

## Naravna obnova gozdnih sestojev po vetrolomu na Jelovici

### *Natural Regeneration of Forest Stands after Windthrow on the Jelovica Mountain*

Špela ŠČAP<sup>1</sup>, Matija KLOPČIČ<sup>2</sup>, Andrej BONČINA<sup>3</sup>

#### Izvleček

Ščap, Š., Klopčič, M., Bončina, A.: Naravna obnova gozdnih sestojev po vetrolomu na Jelovici. Gozdarski vestnik, 71/2013, št. 4. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 55, prevod avtorji, jezikovni pregled angleškega besedila Breda Misja, slovenskega pa Marjetka Šivic.

Leta 2006 je orkanski veter podrl 125 ha pretežno enomernih smrekovih debeljakov na Jelovici. Na tej površini smo dve in pet let po vetrolomu na 81 sistematično razmeščenih vzorčnih ploskvah (posamezna meri 16 m<sup>2</sup>) analizirali prisotnost, obilje in strukturo naravnega mladja ter vpliv rastiščnih in sestojnih dejavnikov na naravno obnovo. Odstotek ploskev brez mladja se je med popisoma zmanjšal s 30 % na 11 % celotnega števila ploskev. Leta 2008 je bila povprečna gostota mladja 7.955 osebkov na hektar, leta 2011 pa 9.660. V mladju je prevladovala smreka s 46 %, vendar se je v opazovanem obdobju opazno povečal delež listavcev. Vplivne dejavnike pojava mladja na ploskvi smo proučevali z binarno logistično regresijo, spremembo gostote mladja pa s posplošenim linearnim regresijskim modelom. Pomembni vplivni dejavniki so razdalja ploskve do najbližje zaplate gozdnega sestoja, opad listja in ekspanzija.

**Ključne besede:** Julijske Alpe, naravne motnje, naravno mladje, naravna obnova, sanacija, vetrolom, vplivni dejavniki

#### Abstract:

Ščap, Š., Klopčič, M., Bončina, A.: Natural Regeneration of Forest Stands after Windthrow on the Jelovica Mountain. Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 71/2013, vol. 4. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 55. Translated by Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

In 2006 a hurricane blew down 125 ha of mostly mature even-aged spruce stands on the Jelovica plateau. Two post-windthrow inventories of regeneration were executed two and five years after the windthrow. Presence, abundance and composition of natural regeneration were surveyed on 81 plots of 16 m<sup>2</sup> each. The proportion of plots without natural regeneration decreased from 30 % in 2008 to 11 % in 2011. The average abundance of regeneration was 7,955 individuals per hectare in 2008 and 9,660 individuals per hectare in 2011. In tree species composition spruce predominated with 46 %, but the proportion of broadleaves increased substantially in the observation period. Additionally, the impact of site and stand factors on regeneration was examined; influential factors of natural regeneration occurrence were investigated using a binary logistic regression, while influential factors of changes in regeneration density were examined using a generalized linear regression model. Among many influential factors, the analyses exposed the distance to the nearest stand, aspect/sun exposure, and the portion of leaf-litter on a plot.

**Key words:** Julian Alps, influential factors, natural disturbance, natural regeneration, restoration, windthrow

## 1 UVOD

### 1 INTRODUCTION

Naravne motnje v gozdovih so vse pogostejše. Njihovi poglavitni povzročitelji so veter, sneg, žled, ogenj in žuželke. Podnebne spremembe značilno vplivajo na režim motenj (Loehle in LeBlanc, 1996; Schelhaas in sod., 2003; Schlyter in sod., 2006); uveljavljeno mnenje je, da sta zaradi njih pogostost in obseg motenj večja. Hkrati pa so gozdovi zaradi spremenjene zgradbe in izmenjane drevne sestave, večje starosti sestojev, opuščanja nege pa tudi negativnih zunanjih vplivov, kot je

onesnaženost ozračja, vse manj odporni proti povzročiteljem motenj.

Motnje so sestavni del naravnih procesov (Oliver in Larson, 1996) in jih zato ni mogoče povsem preprečiti. Vsekakor pa želimo z gozdnogospodarskimi ukrepi preprečiti ali omiliti

<sup>1</sup> - Š. Š., univ. dipl. inž. gozd., UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

<sup>2</sup> - dr. M. K., UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

<sup>3</sup> - prof. dr. A. B., UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

neželene motnje, kot so vetrolomi, snegolomi, gradacije podlubnikov, saj povzročajo gospodarsko škodo, praviloma pa negativno vplivajo tudi na okoljske in socialne funkcije gozda.

V srednji Evropi je veter poglaviti povzročitelj naravnih motenj v gozdovih (Schelhaas in sod., 2003); povzroča predvsem motnje majhne jakosti, ki povzročijo poškodbe na posameznih drevesih ali šopih drevja, njihova posledica so sestojne vrzeli (Frelich, 2002). Redkejša so motnje srednje jakosti; te uničijo večji del sestoja, ostanejo le posamezna drevesa ali šopi in podmladek. Še manj pogoste so motnje velike jakosti, ki uničijo sestoje na površini deset hektarjev ali več, na kateri ostanejo le posamezna drevesa ali šopi drevja. Take motnje imajo v primerjavi s motnjami majhnih jakosti praviloma izjemne negativne ekonomske posledice, lahko pa ogrozijo tudi življenje ljudi. Za srednjo Evropo so značilni občasni močni vetrovi z lokalnimi nevihtami, ki pa zelo redko povzročijo velikopovršinsko motnjo – na površini od 10 ha do 1.000 ha (Schelhaas in sod., 2003). Ugotavljajo, da se takšni dogodki na isti površini zelo redko ponovijo; po ocenah se to zgodi na več kot tisoč let (Canham in sod., 2001). V zadnjih dveh desetletjih so Evropo kar nekajkrat prizadeli orkanski vetrovi: npr. Vivian, Lothar, Martin, Kyrill, Emma v srednji Evropi (Ulbrich in sod., 2001; Wohlgemuth in sod., 2002; Schütz in sod., 2006; Holub in sod., 2009). Številne motnje zaradi vetrov so bile zabeležene na Švedskem (Nilsson in sod., 2004), znan je tudi orkan v vzhodni Estoniji (Ilisson in sod., 2007). Ti dogodki so spodbudili obsežne raziskave, ki so bile usmerjene predvsem v 1) analizo sestojnih in rastiščnih dejavnikov, ki pomembno vplivajo na poškodovanost gozdov zaradi orkanskega vetra (npr. Schönenberger, 2002; Wohlgemuth in sod., 2002; Rammig in sod., 2006, 2007; Ilisson in sod., 2007; Vodde in sod., 2010; Simon in sod., 2011) ter 2) iskanje mogočih sanacij poškodovanih gozdov in razumevanje prihodnjega razvoja teh gozdov (npr. Schütz in sod., 2006; Ilisson in sod., 2007; Vodde in sod., 2010). Tudi v slovenskih gozdovih vetrovi redko povzročajo motnje velikih jakosti, čeprav smo prav v zadnjem desetletju registrirali nekaj takšnih pojavov (Jakša in Kolšek, 2009), ki so se večinoma pojavljali v alpskem območju in na robovih kraških planot, kjer je obseg vetrolomov največji (Jakša, 2007).

Motnje večjih jakosti imenujemo tudi ujme ali katastrofe. Tveganja za nastanek ujm lahko zmanjšamo z gospodarjenjem – predvsem z ustreznim usmerjanjem razvoja gozdnih sestojev. Pogosti dejavniki tveganja, ki povečujejo dovzetnost gozdnih sestojev za motnje, so spremenjena naravna drevesna sestava in sestojna zgradba gozdov ter zato zmanjšana mehanska in biološka stabilnost gozdnih sestojev (Frelich, 2002; Schütz in sod., 2006; Poljanec in sod., 2008). Motnje večjih jakosti so zato pogostejše v gozdovih s spremenjeno naravno drevesno sestavo in nenegovanih gozdnih sestojih (Schelhaas in sod., 2003); v srednji Evropi so to predvsem zasmrečeni sestoji (npr. Schelhaas in sod., 2003; Jakša, 2007). Proti ujмам so odpornejši mešani sestoji oziroma sestoji z ohranjeno naravno drevesno sestavo (npr. Schütz in sod., 2006) ter raznomerni, predvsem prebiralni sestoji (Indermühle in sod., 2005; Klopčič in sod., 2009). Odpornost sestojev lahko povečamo tudi z ustreznim konceptom nege in obnove gozdnih sestojev glede na potencialnega povzročitelja motenj (veter, sneg, itn.).

Ujme v gozdnem prostoru terjajo primerno obravnavo pri načrtovanju in gospodarjenju. Kot v tujini (npr. Indermühle in sod., 2005) sta tudi pri nas v ospredju dve vprašanji, povezani s pojavom ujme, in sicer 1) kako zmanjševati tveganje za njihov pojav ter 2) kako sanirati območja, ki jih prizadene ujma. Sanacije ujme so zaradi dolgih razvojnih ciklov gozdnih sestojev, zahtev varstva gozdov, zagotovitev varnega dela, pogosto težkih terenskih razmer in omejenih finančnih virov v primerjavi s sanacijami ujme na drugih območjih (npr. kmetijskih površinah) in objektih (npr. stanovanjski ali infrastrukturni objekti) zahtevnejše in dolgotrajnejše, vendar praviloma cenejše.

Obnova gozdnih sestojev na prizadetih gozdnih površinah je pomemben del celotne sanacije ujme, saj je zahtevna in dolgotrajna, stroški zanjo pa lahko presegajo neposredne ekonomske koristi prodanega posekanega lesa na prizadeti površini (Jakša, 1997). Zaradi ekonomskih in ekoloških razlogov je treba poiskati najprimernejši način obnove prizadetih površin. Naravna obnova ima prednost pred umetno, vendar je lahko čakanje na naravno obnovo tudi napačno. Mnogi menijo, da je umetna obnova potrebna le na zahtevnih in skrajnostnih rastiščih ali na površinah,

kjer naravna obnova ciljnih drevesnih vrst, npr. zaradi pomanjkanja ali odsotnosti semenjakov teh drevesnih vrst, ni mogoča (Schönenberger, 2002; Papler-Lampe, 2009). Ovira za uspešno naravno obnovo so lahko zatravljenost oziroma razvoj bujne zeliščne in grmovne vegetacije (Ott in sod., 1991; Diaci, 2002, Diaci in sod., 2005; Kupferschmid in Bugmann, 2005; Rammig in sod., 2006) ali pa degradacijski procesi, kot so zakrasedanje, erozija, plazovi in usadi (Schönenberger, 2002; Papler-Lampe, 2009).

Sanacija ujm v gozdnem prostoru je zagotovo področje, ki je bilo v Sloveniji pomanjkljivo raziskano. Svojevrstna težava je tudi v tem, da rezultatov raziskav o sanaciji ujm ne moremo pretirano posploševati, saj so odzivi na različnih gozdnih rastiščih lahko pomembno različni. Vsekakor pa je ujma, ki prizadene gozdove, lahko svojevrstna priložnost za raziskavo vzorcev obnavljanja gozdov, ki so, če jih prepoznamo, uporabni za podobne primere na območjih istega gozdnega tipa, delno pa tudi za druga območja gozdov.

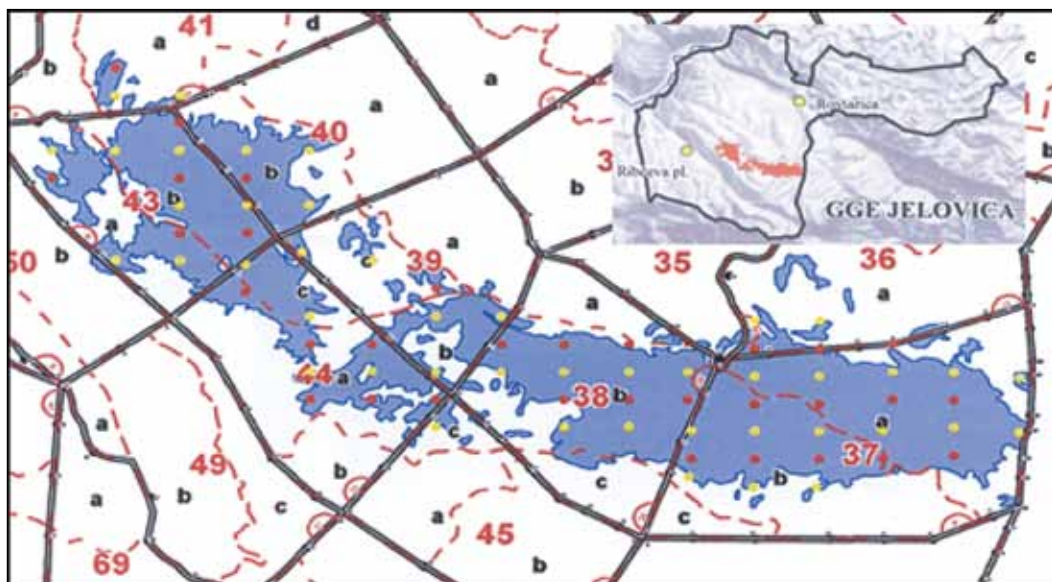
Skupina za urejanje gozdov in biometrijo z Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je v sodelovanju s strokovnjaki Zavoda za gozdove Slovenije podrobno analizirala pojav motenj na območju Jelovice in Pokljuke (Klopčič in sod., 2009), podrobno raziskovala značilnosti

vetroloma na Jelovici (Gartner in sod., 2007), ki je postal raziskovalni objekt, in delno sodelovala tudi pri pripravi sanacijskega načrta vetroloma (Papler-Lampe in sod., 2006) in njegove presoje (Gartner in sod., 2007). Po presoji mogočih različic ukrepanja in dosedanjih izkušnjah s tega območja je bila sprejeta odločitev, da se večji del celotne vetrolomne površine prepusti naravni obnovi. Vendar je bila hkrati izpostavljena zahteva, da je treba po nekaj letih preveriti uspešnost spontane obnove in po potrebi korigirati prvotno odločitev (Gartner in sod., 2007). Zato smo po vetrolomu že dvakrat analizirali razvoj naravnega mladja. Poglavitna cilja naše raziskave sta bila 1) analizirati gostoto, strukturo, sestavo in dinamiko naravnega mladja in 2) ugotoviti, kateri (mikro) rastiščni in sestojni znaki značilno vplivajo na pojav in dinamiko obilja naravnega mladja na vetrolomni površini na Jelovici.

## 2 OBJEKT IN METODE DELA

### 2 STUDY AREA AND METHODS

Planota Jelovica leži pretežno v blejskem gozdnogospodarskem območju, ki zavzema znaten del Julijskih Alp in zahodnih Karavank (Gartner in sod., 2007). Za to območje so značilne obilne padavine in hitre vremenske spremembe (Papler-



Slika 1: Lokacija vetroloma na Jelovici (Sprememba GGN ..., 2007)

Figure 1: Location of windthrow area on the Jelovica plateau (Change GGN..., 2007)

**Preglednica 1:** Rastiščne razmere na platoju Jelovica (Smukavec, 1973)

*Table 1: Site conditions on the Jelovica plateau (Smukavec, 1973)*

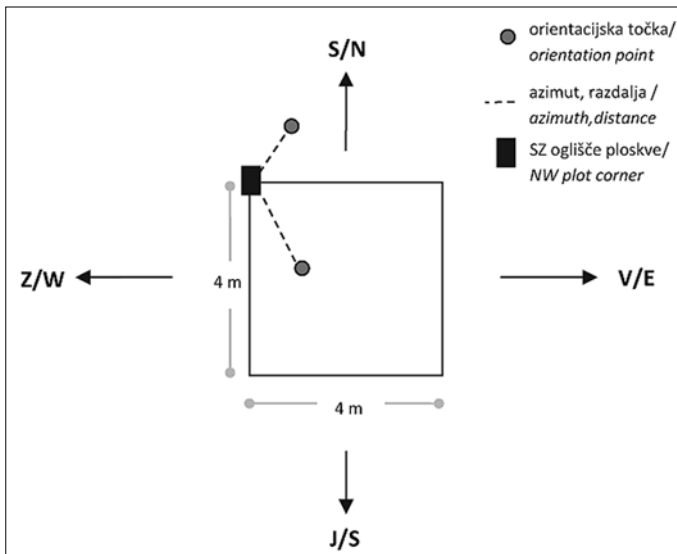
Rastiščni dejavnik / <i>Site factor</i>	
Povprečna količina padavin (mm) / <i>Average annual precipitation (mm)</i>	2000
Maksimalna količina padavin (mm) / <i>Maximum annual precipitation (mm)</i>	3000
Padavine v vegetacijskem obdobju (mm) / <i>Precipitation in the vegetation period (mm)</i>	1200–1350
Trajanje snežne odeje (dni) / <i>Snow cover duration (days)</i>	120–187
Povprečna letna temperatura (°C) / <i>Average annual temperature (°C)</i>	3,8–5,2
Matična podlaga / <i>Parent material</i>	ledeniška morena, apnenec, dolomit/ <i>glacial moraine, limestone, dolomite</i>
Prevladujoč talni tip / <i>Prevailing soil type</i>	rendzina/ <i>leptosols</i>
Najpogostejši veter / <i>Prevailing wind</i>	jugozahodnik, severozahodnik/ <i>southwest wind, northwest wind</i>

-Lampe, 2008). Konec junija 2006 je orkanski veter prizadel gozdove v delu Jelovice (Papler-Lampe, 2006; Gartner in sod., 2007), in sicer v gozdno-gospodarski enoti (GGE) Jelovica (125 ha, GGO Bled), manjši del pa v GGE Železniki (35 ha, GGO Kranj). Veter je poškodoval sestoje na nadmorski višini od 1000 do 1400 m na površini v dolžini 5 km in širini 700 m (slika 1). Nastale so tri večje vrzeli, ki merijo 35 ha, 50 ha in 75 ha, skupaj torej 160 ha. Skupna količina podrtega drevja je bila 85.000 m<sup>3</sup>, povzročena škoda je bila ocenjena na 1.270.000 evrov (Papler-Lampe, 2009).

Raziskava je bila omejena na območje vetroloma v GGE Jelovica (125 ha). Raziskovalni objekt (preglednica 1) leži v ozkem pasu med Ledinami in Ribčevo planino, na nadmorski višini od 1000 do 1400 m s prevladujočo severno in deloma tudi vzhodno ekspozicijo. Podnebje je tipično alpsko, z značilno kratko vegetacijsko dobo (110 dni) in obilnimi padavinami (do 3000 mm). Prevladujoča gozdna združba je predalpsko jelovo-bukovje (*Homogyno sylvestris-Fagetum*), predvsem varianti *typicum* in *calamagrostidetosum* (GGN Jelovica, 2002–2011, 2003; Gartner in sod., 2007). Gozdni sestoji na širšem območju so zasmrečeni, na območju vetroloma so prevladovali enomerni smrekovi debeljaki (GGN Jelovica, 2002–2011, 2003).

Za analizo mladja smo uporabili podatke o stalnih vzorčnih ploskvah za GGE Jelovica Zavoda za gozdove Slovenije, OE Bled (ZGS, 2010). Za

začetek terenskega dela raziskave smo po gozdnem robu zunaj vetroloma poiskali stalne vzorčne ploskve (v nadaljevanju SVP, vzorčna mreža 200 x 200 m). Lociranim SVP smo posneli GPS-koordinate, nato pa smo v kabinetu določili SVP, ki so ležale na vetrolomni površini. Osnovno mrežo SVP smo na vetrolomni površini in njeni neposredni bližini zgostili (100 x 200 m), da smo povečali vzorec za popis mladja in tako izboljšali zanesljivost ocen. Vzorec za popis mladja je obsegal 81 SVP. Na vsaki SVP smo določili ploskev za analizo mladja (v nadaljevanju ploskev), veliko 4 x 4 m (slika 2). Središče SVP je SZ oglišče ploskve. Z GPS smo določili lokacijo (koordinate) tega oglišča ter na vsaki drugi ploskvi (200 m x 200 m) oglišče označili z železnim količkom za lažje lociranje ploskev pri ponovnih snemanjih. Dodatno smo na vsaki ploskvi izbrali dve orientacijski točki (npr. vraščene skale), ju označili z gozdarskim razpršilom (slika 3) ter izmerili azimut in razdaljo do SZ oglišča ploskve za analizo mladja. Za vsako ploskev smo narisali situacijsko skico. Meritve smo opravili v letih 2008 (Ščap, 2010) in 2011. Na vsaki ploskvi smo izmerili oziroma ocenili rastiščne in sestojne značilnosti. Opad smo ocenjevali glede na delež pokritosti tal na ploskvi z listnim ali lesnim opadom (upoštevani samo večji lesni ostanki povprečnega premera več kot 10 cm). Globino tal smo ocenjevali z zabadanjem trasirke in razvrstili tla na plitva (< 15 cm), srednje



Slika 2: Skica ploskve za popis naravnega mladja  
Figure 2: Sketch of the plot for natural regeneration survey

globoka (15–50 cm) in globoka tla ( $\geq 50$  cm). Delež zastiranja ploskve z vegetacijo smo ocenili za pet višinskih plasti: zgornjo drevesno plast D1 ( $h > 15$  m), spodnjo drevesno plast D2 ( $h = 5\text{--}15$  m), grmovno plast G1+G2 ( $h = 0,5\text{--}5$  m), zeliščno plast Z in mahovno plast M. Na vsaki ploskvi smo prešteli mladice po drevesnih vrstah in višinskih razredih: 0–19 cm, 20–49 cm, 50–89 cm, 90–129 cm ter drevesa prve ( $h \geq 130$  cm; prsni premer

(dbh)  $< 5$  cm) in druge debelinske stopnje ( $5\text{ cm} \leq \text{dbh} < 10$  cm) ter ocenili njihovo poškodovanost. Mladico smo evidentirali kot poškodovano, če je imela vsaj eno vidno poškodbo terminalnega ali lateralnih poganjkov, pri čemer pa nismo ugotavljali izvora poškodb. Glede na terenska opažanja je vzrok za poškodbe večinoma objedanje. Klic nismo popisovali. Na ploskvah smo evidentirali naslednje drevesne vrste: smreko, jelko, bukev, jerebiko, gorski javor, vrbo ivo ter dve mladici velikega jesena, ki smo ju upoštevali v analizah skupnega mladja, nismo pa ju vključili v

prikaze rezultatov za posamezne drevesne vrste.

Poleg posnetih spremenljivk, ki smo jih izmerili ali ocenili pri terenskem snemanju (preglednici 2a in 2b), smo vsako ploskev opisali še s podatki o talnem tipu (Pavšer, 1956), razdalji do najbližje zaplate odraslega nepoškodovanega drevja ter znakov o sestojnih značilnosti pred vetrolomom (razvojna faza, lesna zaloga iglavcev in listavcev ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) ter njihov delež (%) v skupni lesni zalogi) (ZGS, 2010).

Pri statistični analizi podatkov smo uporabili standardne univariatne teste (neparametrični

Slika 3: Primer ploskve za popis mladja na vetrolomni površini (foto: Ščap, Š., oktober 2008)

Figure 3: An example of the plot for natural regeneration survey on the windthrow area (photo: Ščap, Š., October 2008)



**Preglednica 2a:** Neodvisne rastiščne spremenljivke, ki smo jih uporabili v multivariatnih analizah; povprečne vrednosti in razponi prikazujejo razmere v letu 2011

*Table 2a: Independent site variables used in the multivariate analyses; mean values and ranges indicate conditions in 2011*

Spremenljivka/ Variable	Tip spremenljivke/ Variable type	Opis spremenljivke / Variable description	Povprečje (min- maks) / Mean (min-max)	Vključena spremenljivka/ Candidates for modelling
NMV	zvezna / continuous	nadmorska višina (m) / <i>Elevation (m)</i>	1302 (1208–1400)	da/yes
Exp_NE	binarna / binary	severovzhodna ekspozicija (1 = NE, 0 = drugo) / <i>NE aspect (1=NE, 0 = other)</i>	–	ne/no
exp_E	binarna / binary	vzhodna ekspozicija (1 = E, 0 = drugo) / <i>E aspect (1=E, 0 =other)</i>	–	da/yes
exp_SE	binarna / binary	jugovzhodna ekspozicija (1 = SE, 0 = drugo) / <i>SE aspect (1=SE, 0 =other)</i>	–	da/yes
exp_S	binarna / binary	južna ekspozicija (1 = S, 0 = drugo) / <i>S aspect (1=S, 0 = other)</i>	–	da/yes
exp_SW	binarna / binary	jugozahodna ekspozicija (1 = SW, 0 = drugo) / <i>SW aspect (1=SW, 0 = other)</i>	–	da/yes
exp_W	binarna / binary	zahodna ekspozicija (1 = W, 0 = drugo) / <i>W aspect (1=W, 0 = other)</i>	–	ne/no
exp_NW	binarna / binary	severozahodna ekspozicija (1 = NW, 0 = drugo) / <i>NW aspect (1=NW, 0 = other)</i>	–	da/yes
nagib	zvezna / continuous	nagib ploskve (°) / <i>Inclination (°)</i>	17 (2–46)	da/yes
ter_konv	binarna / binary	konveksna oblika terena (1 = konveksno, 0 = konkavno, ravnina) / <i>Convex microsite (1=convex, 0 = concave,plain)</i>	–	da/yes
ter_konk	binarna / binary	konkavna oblika terena (1 = konkavno, 0 = konveksno, ravnina) / <i>Concave microsite (1=concave, 0 = convex,plain)</i>	–	da/yes
skalovitost	zvezna / continuous	delež skalovitosti / <i>Rockiness (%)</i>	18 (0–80)	da/yes
sub_apnen	binarna / binary	apnenec (1 = apnenec, 0 = morena) / <i>Limestone substrate (1=limestone, 0 = moraine)</i>	–	da/yes
glob_tal_plit	binarna / binary	globina tal (1 = plitka, 0 = srednje globoka, globoka) / <i>Soil depth (1= shallow, 0 = medium-deep,deep)</i>	–	da/yes
tla_rendzina	binarna / binary	tip tal (1 = rendzina, 0 = rjava pokarbonatna tla) / <i>Soil type (1= leptosols, 0 = brown postcarboniferous)</i>	–	da/yes

**Preglednica 2b:** Neodvisne sestojne spremenljivke, ki smo jih uporabili v multivariatnih analizah; povprečne vrednosti in razponi prikazujejo razmere v letu 2011

*Table 2b: Independent stand variables used in the multivariate analyses; mean values and ranges indicate conditions in 2011*

	Spremenljivka / Variable	Tip spremenljivke / Variable type	Opis spremenljivke / Variable description	Povprečje (min-maks) / Mean (min-maks)	Vključena spremenljivka / Candidates for modelling
<b>Sestojni dejavniki / Stand factors</b>	opad_listja	zvezna / continuous	delež opada listja / Proportion of leaf-litter on a plot (%)	23 (0–92)	da/yes
	opad_lesa	zvezna / continuous	delež opada lesa / Proportion of dead wood on a plot (%)	8 (0–65)	da/yes
	D1	zvezna / continuous	delež zastora dreves, višjih od 15 m / Coverage of trees higher than 15 m (in % of a plot) (%)	7 (0–100)	da/yes
	D2	zvezna / continuous	delež zastora dreves, visokih od 5 do 15 m / Coverage of trees 5-15 m in height (in % of a plot) (%)	4 (0–80)	da/yes
	G1_G2	zvezna / continuous	delež zastora grmovnih vrst, visokih do 5 m / Coverage of shrub layer (h<5m) (in % of a plot) (%)	16 (0–70)	da/yes
	Z	zvezna / continuous	delež zeliščne plasti / Coverage of herbaceous layer (in % of a plot) (%)	59 (1–100)	da/yes
	M	zvezna / continuous	delež mahovne plasti / Coverage of moss layer (in % of a plot) (%)	8 (0–60)	da/yes
	razd_zaplata	zvezna / continuous	razdalja do najbližje zaplate (m) / Distance to the nearest stand (m) (m)	53 (0–230)	da/yes
	RF_drg	binarna / binary	razvojna faza drogovnjak (1 = drogovnjak, 0 = drugo) / Pole stage stand (1=pole stand, 0=other)	–	da/yes
	RF_deb	binarna / binary	razvojna faza debeljak (1 = debeljak, 0 = drugo) / Mature stand (1=mature stand, 0=other)	–	da/yes
	RF_pom	binarna / binary	razvojna faza pomlajenec (1 = pomlajenec, 0 = drugo) / Rejuvenation stage stand (1=rejuvenation stand, 0=other)	–	da/yes
	RF_rzn	binarna / binary	razvojna faza raznomerni gozd (1 = raznomerno, 0 = drugo) / Uneven-aged stands (1=uneven-aged,0=other)	–	da/yes
	LZ_igl	zvezna / continuous	lesna zaloga iglavcev pred vetrolomom (m <sup>3</sup> /ha) / Stand volume of conifers before the windthrow (m <sup>3</sup> /ha)	419 (0–812)	ne/no
	LZ_lst	zvezna / continuous	lesna zaloga listavcev pred vetrolomom (m <sup>3</sup> /ha) / Stand volume of broadleaves before the windthrow (m <sup>3</sup> /ha)	27 (0–126)	ne/no
	LZ_skup	zvezna / continuous	lesna zaloga na hektar pred vetrolomom (m <sup>3</sup> /ha) / Total stand volume before the windthrow (m <sup>3</sup> /ha)	445 (0 – 825)	da/yes
	DEL_igl	zvezna / continuous	delež iglavcev na SVP pred vetrolomom (%) / Proportion of conifers before the windthrow (%)	91 (0–100)	ne/no
	DEL_lst	zvezna / continuous	delež listavcev na SVP pred vetrolomom (%) / Proportion of broadleaves before the windthrow (%)	7 (0–41)	da/yes

Kendallov tau-b korelacijski koeficient,  $\chi^2$ -test), med multivariatnimi metodami pa binarno logistično regresijo ter posplošeni linearni regresijski model (GZLM).

Vpliv različnih dejavnikov na pojav naravnega mladja na ploskvah po vetrolomu smo preverjali z binarno logistično regresijo (Hosmer in Lemeshow, 2000). Kot odvisno spremenljivko smo definirali prisotnost mladja; če je bilo na ploskvi evidentiranih pet mladice ali več, smo to označili kot pozitiven dogodek (vrednost odvisne spremenljivke 1), v nasprotnem pa kot negativen dogodek (vrednost 0). Mejno število mladice na ploskvi smo določili glede na priporočila o minimalni gostoti sajenja drevesnih vrst (Diaci, 2006). Celotno proceduro preliminarnih analiz neodvisnih spremenljivk in izpeljave binarne logistične regresije smo povzeli po Klopčič in sod. (2009).

Vplivne dejavnike sprememb gostote mladja na ploskvah smo analizirali z GZLM (enačba 1), ki določa linearno razmerje med odvisno spremenljivko Y in sklopom neodvisnih spremenljivk X (Lindsey, 1997):

$$Y_i = (\beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_p X_{ip}) + e_i \quad [1],$$

kjer je:  $Y_i$  odvisna spremenljivka,

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  po parametri modela,

$X_{ij}$  so neodvisne spremenljivke, kjer velja:

$i=1, \dots, N; j=1, \dots, p,$

e standardna napaka, ki je slučajna spremenljivka.

Vseh devetindvajset neodvisnih spremenljivk (preglednica 2) smo vključili v proces modeliranja. Da bi se izognili multikolinearnosti, smo najprej izračunali Kendallove tau-b korelacijske koefici-

ente ( $r$ ) za pare neodvisnih spremenljivk. Če je bil izračunani  $r > 0,45$  (Klopčič in sod., 2009), smo v nadaljnji postopek modeliranja vključili le eno spremenljivko v paru. V naslednjem koraku smo začeli z izračunom modela. Vse neodvisne spremenljivke, ki v izračunanem modelu niso bile statistično značilne ( $p \geq 0,05$ ), smo postopoma izločali iz postopka izračuna modela ter postopek ponavljali do končnega modela, v katerem so bile vse neodvisne spremenljivke statistično značilne ( $p < 0,05$ ). Kot merilo prilagajanja modela podatkom smo uporabljali razmerje devianca/stopinje prostosti; če je bilo razmerje blizu 1, smo sklepali, da se je model dobro prilagajal podatkom. Dodatno smo model preverili še z analizo ostankov. Uporabili smo statistični program IBM SPSS Statistics 21.

### 3 REZULTATI

### 3 RESULTS

#### 3.1 Gostota, struktura in sestava naravnega mladja

#### 3.1 Density, structure and composition of natural regeneration

Na pretežnem delu ploskev smo registrirali vsaj eno mladico, delež ploskev brez mladja pa se je med popisnima letoma zmanjšal s 30 % na 11 %. Leta 2008 je bilo na 81 ploskvah evidentiranih 1031 mladice različnih drevesnih vrst, kar pomeni skupaj 7955 mladice/ha (preglednica 3). Do leta 2011 se je skupno število mladice povečalo za 21 %.

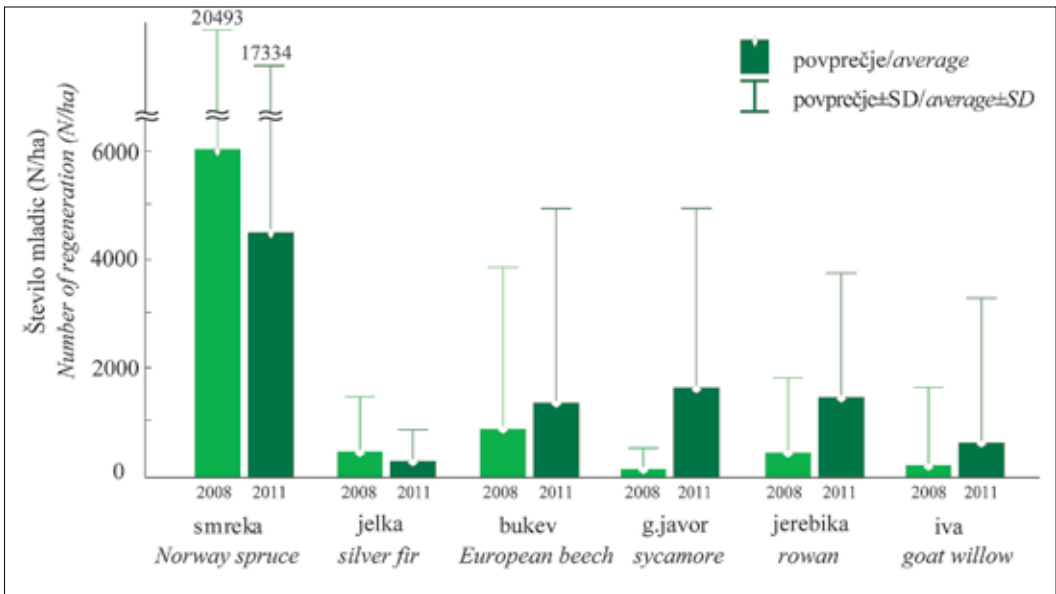
Mladje smreke smo evidentirali na 61 % ploskev, jelko na 26 %, bukev na 36 %, gorski javor na 42 %, jerebiko na 41 % in vrbo ivo na 24 % ploskev.

**Preglednica 3:** Gostota mladja (n/ha) po višinskih razredih leta 2008 in leta 2011

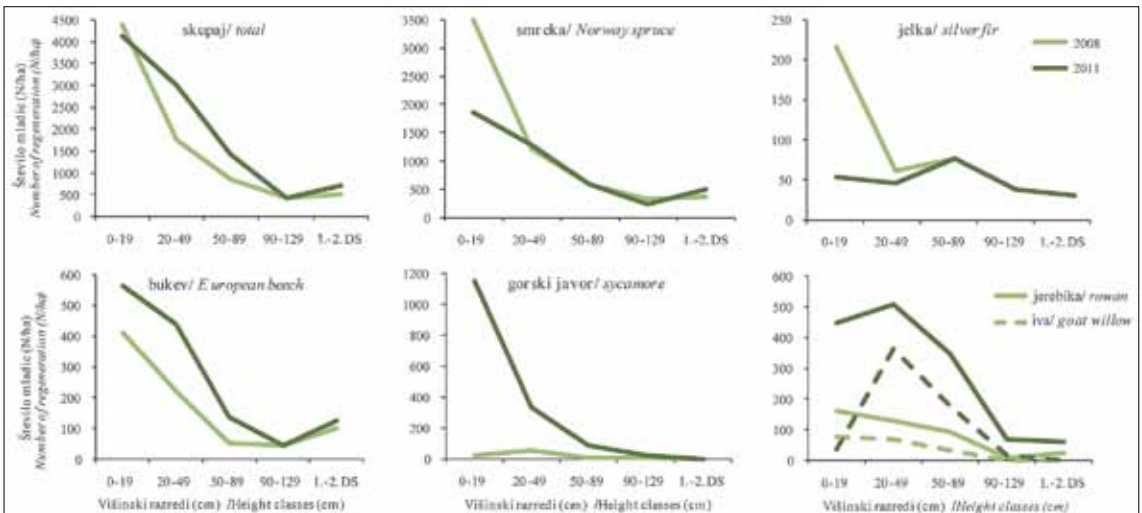
*Table 3: The abundance of regeneration (n/ha) per height classes in 2008 and 2011*

		Leto / Year	
		2008	2011
Skupno število mladice / Total number of regeneration		7.955	9.660
Skupno število poškodovanih mladice / Total number of damaged regeneration		471	1.196
Višinski razredi/ Height classes	0–19 cm	4.390	4.120
	20–49 cm	1.767	2.994
	50–89 cm	849	1.404
	90–129 cm	424	424
	1. in 2. debelinska stopnja / 0-4 and 5-9 cm DBH class	525	718





Slika 4: Število mladic različnih drevesnih vrst v letih 2008 in 2011  
 Figure 4: The regeneration density per tree species in 2008 and 2011



Slika 5: Višinska struktura mladic evidentiranih drevesnih vrst v letih 2008 in 2011  
 Figure 5: The height structure of regeneration per tree species in 2008 and 2011

V obeh letih popisa je v mladju prevladovala smreka, vendar se je njen delež med meritvama zmanjšal za 30 %. Podobno se je absolutno (iz 424 mladic/ha leta 2008 na 247 mladic/ha leta 2011), še bolj pa relativno (za 42 %), zmanjšalo obilje mladic jelke. Nasprotno se je zelo povečalo obilje listavcev, saj je leta 2008 njihov delež znašal 19 %, tri leta pozneje pa kar 51 %. Najbolj se je

povečalo število mladic gorskega javorja, precej tudi jerebike, manj pa bukke (slika 4). Pri vseh drevesnih vrstah je bila velika variabilnost števila mladic na ploskvi.

Višinska struktura skupnega mladja v obeh popisih nakazuje padajočo J-porazdelitev, med porazdelitvama pa smo ugotovili statistično značilne razlike ( $\chi^2$ -test:  $p < 0,01$ ). Največje obilje

mladic smo v obeh popisih evidentirali v najnižjem višinskem razredu 0–19 cm, nato pa se je obilje mladice zmanjševalo po višinskih razredih; najmanjše je v višinskem razredu 90–129 cm (slika 5). Pri smreki in jelki je zmanjšanje obilja mladice opazno predvsem v prvem višinskem razredu. Število jelovih mladice, višjih od 50 cm, je med popisoma ostalo nespremenjeno, ima pa jelka med vsemi vrstami najvišji delež teh mladice v skupnem številu mladice. Med popisoma se je zelo povečalo obilje mladice listavcev, predvsem v prvem in drugem višinskem razredu (izjema je vrba iva). V prvem višinskem razredu smo največji delež mladice ugotovili pri gorskem javorju (72 %). Stopnja preraščanja je bila najnižja prav pri gorskem javorju in vrbi ivi, saj na nobeni ploskvi nismo našli mladice, ki bi prerasla v prvo debelinsko stopnjo. Razlog za to je bil v zelo nizki gostoti mladja teh vrst pred vetrolomom; večina mladja se je namreč razvila po vetrolomu in zato še ni preraslo višine 1,3 m.

### 3.2 Poškodovanost naravnega mladja

#### 3.2 Damage of natural regeneration

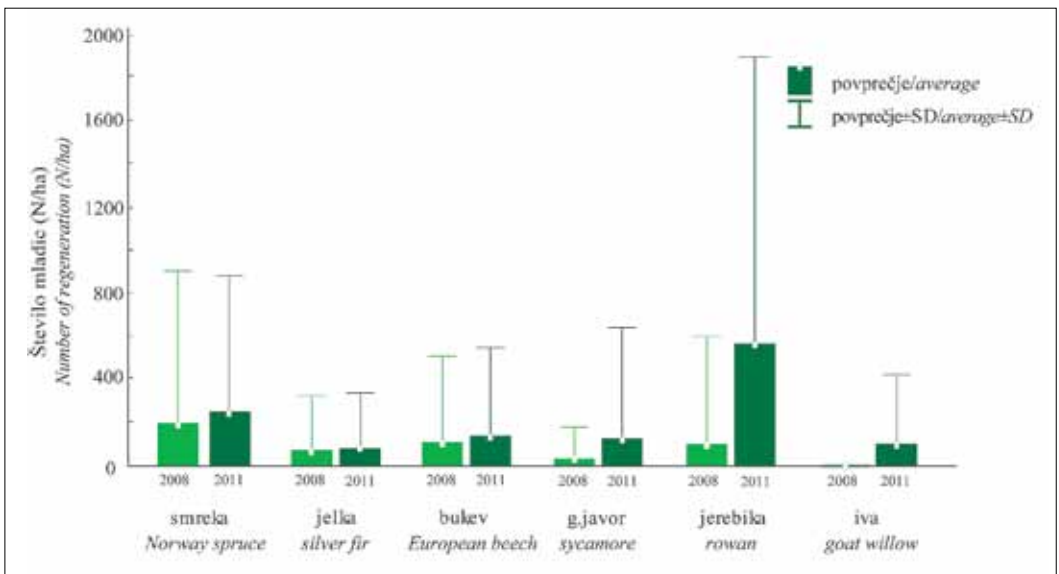
Stopnja poškodovanosti mladja je med ploskvami zelo variirala. Leta 2008 smo evidentirali 471 poškodovanih mladice/hektar, leta 2011 pa 1196/ha.

Delež poškodovanosti mladja je pri prvi meritvi znašal 6 %, pri drugi pa se je povečal na 12 %. Večja stopnja poškodovanosti je bila opazna pri vseh drevesnih vrstah. V letu 2008 je glede na število poškodovanih mladice prednjačila smreka (slika 6), v deležu poškodovanosti osebikov pa gorski javor. V obdobju med prvim in drugim popisom se je najbolj povečala poškodovanost jerebrike (14 % absolutno in 538 % relativno), ki je v letu 2011 prednjačila v številu poškodovanih mladice (540 poškodovanih mladice/hektar). Poleg jerebrike je bila precej poškodovana tudi jelka (28 % vseh mladice). Med popisoma se je povečalo število poškodovanih mladice gorskega javorja, vendar pa se je zaradi večje gostote občutno zmanjšal odstotek poškodovanih mladice.

### 3.3 Povezanost obilja naravnega mladja z rastiščnimi in sestojnimi dejavniki

#### 3.3 Relations between natural regeneration density and site and stand characteristics

V analizi podatkov iz obeh popisov mladja smo najvišji pozitivni korelacijski koeficient ugotovili med skupnim številom mladice in deležem zastora grmovnih vrst, sledi pa korelacija z deležem pokritosti ploskve z opadom listja (preglednica 4).



Slika 6: Poškodovanost mladja evidentiranih drevesnih vrst v letih 2008 in 2011  
 Figure 6: The damage of regeneration per tree species in 2008 and 2011

**Preglednica 4:** Kendalovi tau-b korelacijski koeficienti med rastiščnimi in sestojnimi dejavniki ter skupnim številom mladic in ločeno po drevesnih vrstah (prikazani so samo dejavniki, med katerimi je bila ugotovljena statistično značilna korelacija s  $p < 0,05$ )

**Table 4:** Kendall's tau-b correlation coefficients between site and stand characteristics and regeneration densities per tree species (only variables with a significant correlation coefficient are shown -  $p < 0.05$ )

Spremenljivke Variables	Skupaj mladje Regeneration		Smreka Spruce		Bukev Beech		Jelka Fir	G. javor Sycamore	Jerebika Rowan	Vrba iva Goat willow
	2008	2011	2008	2011	2008	2011	2008	2011	2011	2011
<b>ZVEZNE / Continuous</b>										
NMV						0,256		0,383	0,182	
Nagib			-0,174			0,299		0,229		
D1	0,187				0,261	0,287		0,208		
D2	0,204	0,188		0,204						
G1_G2	0,486		0,479		0,261		0,301			0,181
Z	0,283		0,373					-0,207		
M	0,276		0,258				0,252			
Opad_listja	0,329	0,235	0,249		0,346	0,348	0,216		0,213	
Razd_zapata	-0,365	-0,301	-0,371	-0,329	-0,253		-0,206		-0,199	
DEL_LST			-0,166							
<b>BINARNE / Binary</b>										
Sub_apnen	-0,190		-0,230	-0,227						
Glob_tal_plit	-0,210		-0,277	-0,209				0,213		
Tla_rendzina			-0,225							
RF_deb		-0,212	-0,203	-0,249						
RF_poml	0,220	0,199	0,271	0,350						
RF_rzn			-0,243	-0,197				0,289	-0,186	

Pozitivno korelacijo smo v obeh popisih ugotovili še med številom mladic in prisotnostjo sestoja v obnovi na SVP pred vetrolomom ter med številom mladic in deležem zastora spodnje drevesne plasti. Najvišji negativni korelacijski koeficient smo v obeh popisih ugotovili med skupnim številom mladic in razdaljo ploskve do najbližje zaplate gozdnega sestoja, kar pomeni, da se število mladic zmanjšuje s povečanjem razdalje do gozdnega roba. Več spremenljivk je statistično značilno koreliralo s skupnim številom mladic le v enem izmed obeh popisov.

Število smrekovih mladic je v obeh popisih negativno koreliralo z razdaljo ploskve do najbližje zaplate gozdnega sestoja, prisotnostjo debeljaka ali raznomernega sestoja na SVP pred vetrolomom

in prisotnostjo apnenčaste matične podlage in globine tal. Pozitivno korelacijo pa smo v obeh popisih ugotovili le med številom mladic in prisotnostjo sestoja v obnovi na SVP pred vetrolomom. Omeniti velja še visoki pozitivni korelaciji med številom mladic smreke in zastorom grmovne ter zeliščne plasti.

V obeh popisih je število bukovih mladic statistično značilno koreliralo le z deležem listnega opada na ploskvi in z deležem zastora zgornje drevesne plasti. V prvem popisu smo ugotovili še negativno korelacijo števila mladic bukve z razdaljo ploskve do najbližje zaplate gozdnega sestoja.

Zaradi majhnega števila mladic gorskega javorja, jerebika in vrbe ive pri prvi meritvi ter jelke pri drugi za te vrste prikazujemo korelacij-

ške koeficiente samo za posamezna leta. Število mladice jelke je pozitivno koreliralo z deležem zastrtosti ploskve z grmovno in mahovno plastjo ter deležem listnega opada, negativno pa z razdaljo ploskve do najbližje zaplate gozdnega sestoja in prisotnostjo raznomernega sestoja na SVP pred vetrolomom. Število mladice gorskega javorja je pozitivno najbolj koreliralo z nadmorsko višino in prisotnostjo raznomernega sestoja na SVP pred vetrolomom, negativno pa z deležem zastora zeliščne plasti na ploskvi. Podobno je tudi število mladice jerebice pozitivno koreliralo z nadmorsko višino, pa tudi z deležem opada listja na ploskvi, negativno pa kot jelka z razdaljo ploskve do najbližje zaplate gozdnega sestoja in prisotnostjo raznomernega sestoja na SVP pred vetrolomom. Število mladice vrbe ive je pozitivno koreliralo le z deležem zastora grmovne plasti.

### 3.4 Vzajemni vpliv dejavnikov na naravno obnovo

### 3.4 Mutual influence of site and stand variables on natural regeneration

V pojasnjevalni model pojava naravnega mladja na vetrolomni površini so bile vključene štiri neodvisne spremenljivke (preglednica 5). Med njimi je bila najpomembnejša ekspozicija terena: pojav mladja je bil 33-krat verjetnejši na ploskvah z južno ekspozicijo. Pomembna je bila tudi količina listnega opada na ploskvi, ki se je kot pomembna spremenljivka izkazala že v univariatnih analizah. Povprečno zastiranje listnega opada je bilo 23,5 %; če se ta delež poveča za 10 %, se obeti pojava mladja povečajo za 1,7-krat. Verjetnost pojava mladja se zmanjšuje z večjim deležem skalovitosti, enako se zmanjšuje verjetnost pojava mladja z večanjem razdalje do najbližje gozdne zaplate. Povprečna razdalja ploskev do najbližje zaplate gozdnega sestoja je bila 53,4 metra; če to razdaljo povečamo za 50 metrov, se obeti pojava mladja zmanjšajo za 1,9-krat, če pa razdaljo povečamo na 153,4 metra, je pojav mladja 3,7-krat manj verjeten. V multivariatni model sprememb gostote mladja na vetrolomni površini je bilo vključenih sedem neodvisnih, večinoma rastiščnih spremenljivk (preglednica 6). Na spremembo obilja mladja imata največji pozitiven vpliv južna ekspozicija ploskve in prisotnost drogovnjaka na lokaciji

**Preglednica 5:** Vplivni dejavniki pojava mladja na vetrolomni površini

*Table 5: Influential factors of natural regeneration occurrence on the windthrow area*

	$\beta$	$p$	exp(B)
Konstanta/ <i>Constant</i>	-2,019	0,173	0,133
exp_S	3,495	0,014	32,950
Skalovitost	-0,023	0,073	0,977
Opad_listja	0,022	0,083	1,023
Razd_zaplata	-0,013	0,010	0,987

**Preglednica 6:** Vplivni dejavniki sprememb gostote mladja na vetrolomni površini

*Table 6: Influential factors of changes in natural regeneration density on the windthrow area*

	B	P
Konstanta/ <i>Constant</i>	-104,786	0,000
NMV	0,074	0,000
exp_S	9,160	0,010
Tla_rendzina	-9,633	0,003
D1	0,165	0,001
Z	-0,060	0,038
M	-0,307	0,000
RF_drg	9,165	0,026

ploskve pred vetrolomom, manjšega pa zastiranje zgornje drevesne plasti in nadmorska višina. Rendzina negativno vpliva na spremembo gostote mladja, enak vpliv pa imata tudi zastiranje zeliščne in zastiranje mahovne plasti.

## 4 RAZPRAVA

## 4 DISCUSSION

### 4.1 Gostota, struktura in sestava naravnega mladja

### 4.1 Density, structure and composition of natural regeneration

Sanacijski načrt proučevane vetrolomne površine (Papler-Lampe in sod., 2006) je predvideval, da se večina prizadete površine prepusti naravni obnovi, le del pa se obnovi ali izpopolni s sajenjem. V letu 2011 je bila gostota mladja skoraj 10.000/ha, kar v literaturi (npr. Diaci, 2006) predstavlja zgornjo

mejno vrednost gostote sajenja bukve, za druge vrste je ta vrednost nižja. Sklepamo, da je gostota mladja zadostna za uspešno oblikovanje sestojev.

V obeh popisih smo največ mladice evidentirali v najnižjem višinskem razredu do 19 cm. Za to mladje lahko sklepamo, da se je razvilo po vetrolomu. Delež tega mladja se je v obdobju med popisoma sicer zmanjšal za 13 %, absolutno pa je bila njegova gostota v obeh popisih približno enaka (4100–4400/ha). Glede na navedene rezultate o gostoti mladja lahko ugotovimo, da je bila spontana naravna obnova vetrolomne površine uspešna. Mladje je uspešno preraščalo v višje višinske razrede, izjema je le jelka, katere število mladice se je v višinskih razredih manj kot 50 cm med popisoma opazno zmanjšalo, število mladice v višjih razredih pa se ni povečalo.

Mladje v višinskih razredih več kot 50 cm lahko označimo kot predraslo mladje, ki je bilo kot pomladek prisotno pod zastorom starih sestojev pred vetrolomom. Pomen predraslega mladja pri obnovi vetrolomnih površin so izpostavili številni raziskovalci (Nagel in sod., 2006; Schönenberger, 2002; Rammig in sod., 2006; Vodde in sod., 2010), njihov velik pomen pa se je izkazal tudi v našem primeru, saj je predraslo mladje predstavljalo 26 % vsega mladja. Število mladice, višjih od 50 cm, je veliko pri vseh drevesnih vrstah, pri večini vrst, razen gorskega javorja in vrbe ive, smo registrirali tudi drevesca v prvi in drugi debelinski stopnji. Glede na višinsko strukturo mladja lahko zaključimo, da se je večina mladice gorskega javorja, jerebike in vrbe ive, torej vrst, ki so svetloljubnejše, razvila po vetrolomu, medtem ko je bilo mladje nekoliko bolj sencozdržnih (ali vsaj manj svetloljubnih) vrst, kot so smreka, jelka in bukev, prisotno že pred vetrolomom.

Opravljen popis mladja kažeta na prevlado smreke, vendar se je med popisoma njen delež zmanjšal, povečal pa se je delež listavcev. V letu 2011 je bilo v mladju 46 % smreke, 16 % gorskega javorja, 15 % jerebike, 14 % bukve, 6 % ive in 3 % jelke. Primerjava prikazanih deležev s ciljno zmesjo drevesnih vrst predalpskih jelovo-bukovij v zaostrenih ekoloških razmerah (rastiščno-gojitveni razred (RGR) 3; GGN Jelovica 2012-2021, 2012) izkazuje (pre)majhen delež smrekovega in jelovega mladja ter hkrati (pre)velik delež vseh listavcev. Vendar moramo pri tem upoštevati, da

je ciljna zmes sestojev v RGR predstavljena za odrasli sestoj in ne za mladovje, hkrati pa velja upoštevati tudi, da se bo zaradi ostrih ekoloških razmer pa tudi medvrstnih odnosov in poškodovanosti zanesljivo še spreminjala drevesna sestava sedanjega mladja. Drevesno sestavo mladja lahko primerjamo tudi z drevesno sestavo podmladka v celotni GGE Jelovica (GGN Jelovica 2012-2021, 2012), kjer prevladujeta smreka in bukev. Primerjava na vetrolomni površini izkazuje manjši delež jelke in bukve, veliko več pa je gorskega javorja, jerebike in vrbe.

V drevesni sestavi mladja dve leti po vetrolomu je pričakovano prevladovala smreka, saj so pred vetrolomom to uspevali pretežno odrasli smrekovi sestoji, ki so predstavljali bogato semensko banko za razvoj naravnega mladja. V takih rastiščnih razmerah je smreka tudi pionirska vrsta, ki se uspešno uveljavlja na ogolelih površinah in v večjih vrzelih (Diaci, 2006; Tjoelker in sod., 2007). Z razvojem mladja se na vetrolomni površini uveljavljajo listopadne drevesne vrste. Podobno je ugotovil Schönenberger (2002), ki ugotavlja, da na vetrolomnih površinah hitro prevladajo listavci in imajo pomembno vlogo pri obnovi razgozdene površine. Jerebika in iva sta najprej poselili ogolelo površino, saj sta izraziti pionirski drevesni vrsti (Brus, 2005); med popisoma se je njuna številčnost zelo povečala. Zelo sta se povečala številčnost in delež mladice gorskega javorja, verjetno zaradi svetloljubnosti te drevesne vrste, velike prisotnosti semena in hitre rasti v mladosti (Brus, 2005). Delež bukve je pričakovan, delež jelke pa je zelo majhen in se še vedno zmanjšuje. Glede na to, da je jelka poleg jerebike najbolj poškodovana drevesna vrsta in da se je poškodovanost jelovih mladice med popisoma povečala za 14 %, lahko sklepamo, da je objedanje eden od vzrokov za zmanjševanje njenega deleža v mladju. Največ mladice jelke je visokih 50–89 cm, zato so bolj izpostavljene objedanju kot mladje nižje rasti, ki ga ščitijo lesni ostanki in podrast; podobno sta ugotovila tudi Hunziker in Brang (2005).

Na vetrolomni površini je največ poškodovanega mladja zaradi objedenosti. Poškodovanost mladice se povečuje iz leta v leto, kar je pričakovano, saj je večji obseg poškodb zaradi objedanja pri višjem mladju (Hunziker in Brang, 2005). Čeprav se število poškodovanega mladja povečuje,

je v letu 2011 odstotek poškodovanosti (12 %) še zagotavljal uspešno naravno obnovo ogolele površine (Perko, 2009). Stopnja poškodovanosti je tudi nižja od ocene popisa objedenosti mladja gozdov Jelovice iz leta 2009, kjer je bila skupna objedenost 19 % (Lovskoupravljavski načrt, 2011–2020, 2011).

## 4.2 Vplivni dejavniki uspešnosti naravne obnove

### 4.2 Influential factors of natural regeneration success

V raziskavi smo ugotovili povezanost spremembe gostote naravnega mladja in pojavnosti mladja s številnimi rastiščnimi in sestojnimi dejavniki. Med najpomembnejše lahko uvrstimo razdaljo do najbližje zaplate gozdnega sestoja. Ta razdalja je pomembna predvsem zaradi razpoložljivosti in distribucije semena, ki pa se med drevesnimi vrstami zelo razlikuje. Za bukev so Poljanec in sodelavci (2010) ugotovili, da je razdalja do odraslega bukovega sestoja zelo pomembna za naravno obnovo te drevesne vrste predvsem zaradi težkega semena. Zato imajo pri distribuciji bukvinega semena pomembno vlogo živalske vrste (Nilsson, 1985). Druge drevesne vrste, ki se pomlajujejo na vetrolomni površini, se zaradi drugačne oblike in predvsem teže semena (Brus, 2005) lažje širijo na razgaljene površine. Nasemenitev smreke je zadostna do razdalje 250 m od semenskih dreves (Rammig in sod., 2006). Isti avtorji so tudi ugotovili, da je na lokacijah blizu gozdnega roba 3- do 4-krat več dreves kot na lokacijah, ki so bolj oddaljene od gozdnega roba. Zato je v bližini gozdnega roba obnova praviloma hitrejša.

Pomemben dejavnik uspešnosti obnove je bila lega (ekspozicija), posebno je izstopala južna, ki je zelo pozitivno vplivala na pojav mladja in spremembo njegove gostote, vključena pa je bila tudi v modele spremembe gostote mladja jelke in jerebike (rezultati niso prikazani). Južne lege so toplejše in še posebno jelka za svojo rast potrebuje precej toplote in tudi vlage (Brus, 2005). Vendar sta na toplih pobočjih za uspešno in hitro naravno obnovo pomembni tudi difuzna svetloba in globina tal (Diaci in sod., 2005). Pri interpretaciji teh rezultatov moramo biti previdni, saj je bilo v

analizo vključenih le pet ploskev z južno ekspozicijo, zato ni primerno delati trdnih zaključkov.

Na pojav skupnega mladja in mladja bukve ter na spremembo gostote bukovega mladja pozitivno vpliva količina listnega opada na tleh. Listni opad v tleh zadržuje vlago in toploto in tako omogoči boljšo kalitev semen in rast mladice (Diaci, 2002; Diaci in sod., 2005; Vodde in sod., 2010). Nasprotno pa opad lesa ni bil povezan in ni bil izpostavljen kot vplivni dejavnik pojava in spremembe gostote mladja, vpliv se je pokazal le pri pojavu smrekovega mladja, in sicer negativen (rezultat ni prikazan). Pričakovano je bil pozitiven vpliv opada lesa na pojav in obilje smrekovega mladja, rezultat pa je verjetno povezan s šele začetno fazo razgradnje lesa. Pričakujemo, da bo imel opad lesa v prihodnjih letih večjo vlogo, saj bo njegova razgradnja povečala količino dostopnih hranil, kar pa vpliva na pojav in obilje pa tudi drevesno sestavo mladja (Hytteborn in Packham, 1985; Schönberger, 2002; Wohlgenuth in sod., 2002; Rammig in sod., 2007).

Pomemben dejavnik, ki vpliva na spremembo gostote mladja, je tudi prisotnost drogovnjaka pred vetrolomom. Ta rezultat je bil nekoliko presenetljiv, če upoštevamo dejstvo, da je v drogovnjakih majhna količina podmladka. Na ploskvah, kjer je bil pred vetrolomom drogovnjak, je bilo v času druge meritve povprečno zastiranje zgornje drevesne plasti 40 % in spodnje drevesne plasti 9 %. To pomeni, da so bila na teh ploskvah ali v njihovi neposredni okolici drevesa, ki so že lahko semenila in tako omogočila obilnejše pomlajevanje. Tak rezultat nakazuje tudi, da sestojna zgradba ne vpliva le na odpornost sestojev proti vetrolomom (Bleiweis, 1983; Schütz in sod., 2006; Jakša, 2007), ampak tudi na možnost naravne obnove po motnji.

Na pojav mladja je negativno vplival delež skalovitosti, saj na skalovitih, neporaščenih tleh ni razgrajevanja humusne plasti, ki z vsebovanimi hranili pospešuje naravno pomlajevanje (Diaci in sod., 2005). Čeprav je bil pričakovano zelo negativen vpliv zastora grmovne in zeliščne plasti na pojav mladja, so modeli izkazali le manjši vpliv teh spremenljivk. V času med popisoma se je zelo povečalo zastiranje zeliščne plasti, pritalna vegetacija pa je pogosto konkurenca mladju (Indermühle in sod., 2005; Diaci in sod., 2005;

Rammig in sod., 2007). Po mnenju nekaterih včasih lahko celo ugodno vpliva na mladje, saj ga ščiti pred neposredno svetlobo (Diaci, 2002) in objedanjem (Rammig in sod., 2007).

### 4.3 Prihodnji razvoj gozdnih sestojev na vetrolomni površini

#### 4.3 Future development of forest stands on the windthrow area

Na območju raziskave so pred vetrolomom prevladovali zasmrečeni sestoji, večinoma v razvojni fazi debeljaka. Na rastišču jelovo-bukovih gozdov je v drevesni sestavi prevladovala smreka s slabimi 90 % v lesni zalogi, v približno enakem deležu sta ji bili primešani bukev in jelka (5 %), neznaten delež pa je imel gorski javor (1 %). Trenutna sestava mladja je drugačna; delež smreke je sicer velik, vendar bistveno manjši kot pred vetrolomom. Znatni deleži listnatih vrst, predvsem bukve in gorskega javorja, nakazujejo spremembe drevesne sestave gozdnih sestojev v prihodnosti. Povečanje deleža listavcev, predvsem bukve v gozdovih na območju Jelovice, sta ugotovila že Klopčič in Bončina (2011), ki sta na podlagi arhivskih podatkov v starih gozdnogospodarskih načrtih proučevala dinamiko jelovo-bukovih gozdov v Sloveniji. V prihodnosti se bo delež bukve zagotovo še povečal, kar kaže na razvoj sestoja k naravni drevesni sestavi, v kateri ima bukev 30–50 % lesne zaloge (Veselič in Robič, 2001).

Klopčič in Bončina (2011) pa tudi Ficko in sodelavci (2011) so v teh gozdovih ugotovili povečanje deleža jelke, česar pa naši rezultati ne potrjujejo. Na vetrolomni površini je delež jelke v mladju majhen, tudi višinska struktura mladja jelke ni ugodna. Jelka je sencozdržna vrsta, zato ji tako velike razgaljene površine ne ustrezajo. Poleg tega je pred vetrolomom očitno primanjkovalo semenskih dreves, mladice jelke pa so zelo objedene, kar povzroča njihovo odmiranje. Vendar pa na celotnem območju GGE Jelovica ni težav s pomlajevanjem jelke (GGN Jelovica 2012-2021, 2012), zato njeno slabše stanje v mladju na vetrolomni površini ni tako zaskrbljujoče.

Trenutna drevesna sestava mladja omogoča široko gozdnogojitveno obravnavo. S primernim upravljanjem je mogoče vzgojiti kakovostne

mešane sestoje smreke, bukve, gorskega javorja in jelke s posamično primesjo drugih drevesnih vrst, kot je jerebika. Takšni sestoji bodo zanesljivo bližje naravni drevesni sestavi kot sestoji pred vetrolomom.

## 5 SUMMARY

### 5 POVZETEK

In Central Europe natural disturbances in forests are becoming more frequent, with windthrow being the main disturbance agent. Windthrow disturbances of high intensity are rare, but occur mainly in secondary Norway spruce dominated stands. Such catastrophic disturbances require an appropriate consideration in the planning and forest management processes. Within the process of restoration after the disturbance, a regeneration of disturbed forest area represents an important part, in which ecological and economic goals need to be considered. In 2006 a hurricane blew down 160 ha of secondary Norway spruce stands in the Jelovica plateau, Julian Alps, Slovenia. The majority of windthrow area was decided to be naturally regenerated, but the success of natural regeneration has to be checked and the decision corrected if necessary. Therefore the main objectives of our study were 1) to analyze the density, height structure and tree species composition of natural regeneration and 2) to examine the influential factors of natural regeneration occurrence and changes in its abundance.

Our study was conducted in the windthrow area in forest management unit Jelovica (125 ha) at the elevation range of 1100-1400 m a.s.l. In the study area the main natural forest type was mixed silver fir-European beech forest community (*Homogyna sylvestris-Fagetum*), but damaged stands were Norway spruce dominated, even-aged, mainly mature stands. To survey natural regeneration, 81 plots of 16 m<sup>2</sup> each were placed on the windthrow area on a grid of 100 × 200 m. In 2008 and 2011 natural regeneration was tallied per height classes, tree species and damage presence. In addition, several site and stand characteristics for each plot were assessed. In the analyses Kendall's tau-b correlation coefficients,  $\chi^2$ -tests, binary logistic regression and generalized linear regression modelling technique were applied.

The proportion of plots without natural regeneration decreased from 30 % in 2008 to 11 % in 2011. Between the surveys the density of natural regeneration increased from 7955/ha to 9660/ha. Norway spruce predominated in natural regeneration in both surveys, but its proportion dropped between 2008 and 2011. On the contrary, the proportion of broadleaves increased substantially (from 19 % to 51 %). In both surveys the majority of natural regeneration was registered in the height class of 0-19 cm and the number of regeneration decreased with higher height classes. The recruitment rates of tree species were adequate, the exceptions were sycamore and goat willow. The damage rate of tallied regeneration was 6 % in 2008, but increased to 12 % in 2011.

Univariate statistical analysis exposed the distance to the nearest forest stand, proportion of leaf-litter on a plot, proportions of brushwood and herb layer, and soil depth as factors most significantly related to regeneration density. Multivariate analyses once again exposed the distance to the nearest forest stand and the proportion of leaf-litter on a plot in addition to plot exposure as the most important influential factors of natural regeneration occurrence and of changes in regeneration density.

According to our results, a conclusion that natural regeneration on the windthrow area was successful can be made. The regeneration density was adequate, its recruitment rate was sufficient for most of species. The exception was silver fir; the number of fir below 50 cm in height decreased between 2008 and 2011, while the number of fir higher than 50 cm remained unchanged. The state of fir regeneration in the broader area of the Jelovica plateau reflects a better condition and its future is not so worrying. The composition of natural regeneration in the windthrow area indicates changes in tree species composition of future forest stands – a higher proportion of broadleaves, especially European beech, may be expected – but such state also represents a basis for various forest management (silvicultural) treatments.

## 6 ZAHVALA

## 6 ACKNOWLEDGEMENT

Prispevek je delno nastal v okviru aplikativnega projekta L4-4091, ki ga financirata ARRS in MKO, prvi popis mladja pa je bil opravljen v okviru diplomske naloge vodilne avtorice prispevka. Za sodelovanje se avtorji zahvaljujemo Alešu Poljancu, Gregorju Janu in Matevžu Triplatu ter Območni enoti Bled Zavoda za gozdove Slovenije, za koristne pripombe pa recenzentu prispevka.

## 7 VIRI

## 7 REFERENCES

- Bleiweis, S., 1983. Pogostost in obseg škod zaradi ujm v slovenskih gozdovih. *Gozdarski vestnik*, 41, 6: 234–249.
- Brus, R., 2005. *Dendrologija za gozdarje*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 408 s.
- Canham, C.D., Papaik, M.J., Latty, E.F., 2001. Interspecific variation in susceptibility to windthrow as a function of tree size and storm severity for northern temperate tree species. *Canadian journal for forest research*, 31: 1–10.
- Diaci, J., 2002. Regeneration dynamics in a Norway spruce plantation on a silver fir-beech forest site in the Slovenian Alps. *Forest ecology and management*, 161: 27–38.
- Diaci, J., Pisek, R., Bončina, A., 2005. Regeneration in experimental gaps of subalpine *Picea abies* in the Slovenian Alps. *European journal of forest research*, 124: 29–36.
- Diaci, J., 2006. *Gojenje gozdov*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 348 s.
- Ficko, A., Poljanec, A., Bončina, A., 2011. Do changes in spatial distribution, structure and abundance of silver fir (*Abies alba* Mill.) indicate its decline? *Forest ecology and management*, 261, 4: 844–854.
- Frelich, L.E., 2002. *Forest dynamics and disturbance regimes: Studies from temperate evergreen–deciduous forests*. Cambridge, Cambridge University Press: 266 s.
- Gartner, A., Papler-Lampe, V., Poljanec, A., Bončina, A., 2007. Upoštevanje katastrof pri načrtovanju in gospodarjenju z gozdovi na primeru vetroloma na Jelovici. V: Jurc, M. (ur.), *Podnebne spremembe: vpliv na gozd in gozdarstvo*. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Ljubljana, s. 153–175.
- GGN Jelovica 2002-2011, 2003. *Gozdnogospodarski načrt*



- za gozdnogospodarsko enoto Jelovica za desetletje 2002-2011. Bled, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Bled, 128 s.
- GGN Jelovica 2012-2021, 2012. Gozdnogospodarski načrt za gozdnogospodarsko enoto Jelovica za desetletje 2012-2021. Bled, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Bled, 212 s.
- Holub, K., Rusajova, J., Sandev, M., 2009. A comparison of the features of windstorms Kyrill and Emma based on seismological and meteorological observations. *Meteorologische Zeitschrift*, 18, 6: 607–614.
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., 2000. *Applied Logistic Regression*. 2nd ed. New York, John Wiley & Sons.
- Hunziker, U., Brang, P., 2005. Microsite patterns of conifer seedling establishment and growth in a mixed stand in the southern Alps. *Forest ecology and management*, 210: 67–79.
- Hytteborn, H., Packham, J. R., 1985. Left to nature: forest structure and regeneration in Fiby Urskog, Central Sweden. *Arboric*, 9: 1–11.
- Ilisson, T., Köster, K., Vodde, F., Jögiste, K., 2007. Regeneration development 4-5 years after a storm in Norway spruce dominated forests, Estonia. *Forest ecology and management*, 250: 17–24.
- Indermühle, M., Raetz, P., Volz, R., 2005. *Lothar Ursächliche Zusammenhänge und Risikoentwicklung. Synthese des Teilprogramms 6*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern, 145 s.
- Jakša, J., 1997. Obseg in posledice gozdnih požarov v Sloveniji v letih 1991 do 1996 ter vloga gozdarstva v varstvu pred požari v gozdu. *Gozdarski vestnik*, 55, 9: 385–395.
- Jakša, J., 2007. Naravne ujme v gozdovih Slovenije. *Gozdarski vestnik*, 65, 4: 177–186.
- Jakša, J., Kolšek, M., 2009. Naravne ujme v slovenskih gozdovih. *Ujma*, 23: 72–81.
- Klopčič, M., Poljanec, A., Gartner, A., Bončina, A., 2009. Factors related to natural disturbances in mountain Norway spruce (*Picea abies*) forests in the Julian Alps. *Ecoscience*, 16, 1: 48–57.
- Klopčič, M., Bončina, A., 2011. Stand dynamics of silver fir (*Abies alba* Mill.)-European beech (*Fagus sylvatica* L.) forests during the past century: a decline of silver fir? *Forestry*, 84, 3: 259–271.
- Kupferschmid, A., Bugmann, H., 2005. Effect of microsites, logs and ungulate browsing on *Picea abies* regeneration in a mountain forest. *Forest ecology and management*, 205: 251–265.
- Lindsey, J.K., 1997. *Applying generalized linear models*. New York, Springer: 256 s.
- Loehle, C., LeBlanc, D., 1996. Model-based assessments of climate change effects on forests: a critical review. *Ecological modelling*, 90: 1–31.
- Lovsko upravljavski načrt 2011–2020, 2011. Lovsko upravljavski načrt za II. Gorenjsko lovsko upravljavsko območje za desetletje 2011–2020. Kranj, Bled, ZGS, OE Kranj in OE Bled, 245 s.
- Nagel, T.A., Svoboda, M., Diaci, J., 2006. Regeneration patterns after intermediate wind disturbance in an old growth *Fagus-Abies* forest in southeastern Slovenia. *Forest ecology and management*, 226: 268–278.
- Nilsson, S.G., 1985. Ecological and evolutionary interactions between reproduction of beech *Fagus sylvatica* and seed eating animals. *Oikos*, 44: 157–164.
- Nilsson, C., Stjernquist, I., Barring, L., Schlyter, P., Jönsson, A.M., Samuelson, H., 2004. Recorded storm damage in Swedish forests 1901–2000. *Forest ecology and management*, 199: 165–173.
- Oliver, C. D., Larson, B. C., 1996. *Forest stand dynamics*. New York, John Wiley & Sons: 520 s.
- Ott, E., Lüscher, P., Frehner, M., Brang, P., 1991. Verjüngungsökologische Besonderheiten im Gebirgsfichtenwald im Vergleich zur Bergwaldstufe. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 142: 879–904.
- Papler-Lampe, V., 2006. Vetrolom na Jelovici. *Gozdarski vestnik*, 64, 9: 446–448.
- Papler-Lampe, V., Bajželj, B., Černe, B., Gartner, A., Gašperin, M., Rozman, J., Šemrl, J., Škrlep, B., 2006. Sanacijski načrt vetroloma na Jelovici – 29. junij 2006. Zavod za gozdove Slovenije, OE Bled, OE Kranj.
- Papler-Lampe, V., 2008. Snegolom, ki je januarja 2007 prizadel blejske gozdove. *Gozdarski vestnik*, 66, 5/6: 309–319.
- Papler-Lampe, V., 2009. Presoja ukrepov pri sanacijah ujm 2006-2008. *Gozdarski vestnik*, 67, 5/6: 365–376.
- Perko, F., 2009. Monitoring vpliva rastlinojedov na naravno obnovo gozdov. *Gozdarski vestnik*, 64, 4: 202–210.
- Pavšer, M., 1956. *Pedološka karta Jelovica*. Beograd, Zavod za kartografijo.
- Poljanec, A., Gartner, A., Papler-Lampe, V., Bončina, A., 2008. Sanacija v ujmah poškodovanih gozdov. V: Zorn, M. in sod. (ur.), *Naravne nesreče v Sloveniji 2008: zbornik posvetovanja*. Ljubljana, ZRC, s. 64.
- Poljanec, A., Ficko, A., Bončina, A., 2010. Spatiotemporal dynamic of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in Slovenia, 1970-2005. *Forest ecology and management*, 259: 2183–2190.
- Rammig, A., Fahse, L., Bugmann, H., Bebi, P., 2006. Forest regeneration after disturbance: a modelling study for the Swiss Alps. *Forest ecology and management*, 222: 123–136.
- Rammig, A., Fahse, L., Bebi, P., Bugmann, H., 2007. Wind disturbance in mountain forests: simulating the impact of management strategies, seed supply,

- and ungulate browsing on forest succession. *Forest ecology and management*, 242: 142–154.
- Schelhaas, M. J., Nabuurs, G. J., Schuck, A., 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global change biology* 9: 1620–1633.
- Schlyter, P., Stjernquist, I., Barring, L., Jönsson, A.M., Nilsson, C., 2006. Assessment of the impacts of climate change and weather extremes on boreal forests in northern Europe, focusing on Norway spruce. *Climate research*, 31:75–84.
- Schönenberger, W., 2002. Post windthrow stand regeneration in Swiss mountain forests: the first ten years after the 1990 storm Vivian. *Forest, snow and landscape research*, 77, 1/2: 61–80.
- Schütz, J. P., Götz, M., Schmid, W., Mandallaz, D., 2006. Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silviculture. *European journal of forest research*, 125: 291–302.
- Simon, A., Gratzler, G., Sieghardt, M., 2011. The influence of windthrow microsites on tree regeneration and establishment in an old growth mountain forest. *Forest ecology and management*, 262: 1289–1297.
- Smukavec, A., 1973. Snegolomi in vetrolomi na Jelovici. *Bohinjska Bistrica*, mar. 1973: 25 s. (neobjavljeno)
- Sprememba GGN..., 2007. Sprememba gozdnogospodarskega načrta za gozdnogospodarsko enoto Jelovica za desetletje 2002-2011. Bled, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Bled, 20 s.
- Ščap, Š., 2010. Sanacija vetrolomne površine na Jelovici: diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 44 s.
- Tjoelker, M.G., Boratiński, A., Bugała, W., 2007. *Biology and ecology of Norway spruce*. Springer, Dordrecht, the Netherlands and Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznan, Poland.
- Ulbrich, U., Fink, M., Klawa, M., Pinto, J.G., 2001. Three extreme storms over Europe in December 1999. *Weather*, 56, 3: 70–80 s.
- Veselič Ž., Robič D., 2001. Posodobitev poimenovanja sintaksonov, ki nakazujejo (indicirajo) skupine rastišč, njihove podskupine in rastiščne tipe v računalniški bazi CE ZGS: tipkopis. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije: 27 s.
- Vodde, F., Jögiste, K., Gruson, L., Ilisson, T., Köster, K., Stanturf, J., 2010. Regeneration in windthrow areas in hemiboreal forests: the influence of microsite on the height growths of different tree species. *Journal of forest research*, 15:55–64.
- Wohlgemuth, T., Kull, P., Wüthrich, H., 2002. Disturbance of microsites and early tree regeneration after windthrow in Swiss mountain forests due to the winter storm Vivian 1990. *Forest, snow and landscape research*, 77: 17–48.
- ZGS, 2010. Podatkovne zbirke Zavoda za gozdove Slovenije. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.