004 kot del novonastalega stanovanjskega okoliša Sletten v mestu Holstebro na Danskem, kjer je glavni poudarek na raziskovanju novih oblik gozdnih površin v soseskah in interakcij stanovalec - pokrajina.

Krajinski laboratorij Alnarps

Krajinski laboratorij v Alnarpu se imenuje Alnarps Västerskog, kar v prevodu pomeni Zahodni gozd in je umetno zasnovan gozd, ki se razprostira na površini devetih hektarjev in je v neposredni okolici univerzitetnega kampusa ter je tako dostopen študentom, profesorjem, raziskovalcem in tudi obiskovalcem. Glavna naloga oblikovanja in zasnovanja načrta za pokrajino v Alnarpu je bila leta 1990 zaupana profesorju Rolandu Gustavssonu. Šele med delom in razvijanjem načrta se je izoblikovala ideja o Alnarpu kot poskusnem območju za raziskovanje, poučevanje in predstavitev elementov ter procesov za obogatitev in ohranitev pokrajine. Oblikovanje krajinskega laboratorija je bilo naslednji korak pri razvoju parka

Tor Nitzelius. Pogozdovanje se je začelo leta 1993, ko so bila oblikovana tri manjša jezera, medtem ko so bili gozd in gozdni robovi zasajeni z eno do dve leti starimi sadikami in potaknjenci šele pomladi leta 1994 v razmaku 1,5 x 1,5 m. Celoten sestoj z robovi je bil zaščiten v prvih treh rastnih sezonah, da je bila zmanjšana škoda zaradi zatavljenja in objedanja prostoživečih živali. Vse od ustanovitve je bil krajinski laboratorij aktualen in večnamensko uporaben za poučevanje študentov znotraj univerze in vodene obiske z drugih univerz. Poleg tega pa je pomemben člen pri interdisciplinarnem raziskovanju in kot demonstracija za prakso.

Projekt gozdni robovi

Eden od aktualnih projektov, s katerim se ukvarjajo na oddelku, je, kako upravljati z gozdnimi robovi. Robovi so velikokrat blažilna cona med infrastrukturnimi objekti in gozdnim sestojem ter so proporcionalno še pogostejši v urbanem okolju.

Kljub velikostni omejitvi je v krajinskem laboratoriju 32 tipov gozdov in 32 sekcij gozdnega roba v dolžini 45 m. Vseh 32 sekcij gozdnih robov lahko razdelimo v tri glavne tipe:



Slika 2: Ena sekcija izmed štirinajstih sekcij gozdnih robov, vključenih v raziskavo. (Foto: Urška Klepec)



Slika 3: Otok Karön, ki sva ga obiskala s študenti Univerze v Alnarpu. (Foto: Blaž Klobučar)



Slika 4: Bukov gozd z mutanti bukve, katerih veja in debla rastejo v zvitih oblikah. (Foto: Blaž Klobučar)

- grmovni gozdni rob vsebuje samo grmovne vrste, ki pa so izključno listnate;
- mozaični gozdni rob vsebuje listnate drevesne in grmovne vrste;
- drevesni gozdni rob pa ne vsebuje nobenega nasajenega gozdnega roba, zaradi česa je ta gozdni rob samonikel.

Najin glavni projekt in zadolžitev sta bila oblikovati načrt za gospodarjenje v gozdnih robovih in ga v praksi preizkusiti na štirinajstih grmovnih in mozaičnih poskusnih sekcijah. Po prvih poskusnih meritvah smo ugotovili, da je potrebna ponovna premerba vseh sekcij, ki so bile prvič premerjene v letu 2010. Zatem smo oblikovali načrt in določili drevesa, ki bi jih posekali po metodi izbiralnega panjevskega gospodarjenja. Preden smo se lotili izvedbe načrta, smo opravili simulacijo sestave gozdnega roba po opravljenem posegu. Po še nekaj posvetovanjih smo se odločili

za praktično izvedbo načrta. Mogoče bo znanje, pridobljeno z izvedbo tega projekta, lahko prispevalo k ustvarjanju privlačnejše in bogatejše krajine in k varnejšim cestnim in železniškim povezavam.

Preostale dejavnosti

Sproti sva obiskala tudi kar nekaj zanimivih delov Švedske. S študenti sva šla na štiridnevni terenski pouk na otok Karön, ki leži blizu mesta Ronneby. Na samem otoku ni stalnih prebivalcev, ampak je večinoma obljuden le ob poletjih. Na ta otok študentje več generacij iz Alnarpa prihajajo na terenski pouk, kjer svoje ideje tudi udejanijo na samem mestu. Posledično je otok pravo doživetje za sprehajalce.

Obiskala sva tudi naravni rezervat Skrylle, ki je v posredni bližini kraja Dalby. V dveh delih naravnega rezervata lahko najdemo bukov gozd, ki ga sestavljajo posebni mutanti te drevesne vrste, ki jo imenujejo "vresbok". Posebnost dreves je, da so debla in veje zvitih oblik in dajo poseben videz sestoji, ki ga ohranjajo z upravljanjem in pospeševanjem slabše rastočih primerkov zvite bukve. Tako ne glede na majhnost tega pojava ohranjajo lokalno znamenitost, ki privlači veliko obiskovalcev.

Iz vseh opisanih in drugih izkušenj na Švedskem sva se naučila, kako prilagoditi znanje o upravljanju z gozdovi in ga uporabiti tudi v urbanem kontekstu in kakšne koristi lahko nudi lokalnemu prebivalstvu.

Zahvala

Na tem mestu bi se posebej rada zahvalila Pahernikovi ustanovi, ki nama je z dodatno finančno pomočjo omogočila, da sva najin obisk podaljšala in tako pridobila več znanja in izkušenj. Najina izmenjava je potekala v okviru evropskih programov Leonardo da Vinci (poklicno usposabljanje v tujini) in COST Action (Short term scientific mission). Posebna zahvala velja najinima mentorjema Andersu Busseju Nielsenu in Björnu Wiströmu za njuno gostoljubje in vsesplošno pomoč ter univerzi SLU za izjemno priložnost za učenje in sodelovanje.

Urška KLEPEC in Blaž KLOBUČAR

Od dečjih dni za pogozdovanje do tedna gozdov

Mag. Franc PERKO

Dečki dnevi za pogozdovanje

Različne oblike ozaveščanja mladine pa tudi odraslih prebivalcev o gozdu in njegovem pomenu so pri nas prisotne že daljše obdobje. Že v obdobju Avstro-Ogrske so imele na Kranjskem ljudske šole šolske vrtove, kjer so pogosto poleg sadnega drevja delček vrta namenili tudi vzgoji gozdnih drevesnih vrst. Iz tega obdobja so tudi znane šolske akcije nabiranja gozdnega semenja.

V pričujočem prispevku bomo preleteli obdobje od konca prve svetovne vojne do današnjih dni.

V Dravski banovini so za ozaveščanje mladine organizirali *Dečje dneve za pogozdovanje*. Prva organizirana pogozdovanja s šolarji se omenjajo v letu 1926, ko so šolarji imeli 40 pogozdovanih dni in posadili 131.000 gozdnih drevesc (Jurhar, 1980). Iz knjižice *Dečki dan za pogozdovanje*, ki jo je leta 1940 izdal Gozdarski odsek banske uprave Dravske banovine v Ljubljani lahko spoznamo,

da je šolska mladina med letoma 1926 in 1940 posadila več kot tri milijone gozdnih drevesc, pogozdno je bilo 800 ha goljav.

Z letom 1935 so se poleg spomladanskega vršila tudi jesenska pogozdovanja.

Od jeseni leta 1938 naprej je vsak učenec, ki se je udeležil pogozdovanih prireditev, dobil spominski list. *Ti listi imajo na eni strani prostor, kamor učenec vpiše svoje ime, šolo, datum prireditve in kraj, kjer je pogozdoval. Na drugi strani je risba znanega gozdarskega slikarja H. Gagerna. Spominske liste je založila kraljevska banska uprava in jih brezplačno razpošilja preko okrajnih načelstev posameznim šolam, ki so priredile dečje dneve. Ti spominski listi imajo namen, da opozarjajo učence in njihove starše na važnost pogozdovanja in na pomen gozda* (Novak, 1939a).

Zanimiv je Novakov zapis (1938): *Javnosti je malo znano, kako široko je delovno območje*



Slika 1: Spominski list dečjega dneva za pogozdovanje (Vir: Novak, V. 1939c. Šumarski list, stran 364).

naših gozdarjev, ki so pridelnjeni občnim upravnim oblastvom (okrajnim načelstvom in banski upravi). očitki, ki se tu in tam pojavljajo, češ da ti gozdarji vrše samo gozdno policijsko službo, so neutemeljeni in po večini posledica nevednosti.

Kako številčne so bile te prireditve, si oglejmo na aktivnosti med 13. marcem in 22. majem 1939 in primerjavo z letom 1938 (številke v oklepaju), ki jih podaja Novak (1939b). Prireditve dečjih dni za pogozdovanje je bilo kar 588 (520) in so se vršili v vseh okrajih banovine. Pogozdovanja se je udeležilo 32.177 (25.817) učencev iz 589 (535) šol, spremljalo jih je 995 (752) učiteljev in učiteljic in 73 (79) drugih oseb, strokovno pa vodilo 150 (149) gozdarjev. S 412.400 (359.241) sadikami so pogozdili 96.8 (89) ha goljav in posek.

Pogozdovanje učencev, mladine in članov množičnih organizacij in društev po drugi svetovni vojni

Tradicija mladinskega pogozdovanja se je nadaljevala tudi po drugi svetovni vojni. Glavni namen je bil vzgojni. Mladini so se tedaj pridružile še številne množične organizacije in društva. Poleg vzgojnih namenov so bile pogozdovalne akcije potrebne tudi zaradi pomanjkanja delovne sile v gozdarstvu. V prvih povojnih letih je imelo prednost izkoriščanje gozdov, saj je država potrebovala les za obnovo porušene domovine in za izvoz, saj so nujno potrebovali devize za industrializacijo države. Beltram (1955) v prispevku Gojenje gozdov v prvem povojnem desetletju ugotavlja: *Pomembno je bilo množično sodelovanje ljudstva pri pogozdovalnih delih, ki je leta 1950 doseglo svoj višek.* Tega leta se je gozdnogojitvenih del udeležilo 64.418 oseb različnih množičnih organizacij, opravili so 43.406 dnin, pogozdili 1.977.000 sadik, posejali 6.846 kg semena in opravili čiščenje na 980 ha.

Beltram nadaljuje: *Materialni uspehi sicer – kljub vložnemu trudu v veliko količino opravljenega dela – zaradi strokovne nepoučenosti niso mogli biti veliki, vendar se je ljudstvo pri tem svojem sodelovanju zavedlo, koliko prizadevanja je potrebno za obnovo gozdov in kaj nam gozdovi pomenijo.*

Teden gozdarstva 1948: Vsi v delovne brigade, vsi v borbo za les.

Leta 1948 je teden gozdarstva sodil v obdobje boja za uresničitev petletnega plana 1947–1951 in spora Jugoslavije s Sovjetsko zvezo in njenimi zavezniki.

Delavska enotnost (3. september 1948) je takole pospremila teden gozdarstva leta 1948: *V dneh od 5. do 15. septembra bo na tisoče in tisoče članov vseh družbenih organizacij pod strokovnim vodstvom gozdarskih strokovnjakov izvedla v vsej Sloveniji vrsto prostovoljnih delovnih akcij za sečnjo lesa, njegov prevoz do železniških postaj in drugih nakladalnih postaj in pri gradnji žižnic ter gozdnih poti, da na ta način pospešijo izvedbo in prekoračitev plana v tej važni panogi našega gospodarstva.*

Kako se te svoje obveznosti naši delovni kolektivi zavedajo, se najlepše izraža v tem, da so že v prvih dneh po pozivu na prostovoljne delovne akcije v tednu gozdarstva začele sindikalne organizacije javljati svoje delovne brigade in grupe, kakor so to sindikalne organizacije mesta Celja, Ruš, Guštanja, Rogaške Slatine, Smolnika, Črnomlja, Logatca, Trbovelj, Kamnika, Mežice in druge. Delavska enotnost med drugim nadaljuje: Prav zato dobiva tudi ta mobilizacija in dostojen odziv delavskega razreda za prostovoljne akcije pri pospeševanju borbe za izpolnitev planskih nalog v naši lesni industriji jasen izraz, da delavski razred dobro razumeva, kar ga uči naša Partija, to se pravi, da razumeva, da so samo z delovnimi junaštvi doseženi uspehi pravi izraz gospodarske in družbene stvarnosti pri nas, ki jih ni mogoče prepiti s še tako gostim klevetavim besedičenjem, s katerim skušajo v zadnjem času vodstva nekaterih bratskih republik blatiti našo domovino.

Zanimivo in času primerno je bilo tudi geslo tedna gozdarstva leta 1948: *Vsi v delovne brigade, vsi v borbo za les.*

Da pa vse ni potekalo tako, kot so želeli, zvedo že v Delavski enotnosti, ki je izšla 10. septembra: *Nadvse dobro organizacijsko zmožnost pa je pripisati Kmetijski zadrugi Cerknica, kateri je uspelo prav za 5. september organizirati izlet na Štajersko.* Delavska enotnost je upravniku oziroma organizatorjem izleta priporočila naslednji nasvet: *Izbral*

naj bi za izlet nedeljo pred gozdarskim tednom ali pa nedeljo po gozdarskem tednu, ne pa v času najhujše borbe vsega našega delovnega ljudstva za izvedbo gozdarskega tedna in s tem petletnega plana.

Pa še drugi primer: Na pobudo KSS v Podvelki so sklicali sestanek zastopnikov vseh množičnih organizacij in krajevnega LO, da ustanove krajevni štab za organizacijo prostovoljnih del in mobilizacijo delovne sile za delo v gozdovih. Toda od vseh povabljenih so prišli samo zastopniki sindikalnih podružnic, tako da ni bilo mogoče postaviti štaba, ki bi bil kos vsem nalogam.

Teden gozdov

Počasi so se razmere uredile; namesto »kampanjskih akcij« so prišle na vrsto prave vzgojne. V sedemdesetih letih dvajsetega stoletja so prizadevanja gozdarjev za propagandne gozdarske akcije našla veliko razumevanja in podpore raznih inštitucij. Jurhar (1970, 1980) zapiše: *Tako Republiški sekretariat za prosveto in kulturo z okrožnico z dne 13. 3. 1970 naslovljeno vsem osnovnim in srednjim šolam priporoča, da se čim več šolske mladine vključuje v pogozdovalne akcije in poudarja, da ima sodelovanje pri pogozdovalnih prireditvah velik pomen za vzgojo mladih ljudi.*

Med drugim v okrožnici piše (Jurhar, 1970): *Z naglim tehničnim in gospodarskim napredkom narašča tudi pomen gozdov. Gozdovi so naše naravno bogastvo, hkrati pa postajajo vse pomembnejši del človekovega naravnega okolja. Učenci naj spoznajo, da bodo opravili pomembno in koristno delo. Okrožnica pa je še naložila šolam: Akcijo planirajte v času izven pouka, ali pa jo vključite v okvir športnega dne.*

Na pobudo Zveze inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije so se v letu 1974 začele akcije teden gozdov, ki se je vključil tudi v podobne mednarodne prireditve in traja še danes. V tednu gozdov je bil temeljni poudarek aktivnosti delo z mladino: vzgoja ljubezni do gozda in narave sploh, predstaviti pomen gozda za okolje in ljudi, mlade seznaniti z varovanjem, nego in smotrnim izkoriščanja gozda. Program mladinskih akcij je obsegal raznovrstne prireditve:

že tradicionalna pogozdovanja s šolsko mladino, poučna predavanja in filme o gozdu, mladi so pisali spise o gozdu, pripravljali so razstave fotografij na temo o gozdu, poučne izlete in ekskurzije v gozdove, čistilne akcije v gozdovih in še marsikaj drugega.

Šebenik (1974), predsednik Zveze inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije, je v prispevku v Gozdarskem vestniku zapisal: *Teden gozdov pa ne pomeni, da so si društva inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva vzela monopol nad prireditvami; prevzela so le pobudo za to, da bi zbudili zanimanje za tovrstno problematiko pri tistih ljudeh, ki zahajajo v gozdove, o njih govorijo in izrekajo sodbe, zanje pa le malo napravijo. Naš cilj je torej, da bi v nekaj letih »teden gozdov« postal spodbuda za vse. To bomo dosegli, če bomo sedaj – v prvih letih – znali propagirati znanje in spoznanje o tej zamotani združbi. Prispevek je zaključil takole: Teden gozdov je torej kot nalašč za to, da tudi negozdarji pomagajo odkriti drugim »tajne« gozda in narave.*

Teden gozdov opravlja svoje poslanstvo že štiri desetletja, v njegovem okviru so bile opravljene številne aktivnosti, opravljeno je bilo veliko dela. Da je opravljeno delo pustilo sledove lahko pritrdimo, da pa bi rodilo sadove, pa ob trenutnih razmerah v gozdu in gozdarstvu težko.

Viri

- Beltram, V. 1955. Gojenje gozdov v prvem povojnem desetletju. Gozdarski vestnik str. 288–296.
- Jurhar, F. 1970. Mladina pogozduje. Gozdarski vestnik, str. 240–241.
- Jurhar, F. 1980. Prva pogozdovanja s šolsko mladino pred pol stoletja. Gozdarski vestnik, str. 227–228.
- Novak, V. 1938. Kako je pogozdovala šolska mladina spomladi leta 1938. Gozdarski vestnik, str. 178–180.
- Novak, V. 1939a. Mladinski pogozdovalni dnevi jeseni leta 1938. Gozdarski vestnik, str. 34–35.
- Novak, V. 1939b. O dečjih dnevih spomladi leta 1939. Gozdarski vestnik, str. 222–225.
- Novak, V. 1939c. O pogozdovanju z mladino. Šumarski list. str. 354–372.
- Šebenik, M. 1974. Teden gozdov – spodbuda za vse. Gozdarski vestnik, str. 155.

Dober glas naj gre v deveto vas!

Od sobote, 24. maja, do nedelje, 1. Junija, so gozdarske organizacije v Sloveniji izvedle številne prireditve tedna gozdov. Ta aktivnost slovenskega gozdarstva je dolga že štiri desetletja in je namenjena ozaveščanju o pomenu gozdov. Na osrednji prireditvi v Šentrupertu na Dolenjskem je bila v soboto 24. maja predstavljena posebna zgodba z imenom Dober glas naj gre v deveto vas. Začela se je leta 1999 s prvim izborom najbolj skrbnih lastnikov gozdov in podelitvijo priznanj na turistični kmetiji Okorn na Pristavi nad Stično.

Dragoceni dobri zgledi

Po osamosvojitvi in sprejetju novega zakona o gozdovih (Ur. list RS, štev. 30/1993 in sprem.) so lastniki gozdov dobili drugačno vlogo, kot so jo imeli v prejšnjem sistemu: postali so glavni deležniki pri gospodarjenju z gozdovi. V Zavodu za gozdove Slovenije (ZGS), največji organizaciji javne gozdarske službe, smo to že dodobra spoznali v prvih petih letih delovanja. O pomenu gozdnih lastnikov priča nekaj glavnih dejstev. V zasebni lasti je blizu 80 odstotkov vseh slovenskih gozdov. Ocenjeno skupno število lastnikov in solastnikov je več kot 400 tisoč. Gospodarjenje z gozdovi je pravica in dolžnost lastnikov gozdov. Brez njihovega dela ni mogoča realizacija strokovne nadgradnje z gozdnogospodarskim in gozdno-gojitvenim načrtovanjem. Med njimi pa so velike razlike v usposobljenosti, opremljenosti, odnosu do gozda. Dobri zgledi pri gospodarjenju z gozdovi so dragoceni in treba jih je pokazati drugim, jim izreči javno priznanje.

Merila in pravila – pomoč pri izboru

Za izvedbo izbora in podelitve priznanj smo v ZGS pripravili pravila. Določili in opisali smo 24 meril za izbor in med njimi poudarili osem prednostnih, ki so:

- negovanost in stanje gozda,
- kakovost opravljenih gojitvenih in varstvenih del,
- kakovost opravljene sečnje in spravila lesa,
- obseg opravljenih načrtovanih gojitvenih in varstvenih del,

- upoštevanje mnogonamenske vloge gozda in poudarjenih funkcij gozda in sonaravno gospodarjenje z gozdom,
- samoiniciativna skrb za vzdrževanje gozdnih prometnic,
- upoštevanje strokovnih navodil ZGS, odločb, gojitvenih načrtov in sodelovanje lastnika z ZGS,
- udeležba na izobraževanih dejavnostih ZGS.

Izbiranje kandidata poteka na dveh ravneh: najprej vsaka krajevna enota (krajevnih enot ZGS je več deset) izbere po enega kandidata, nato pa med temi kandidati vsaka območna enota izbere po enega (območnih enot je štirinajst). Vsako leto je bilo tako izbranih štirinajst najbolj skrbnih lastnikov gozdov, na vsaki območni enoti po eden, ki so dobili priznanja na slovesni prireditvi, po navadi v začetku decembra na eni izmed območnih enot. Tako se je zvrstilo že šestnajst slovesnih podelitev, ki so udeležencem lahko ostale v prijetnem spominu. Življenje in delo prejemnikov priznanj smo predstavili v besedi in sliki, k slovesnemu in veselemu razpoloženju je prispeval kulturni program. Za prireditve so se vedno precej zanimali tudi mediji in o njih poročali celo v osrednjih televizijskih oddajah.

Pravil za izbor najbolj skrbnih lastnikov nismo sestavili za tog birokratski sistem, ampak bolj za pomoč gozdarjem na terenu, ki so z lastniki gozdov najbolj v stiku in smo jim postopek izbora popolnoma zaupali.

»Najlastniki« – dobri gospodarji

Za izbrane lastnike, ki so prejeli priznanja, se je kmalu začel uporabljati izraz "najlastniki" in se uporablja še dandanes. Vključno z letošnjim letom je prejemnikov 224. Na podelitvah priznanj so se pred nami zvrstili dobri gospodarji z različnimi velikostmi in drugimi značilnostmi gozdne posesti. Za vse pa je značilno: vseživljenska povezanost z gozdom, skrb zanj, prizadevanje za varno delo, usposabljanje za delo v gozdu, vključevanje družinskih članov v gozdno delo, vsestranska dejavnost v družbenem okolju, prenašanje znanja in pozitivnega odnosa do gozda na druge lastnike gozdov. Dobro gospodariti z

Gozdarstvo v času in prostoru

gozdom pomeni negovati ga, čeprav je vlaganje dela in denarja v gozd dolgoročno. V petnajstih letih podelitve priznanj so le-ta prejeli lastniki gozdov od mladeničev, starih manj kot trideset let, do mladeničev po življenjski moči, starih več kot 80 let. Tak korenjak je bil na primer Rudi Sgerm, kmet s Pohorja, lastnik najvišje smreke v Sloveniji in verjetno tudi v EU. Rudi je bil prava korenina, zdaj ga žal ni več med nami. Priznanje je dobil leta 2002, naslednje leto je na ekscurziji za »najlastnike« na Avstrofomi v Avstriji, kjer

Marija Stare iz Ljubljane, Simona Šiftar iz Ženkovcev, Andreja Črnivec iz Vodice, Lidija Žužek Šajn iz Pivke, Mirjana Kos iz Črne na Koroškem. V marcu 2009 sta Andragoški center Slovenije in Krajevna enota ZGS Radlje organizirala delavnico na temo ženske v gozdarstvu. Naj naveden dve misli z omenjene delavnice: »Ne vemo, koliko žensk živi od dela v gozdovih in morda jih med ponesrečenimi ne najdemo, ker so bolj skrbne in previdne.« Na tej delavnici je bila dobro vidna velika skrbnost žensk za gozdnogojitvena dela.

Letošnji najlastniki.
Foto: Tone Lesnik



je bila razstavljena gozdarska mehanizacija na desetkilometrski poti, vse prehodil peš. Star je bil že precej čez 80 let. Seveda ni bil edini tak med »najlastniki«, lahko bi navedli še marsikoga, ki kljub visokim letom še sam dela v gozdu.

Prejemniki priznanj so bile tudi nekatere skupnosti, na primer: Agrarna skupnost Planinca iz Begunj, Agrarna skupnost Čezsoča iz Bovca, Agrarna skupnost Paka iz Starega trga pri Kolpi, Gozdna urbarialna skupnost Dobrovnik. Leta 2008 je dobila priznanje tudi predstavnica največjega zasebnega lastnika gozda v Sloveniji, Katoliške Cerkve, in sicer Župnija Šmartno pri Slovenj Gradcu. V utemeljitvi priznanja so med drugim zapisali, da župnija s svojim lesom pomaga pri delu in razvoju krajevne skupnosti.

Med prejemniki priznanj so posebnost »najlastnice«, ki zaslužijo, da jih posebej zapišemo; to so: Zofija Novak iz Gorenje Trebuše, Fanika Škrubelj iz Črne na Koroškem, Vera Cipot iz Tešanovcev,

K temu bi lahko dodali še vprašanje, zakaj jih ni več med »najlastniki«? Vsekakor izziv za prihodnost.

Skupaj za gozd

To je slogan letošnjega tedna gozdov. Vanj se lepo vključuje tudi zgodba »najlastnikov« skozi šestnajst let. Odnos lastnikov do gospodarjenja z gozdovi je pomemben za celotno državo. Slovenija je z gozdom bogata, zato je prav, da dobi raba domačega lesa v energetiki, gradbeništvu in vrhunskih izdelkih večji pomen in vrednost, prav tako tudi gozd kot socialni in okoljski dejavnik. Z »najlastniki« in njihovim dobrim zgledom naj se nadaljuje gospodarjenje z gozdom tudi v prihodnje. Njim in vsem, ki so sodelovali pri izboru in podeljevanju priznanj v vseh teh letih, iskrena hvala. Naj gre dober glas »najlastnikov« tudi v prihodnje v deveto vas in še dlje.

Tone LESNIK

Mednarodno srečanje študentov gozdarstva

Zimsko srečanje, ki ga organiziramo z Društvom študentov gozdarstva, je postalo že stalnica na IFSA koledarju. IFSA je krovna organizacija, ki združuje študente gozdarstva in sorodnih smeri iz celega sveta, na njenem koledarju pa so nanizana srečanja, kamor smo študentje društev članic te organizacije tudi povabljeni. Tovrstna srečanja izjemno pripomorejo k mednarodnemu cehovskemu povezovanju ter boljšemu razumevanju razlik in njihovih razlogov med gozdarstvi različnih dežel.

saj je med tednom univerzitetno mesto bistveno bolj živahno.

V torek dopoldne so sledila predavanja v največji predavalnici našega Oddelka. Po predstavitvi srečanja s strani glavnega koordinatorskega prof. Dr. Janeza Krča. Prof. Krč je nadaljeval s predstavitvijo dobrih praks pri strojni sečnji v Sloveniji. Naslednje predavanje doc. Dr. Janeza Pirnata nam je predstavilo kaj so teme urbanega



Slika 1: Na ogledu podjetja Pišek – Vitli Krpan d.o.o.

Naš Winter Meeting je eno od večjih neformalnih srečanj, ki se letno zvrstijo na IFSA koledarju. Ponovno smo za en teden gostili 25 tujih študentov iz desetih držav. Ta raznolikost zbrane družine je tisto, kar da največjo dodano vrednost našemu srečanju. V minulih petih srečanjih, ki smo jih do sedaj gostili, smo zajeli že praktično celo Slovenijo. Zato je bilo potrebno dobro pogledati za nove možnosti.

V ponedeljek 10. marca smo v **popoldanskih urah sprejeli udeležence** na našem Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Tako smo imeli zvečer dovolj časa, da smo si dodobra ogledali staro mestno jedro Ljubljane. To je tokrat pustilo na udeležencih boljši vtis kot običajno, ko smo srečanje začeli v nedeljo,

gozdarstva v Sloveniji in ga primerjalo z ostalimi evropskimi državami. Sklop predavanj pa je zaključil prof. Dr. Jurij Diaci, ki je govoril o sonaravnem gojenju gozdov, kamor je sodila tudi predstavitev Pahernikove ustanove.

Oboroženi z novim znanjem, smo se po kosilu skupaj s še 13 slovenskimi študenti zapeljali na ogled podjetja Vitlov Krpan. Žal je bilo videti različno zainteresiranost med slovenskimi študenti in tujimi vedoželjnimi udeleženci, kar je nekoliko oteževalo sam ogled, ki je bil sicer zelo zanimiv. Zvečer smo se odpeljali v kočo pod Bočem, kjer je sledil mednarodni večer. Na njem so imeli vsi udeleženci možnost predstavitve svoje lokalne kulinarike in kulture. Večina slovenskih obiskovalcev se je po deseti uri odpravila nazaj proti



Slika 2: Predstavitve delovanja ZGS na Boču

Ljubljani, tako da smo potem ponovno ostali samo udeleženci srečanja.

Sredino jutro smo začeli z ogledom rastišča redke in zaščitene velikonočnice (*Pulsatilla grandis*), ki je od kočice oddaljeno le dobrih 5 minut hoje. Ko smo se vrnili, sta nas pred kočico že čakala predstavnika ZGS, Andrej Breznikar in Marko Furman in nas počasi popeljala proti vrhu Boča. Med postanki je g. Breznikar temeljito predstavil delovanje javne gozdarske službe v Sloveniji ter način načrtovanja in gospodarjenja s gozdovi pri nas. Udeleženci so spoznali tudi veliko lokalnih posebnosti. Odličnega govornika je bilo vsem v veselje poslušati.

Po kosilu je bil čas za počitek in igre z žogo, zvečer pa sta vlogo predavateljev prva prevzela udeleženca srečanja Hugo

Pierre in Katarina Albrich. Oba sta že nekaj let zelo aktivna v mednarodni zvezi študentov gozdarstva (IFSA), zato sta bila tudi prepričljiva pri njeni detajlni predstavitvi. Za njima pa je glavno besedo prevzel predstavnik lovske družine Poljčane in naš gozdarski kolega Renato Volk. Povedal je



Slika 3: Reševanje avtobusa na Sv. Bolfenku



Slika 4: Skupinska pred Pahernikovo smreko

marsikaj o lovstvu in divjadi na slovenskem ter predstavil posebnosti lovske družine.

V četrtek smo si v Ločah ogledali največjo zasebno žago v Sloveniji - Cugmajster. Nato je sledila vožnja skozi Maribor s kratko predstavitvijo in nadaljevanje na Koroško, do podjetja Bijol, kjer so nam pokazali različne izdelke in predelavo vozil. Pod večer smo prispeli v lovsko koč pri Svetih Treh Kraljih, kjer nam je lokalni kmet predstavil kako izgleda delo v gozdu na visokogorski kmetiji ter nam iz smrekovega panja pripravil peč, ki je gorela še dolgo v noč.

Za zadnji aktivni dan, smo prihranili najboljše iz do sedaj izpeljanih Winter Meetingov. To je bil ogled Pahernikovih gozdov v Hudem Kotu. Pred krajevno enoto v Radljah so nas sprejeli predsednik Pahernikove ustanove g. Maks Sušek, vodja krajevne enote Jerneja Čoderl ter krajevna načrtovalka Zdenka Jamnik. Po Suškovi predstavitvi Pahernikove ustanove, ki se nas je precej dotaknila, smo se z gozdarkama odpeljali na Pohorje. Tam smo spoznali bogato gozdarsko, družbeno in kulturno zapuščino Franja Pahernika. Izvedeli smo vse o zgodovini gozdnogojitvenega načrtovanja v teh gozdovih, razvoju sonaravnega gospodarjenja z njimi ter

vlogi Pahernikove družine v lokalnem okolju. Ponovno je dan na Pohorju minil kot bi mignil, člana lovske družine Orlica – Vuhred pa sta poskrbela za slasten zaključek dneva z bogračem. Ko smo želeli oditi v dolino, se je avtobus odločil da bo raje ostal še malo na soncu na Sv. Bolfenku in je zato tam veselo nasedel. V čakanju odrešilnega zeleno-rumenega traktorja, smo tudi mi radi izkoristili še zadnje sončne žarke in se pomerili v improviziranih igrah. Zvečer smo se v Ravnah na Koroškem pridružili lokalni mladini, s katero smo ob karaokah preživeli zadnji večer letošnjega srečanja.

Za konec je potrebno še izpostaviti, da so za izvedbo srečanja poleg organizacijskega odbora, zaslužni tudi številni podporniki in posamezniki. Zato gredo iskrene zahvale Oddelku za gozdarstvo Biotehniške fakultete, Pahernikovi ustanovi, vitlom Krpan, podjetju Unicommerce, Zavodu 1 Apejron, podjetju Bijol, ŠOBF-ju, Zavodu za Gozdove Slovenije in organizaciji IFSA ter seveda tudi vsem predavateljem in ostalim, ki so kakorkoli doprinesli h končnemu rezultatu letošnjega srečanja.

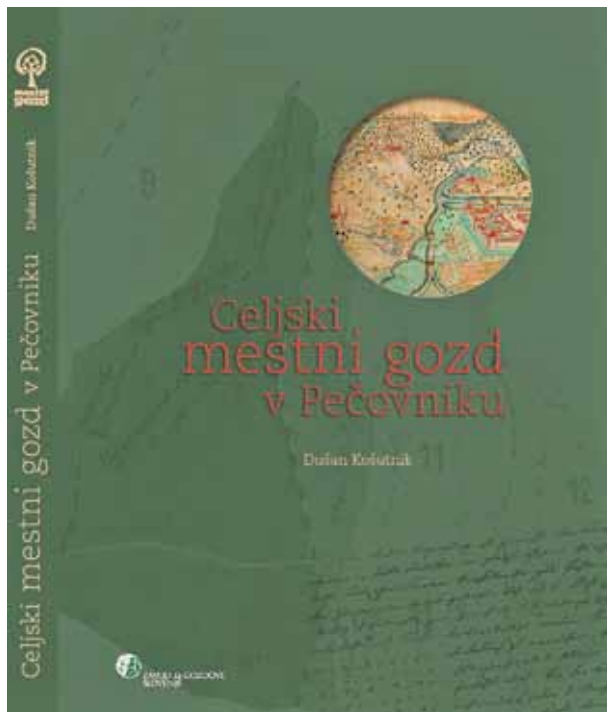
Jaša SARAŽIN
Društvo študentov gozdarstva

Izšla je knjiga Celjski mestni gozd v Pečovniku

Ob letošnjem Tednu gozdov je OE Celje, Zavoda za gozdove Slovenije predstavila knjigo *Celjski mestni gozd v Pečovniku* avtorja, gozdarja, Dušana Košutnika, ki je dolga leta načrtno zbiral podatke in pozabljene dokumente o upravljanju in razvoju mestnega gozda v Pečovniku, proučeval njegove značilnosti ter sestavljal pozabljeno zgodbo, ki jo s knjigo znova obujajo.

Mestni gozd v Pečovniku se po tradiciji lahko primerja z znanimi gozdovi v okolici nekaterih evropskih prestolnic, saj je v Evropi malo mest, ki bi ohranile v svoji lasti že od srednjega veka prvotno dodeljene gozdove. Že leta 1484 je v bilo sodni knjigi zapisano, da ima mesto Celje svoj gozd v Pečovniku.

V knjigi so na skoraj 200 straneh opisane številne značilnosti mestnega



Pogled proti mestnemu gozdu Pečovniku okoli leta 1900 (Vir: Košutnik, 2014, *Celjski mestni gozd v Pečovniku*).



Pogled proti mestnemu gozdu Pečovniku maja 2014 (Vir: Košutnik, 2014, Celjski mestni gozd v Pečovniku).

*„Celjski mestni gozd v Pečovniku ima zgodovino, ki je dolga in stara, kot je mesto samo. Kar se pomni, je bil del mestne posesti. Medtem, ko so ostalo mestno posest drobili, prodajali in jo postopno zmanjševali, je ostal gozd v Pečovniku v veliki meri nespremenjen vsaj do konca preteklega tisočletja. Z dokupi se je v zadnjih stotih letih površinsko še povečal in zaokrožil. Z njim so se vse od srednjega veka ukvarjali številni župani, odbori in mestni sveti. Gozd je bil del mestne identitete in tradicije ter je v nekem smislu tudi zgodovinska dediščina mesta. Meščani in okoliški prebivalci so se stoletja prepirali za prestiž in za koristi, ki jih je dajal.“
(D. Košutnik, citat iz knjige)*

gozda v Pečovniku. Predstavljene so vrste gozdnih združb, pestre geološke lastnosti, razvoj poselitve in sestava drevesnih vrst.

Gospodarski in socialni pomen gozda za mesto in meščane je prikazan skozi tri zgodovinska obdobja od srednjega veka naprej.

Za bralce, ki želijo podrobneje spoznati današnji mestni gozd v Pečovniku je v zaključnem poglavju opisana krožna pot skozi gozd, kjer so predstavljene kulturne posebnosti območja in značilno rastlinstvo. S fotografijami je predstavljeno več kot sto rastlin, med njimi tudi posebnosti, kot sta brstična lilija in kranjska bunika.

Knjigo je uredil mag. Robert Hostnik, izdal pa Zavod za gozdove Slovenije v okviru evropskega projekta SylvaMED.

Mag. Franc PERKO

Strokovno izrazje

Terminološka komisija ZGDS spet objavlja za stroje za sečnjo, ki v abecednem seznamu Lexicon silvestre še nimajo razlag, sedaj izdelane dogovorjene razlage. S tem dopolnjuje Lexicon silvestre.

STROJI ZA SEČNJO

GDK	izraz	razlaga
375.1	spuščalka ž	žičnica/0622/ za spuščanje lesa z zaviranjem; prim.: žična drča/0613/
375.7, (375.1)	spuščalka ž, tirna	tirna naprava z žično vrvjo za spuščanje lesa z zaviranjem
323.13	sečnja ž, strojna	sečnja/0465/ s samohodnimi (tudi vgrajenimi) stroji za podiranje/0477/, klešččenje/0497/, izdelavo/1604/ in zlaganje/3574/ sortimentov; prim.: popolnoma mehanizirana sečnja/3540/, delno mehanizirana sečnja/3541/
360	stroj <i>m</i> za dodelavo	stroj za dodelavo surovega lesa/0251/ na dodelavnem skladišču/0556/ (ob kamionski cesti) npr. za razžaganje/0506/ dreves na sortimente, sekalnik/0593/ ipd.; sin.: dodelovalni stroj
82	stroj <i>m</i> za obdelavo	stroj, s katerim se obdeluje/2980/ les, npr. žaganje desk, tesanje tramov; sin.: stroj za obdelavo lesa/2981/, obdelovalni stroj
360	stroj <i>m</i> za podiranje in zbiranje	stroj za podiranje/0477/ drevja in zlaganje/3574/ v kupe ob sečni poti/1925/ (angl.: feller-buncher); prim.: stroj za klešččenje in zlaganje/1590/
360	stroj <i>m</i> za sečnjo, dvo-glavi	stroj za sečnjo/1591/ s sečno/1592/ in izdelovalno glavo/1594/ (angl.: double grip harvester); sin.: dvoprijemni stroj za sečnjo/2551/
360	stroj <i>m</i> za sečnjo, eno-glavi	stroj za sečnjo/1591/ z eno sečno glavo/1592/ (angl.: single grip harvester) sin.: enoprijemni stroj <i>m</i> za sečnjo/2562/
360	glava ž za izdelavo	običajno na hidravlični roki/2119/ stroja za izdelavo/1593/ nameščena naprava, ki izdeluje sortimente (procesorska glava); sin.: izdelovalna glava/1594/
360	stroj <i>m</i> , izdelovalni	stroj za izdelavo sortimentov/1593/ (procesor); prim.: stroj za klešččenje in zlaganje/1590/
360	stroj <i>m</i> , klestilni	stroj za klešččenje/0464/ podrtih dreves (angl.: delimber)

Strokovno izrazje

Terminološka komisija je prejela tudi nekaj vprašanj o strokovnem izrazju in je oblikovala svoja stališča o teh izrazih, ki jih objavlja v naslednji preglednici:

322.6	sečnja ž, dopolnilna	sečnja/0213/ za strojno sečnjo neprimernih (predebelih, nedosegljivih) dreves pred začetkom strojne sečnje ali tudi po njej
377.1	nakladalnik <i>m</i> , hidra-vlični	nakladalni žerjav/1658/ s hidravlično delovno roko/2119/ nakladalnika/0623/
377.44	veriga ž, gosenična	kolesna veriga/2669/ za eno ali dve kolesi, sestavljena iz razmaknjenih prečnih plošč, podobna gosenci
377.42	os ž, boogie, os ž, nihajna	posebna os, ki omogoča neodvisno zgibanje tandema koles, običajno na zgibnih polprikoličarjih/1588/

prof. dr. Marjan LIPOGLAVŠEK

Gozdarski vestnik, LETNIK 72•LETO 2014•ŠTEVILKA 5-6
Gozdarski vestnik, VOLUME 72•YEAR 2014•NUMBER 5-6
Gozdarski vestnik je na Ministrstvu za kulturo vpisan
v Razvid medijev pod zap. št. 610.
Glavni urednik/*Editor in chief*
mag. Franc Perko

Uredniški odbor/*Editorial board*

Jure Beguš, prof. dr. Andrej Bončina, prof. dr. Robert Brus, Dušan Gradišar,
dr. Tine Grebenc, Jošt Jakša, dr. Klemen Jerina, doc. dr. Aleš Kadunc,
doc. dr. Darij Krajčič, prof. dr. Ladislav Paule, prof. dr. Stanislav Sever,
dr. Primož Simončič, Mitja Skudnik, prof. dr. Heinrich Spiecker,
Rafael Vončina, Baldomir Svetličič, mag. Živan Veselič

Dokumentacijska obdelava/*Indexing and classification*
mag. Maja Peteh

Uredništvo in uprava/*Editors address*

ZGD Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, SLOVENIJA
Tel.: +386 01 2007866

E-mail: franc.v.perko@amis.net, zveza.gozd@gmail.com
Domača stran: <http://www.dendro.bf.uni-lj.si/gozd.html>
TRR NLB d.d. 02053-0018822261

Poština plačana pri pošti 1102 Ljubljana
Letno izide 10 števil/10 issues per year

Posamezna številka 7,70 EUR. Letna naročnina:
fizične osebe 33,38 EUR, za dijake in študente
20,86 EUR, pravne osebe 91,80 EUR.

Izdajo številke podprlo/*Supported by*
Javna agencija za raziskovalno dejavnost
Republike Slovenije

Gozdarski vestnik je eferiran v mednarodnih bibliografskih zbirkah/*Abstract from the journal are comprised in the international bibliographic databases:*
CAB Abstract, TREECD, AGRIS, AGRICOLA.

Mnenja avtorjev objavljenih prispevkov nujno ne izražajo stališč založnika niti uredniškega odbora/*Opinions expressed by authors do not necessarily reflect the policy of the publisher nor the editorial board*

Tisk: Euroraster d.o.o. Ljubljana



Na vizualizaciji, ki jo je opravil Milan KOBAL je vidna posledica letošnjega žleda na gozdnem sestaju.