

## Leseno plavje v zgornjem toku Meže

### *Large woody debris in the upper part of Meža*

Milan KOBAL<sup>1</sup>, Tadej LAMPREHT<sup>2</sup>

#### **Izvleček:**

Kobal, M., Lampreht, T.: Leseno plavje v zgornjem toku Meže; Gozdarski vestnik, 74/2016, št. 9. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 33. Prevod Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

V zgornjem toku reke Meže smo od njenega izvira (1267 m n. v.) do sotočja z Bistrom (602 m n. v.) opravili meritve lesenega plavja. V tem delu površina prispevnega območja zavzema 65,2 km<sup>2</sup>, dolžina struge znaša 11,64 km. Posameznim kosom lesenega plavja, ki so bili v strugi ali v horizontalnem 10 m pasu ob strugi, smo izmerili dolžino in premer na polovici njihove dolžine. V raziskavo smo vključili kose z najmanjšo dolžino 0,5 m in najmanjšim premerom 10 cm. Hkrati smo z GNSS-napravo izmerili koordinate kosov lesenega plavja. Preostale parametre smo ocenili (stopnjo razkroja, položaj v strugi, rabo tal ter ukoreninjenost). Popisali smo 1673 kosov lesenega plavja (v povprečju 14,4 kosa na 100 m struge), ki so skupaj obsegali 145,15 m<sup>3</sup> (v povprečju 1,25 m<sup>3</sup> na 100 m struge). Prevladovalo je leseno plavje, dolžine od 1,5 do 2,5 m, sicer je bila povprečna dolžina 3 m. Povprečni premer je bil 18 cm, povprečni volumen pa 0,09 m<sup>3</sup>. Rezultati kažejo, da se leseno plavje v strugi in na njenih pobočjih pojavlja v zelo neenakomernih intervalih. Na razporeditev lesenega plavja najbolj vpliva raba tal ob strugi, zlasti prisotnost gozda. V zgornjem toku reke Meže se leseno plavje najpogosteje vključi zaradi posledic bočne erozije. Prevladujejo kosi lesenega plavja višjih stopenj razkroja.

**Ključne besede:** leseno plavje, vodne ujme, erozijski in hudourniški procesi, varstvo pred erozijo in hudourniki, gozdarski preventivni ukrepi, reka Meža

#### **Abstract:**

Kobal, M., Lampreht, T.: Large woody debris in the upper part of Meža; Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 74/2016, vol 9. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 33. Translated by the authors and Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

In the upper course of the Meža River, from its spring (1267 m a.s.l.) to the confluence with the Bistra Creek (602 m a.s.l.), we systematically measured large woody debris, LWD. In this section, the surface of the contribution area covers 65.2 km<sup>2</sup> and the channel is 11.64 km long. For individual pieces of LWD, located in the channel or in the buffer area of 10 m on each side of the channel, we measured the length and diameter at the midpoint. The minimum length of LWD to be evaluated was 0.5 m and the minimum diameter was 10 cm. We also measured coordinates of large woody debris by using GNSS device. Other parameters were also assessed (decay class, position in the river channel, land use and rootiness). Overall, 1673 pieces of wood were examined and their total volume was 145.15 m<sup>3</sup>. The average LWD density per 100 m of channel length was estimated at 14.4 pieces, or 1.25 m<sup>3</sup> in volume. The average length of LWD was 3 m, while the majority of LWD measured from 1.5 to 2.5 m in length. The average diameter was 18 cm and the average volume was 0.09 m<sup>3</sup>. The results also show that in the river and on its slopes LWD occurs at highly irregular intervals. Our study also revealed that land use, especially forested area, has a strong impact on the presence or absence of LWD in the Meža River. The most important factor for the presence of LWD in the upper course of the Meža River is bank erosion. Predominating LWD was classified into higher stages of decay.

**Key words:** large woody debris, floods, erosional and torrential processes, protection against erosion and torrents, forest management to protect against erosion and torrents, Meža River

## 1 UVOD

### 1 INTRUDUCTION

Ne moremo trditi, da raziskav, ki kakorkoli obravnavajo odmrlo drevje, odmrlo biomaso ter velike lesene ostanke v gozdovih, tako z ekološkega vidika kot tudi gospodarskega, v Sloveniji ni (npr. Diaci in Perušek, 2004; Gyrörek, 2008; Kadunc, 2008; Grce, 2012; Ramšak, 2013; Nagel

in sod., 2016), lahko pa z gotovostjo trdimo, da gozdarji v Slovenji (še) ne namenjam dovolj pozornosti odmrlemu drevju ter velikim lesenim

<sup>1</sup>Doc. dr. M. K., Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana, Slovenija. milan.kobal@bf.uni-lj.si

<sup>2</sup>T. L. dipl. ing. gozd., Kopaljška pot 5, SI-2392 Mežica, Slovenija. tadej.lampreht@gmail.com

ostankom v strugah vodotokov in/ali ob njih (Slika 1). Takšni kosi lesa se lahko ob pojavu visokih voda vključijo v vodotok in postanejo leseno plavje. Izjema v gozdarski stroki so dela Papeža (2011a; Papež, 2011b); v svoji diplomski nalogi je leseno plavje v zgornjem delu Meže analiziral tudi Lampreht (2016).

objektov v strugi (Papež, 2011a; Papež, 2011b; Papež in sod., 2011). Zmanjšanje pretočnosti rečnih profilov lahko vodi do zamašitev, po navadi na točkah naravnih zožitev pa tudi pri določenih infrastrukturnih objektih (cevni prepusti, mostovi, prečni objekti, ...). Tako varovalni objekti ne opravljajo več svoje funkcije. Zaradi zamašitev



**Slika 1:** Leseni ostanki v zgornjem toku Meže v strugi predstavljajo leseno plavje (foto: T. Lampreht)  
**Figure 1:** Wood remains in the upper course of the Meža River representing large woody debris (photo: T. Lampreht)

Leseno plavje neposredno vpliva na fizikalne, kemijske in biološke lastnosti vodnih ekosistemov in je po mnenju ekologov in geomorfologov ključni element v rečnih sistemih (Montgomery in Piégay, 2003). Po drugi strani je leseno plavje v času poplavnih dogodkov pogosto vzrok za zamašitve pretočnih profilov, kar lahko pomembno vpliva na obseg škode (Papež, 2011a; Papež, 2011b).

Škoda zaradi negativnih učinkov lesenega plavja ob nastanku visokih voda lahko nastane zaradi a) zmanjšanja pretočnosti rečnih strug in/ali b) zmanjšanja funkcionalnosti določenih varovalnih

pretočnega profila lahko nastane tudi: a) preusmeritev vodnih tokov in s tem pojav poplavne nevarnosti na mestu, kjer je sicer ni pričakovati ali b) ojezeritve, ki se praviloma razvijejo v porušitve bregov in poplavni val. Podobne zamašitve lahko nastanejo tudi na sotočjih pritokov in na lokacijah, kjer se v strugo odloži plazovina zemeljskega ali snežnega plazu (Horvat in sod, 2008; Papež, 2011a; Papež, 2011b; Papež in sod., 2011). Naravni jezovi, ki na takšnih lokacijah nastanejo zaradi lesenega plavja, lahko ob ekstremnih dogodkih v primeru njihove porušitve povzročijo katastrofalne posledice.



dice dolvodno (Rudolf–Miklau in sod., 2011).

Papež (2011a, 2011b) in Papež in sod., (2011) leseno plavje definirajo kot vse oblike lesenega materiala, ki se med pojavom visokih voda iz različnih vzrokov vključi v odtok. Glede na način vnosa v strugo, leseno plavje delijo na:

- les, ki je že v strugi (les, ki se je odložil v strugi ob snežnem plazju, vetrolomu ali zaradi gospodarjenja z gozdom),
- drevnina, ki je v strugo prišla neposredno zaradi erozijskih procesov in plazjenja z brežin struge,
- drevnina, ki je v strugo prišla neposredno zaradi bočne ali globinske hudourniške erozije (Slika 3),
- drevnina, ki je v strugo prišla neposredno s pobočij nad vodotokom zaradi zemeljskih plazov,
- različni lesni proizvodi, ki so nastali zaradi izkoriščanja gozda (Slika 2),
- obdelani, gospodarski les, če je neprimerno skladiščen (Slika 2).

Posebno pri upravljanju vodotokov na območju Alp lahko z boljším poznavanjem pomena lesenega plavja ter njegovih pozitivnih in negativnih učinkov zmanjšamo njegove negativne učinke ter posledično škodo, ki nastane zaradi poplav (Comiti in sod., 2006; Mao in sod., 2008). Poznavanje količin lesa v vodotokih in ob njih, dinamiko vključevanja lesa v vodotok, prenos in njegovo odlaganje v strugi vodotoka je nujno potrebno za natančnejšo in verjetnejšo oceno različnih poplavnih scenarijev. Zato so podatki o količini in značilnostih velikih lesenih ostankov (npr. njihova porazdelitev, dolžina in premer, stopnja razkrojenosti), ključni za oblikovanje ustreznih zaščitnih/varovalnih ukrepov.

Obvladovanje tveganja zaradi nevarnosti lesenega plavja je mogoče zmanjšati s celostnim pristopom, ki mora zajemati celoten spekter različnih ukrepov, da bi zmanjšali tveganje na spremenljivo raven (Rudolf-Miklau in Hübl, 2010). Med ukrepe za preprečevanje pojava lesenega plavja v strugah



**Slika 2:** Primeri nepravilno skladiščenega lesa in neustreznega puščanja sečnih ostankov ob strugi Meže (foto: T. Lampreht)

**Figure 2:** Examples of incorrectly stored wood and inappropriate leaving of woody debris along the channel of the Meža River (photo: T. Lampreht)

in zmanjševanje škodljivega delovanja v času visokih voda sodijo: gozdarski ukrepi, inženirsko biološki ukrepi, tehnični ukrepi, prostorsko načrtovalski ukrepi, interventni ukrepi ter nadzor in vzdrževanje vodotokov (Papež in sod., 2011).

Namen analize lesenega plavja v zgornjem toku Meže je: a) oceniti količino (število kosov in volumen) lesenega plavja v strugi Meže od izvira do sotočja z Bistro, b) analizirati prostorsko razporeditev lesenega plavja vzdolž struge reke Meže ter c) ugotoviti dejavnike, ki vplivajo na količino (število kosov in volumen) lesenega plavja v strugi reke Meže. Postavili smo naslednje raziskovalne hipoteze:

- v zgornjem delu struge Meže prevladuje leseno plavje krajših dolžin (manj kot 4 m),
- v zgornjem delu struge Meže je leseno plavje razporejeno neenakomerno,
- v zgornjem delu struge Meže prevladuje leseno plavje nižjih stopenj razkroja.
- največji delež lesenega plavja v zgornjem delu struge Meže obsegajo kosi, ki so se v strugo vključili iz neposredne bližine,
- na količino lesenega plavja v zgornjem delu struge Meže vpliva raba tal, zlasti prisotnost gozda.

## 2 OPIS RAZISKOVALNEGA OBMOČJA IN RAZISKOVALNE METODE

### 2 TEST SITE DESCRIPTION AND RESEARCH METHODS

#### 2.1 Opis raziskovalnega območja

##### 2.1 Test site description

Območje Zgornje Mežiške doline je orografsko zelo razgibano in ima značilno podobo razčlenjenega gorskega sveta (Gozdnogospodarski ..., 2012). Reka Meža je v zgornji Mežiški dolini s svojimi pritoki izoblikovala značilne gorske, ozke in strme doline, ki jih ustvarjajo hudourniški potoki, zaradi česar so težko prehodni in prepadni tereni. Izvir Meže je pomembna ločnica med silikatnimi in karbonatnimi kamninami osrednjega dela Karavank in Centralnih Alp. Dolomiti in apnenci se pogosto prepletajo in mešajo (dolomitiziran apnenec). Pobočni gruščni in breče se pojavljajo v

delu Pece in Uršlje gore, na Zadnjih travnikih pod Olševo pa poleg pobočnega gruščja najdemo še morene in deluvialne nanose. Na nižjih pobočjih prevladuje silikatna podlaga, kjer je mnogo izvirov in veliko talne vode (Gozdnogospodarski ..., 2010; Gozdnogospodarski ..., 2012). Prevladujejo distrična rjava tla in rendzine. Obrečna tla so razvita le na omejeni površini vzdolž vodotokov.

Na nekoč prevladujoče bukovo-jelove gozdove sta v preteklosti najbolj vplivala industrija (rudarska, železarska) z velikimi potrebami po lesu in oglju ter kmetijstvo, ki je s skrajno ekstenzivnim načinom izkoriščanja (golosečnje, pašništvo, stelarjenje itn.) povzročalo propadanje gozdnih površin (Zagorc, 1964). Zelo so pospeševali smreko, kar se odraža v spremenjeni drevesni sestavi, sistematično so zatirali bukev (obročkanje), kot pionirska vrsta se je v višjih legah uveljavil macesen (Gozdnogospodarski ..., 2010; Gozdnogospodarski ..., 2012) Vse to je povzročilo veliko degradacijo vegetacije in tal (Zagorc, 1964), ki so postala bistveno manj odporna in erodibilna, zaradi zmanjšanja zadrževalnih sposobnosti za vodo se je povečal površinski odtok vode, kar je zelo vplivalo na številne erozijske in hudourniške procese. Na začetku 19. stoletja so bila mnoga pobočja do vrha razgozdena; na območju Zgornje Mežiške doline so gozdne površine zavzemale le okoli 25 % delež (Medved, 1967; Čas, 2013). Zdaj gozdnatost znaša več kot 80 % (Čas, 2013), kar ugodno vpliva na vodni režim v tleh in na zmanjševanje erozijskih procesov, ki so v preteklosti zelo zaznamovali podobo krajine.

Reka Meža izvira v Avstriji na pobočju Olševe, nato hitro ponikne v morensko gradivo in si po približno 1,2 km svojo strugo začne ustvarjati na slovenskem ozemlju, kjer se ji najprej pridruži Repov potok in Koprivna. Nižje se po svojih dolinah zlivajo vanjo Topla, Helenski potok in Bistra ter v središču Črne še Javorski potok. Porečje, s katerega Meža s svojimi pritoki odvaja vodo, je veliko 566 km<sup>2</sup>, njen srednji letni pretok je 7,16 m<sup>3</sup>/s, specifični odtok se giblje od 20 do 30 l/s, odtočni koeficient pa znaša približno 50 % (Stopar, 2004).

Primarni višek doseže pomladi (april, maj), kar je posledica taljenja snega, ki ga je v povirju Meže veliko, sekundarni višek nastane v novembru

**Preglednica 1:** Površina prispevnega območja F ter največji pretoki Meže za visoke vode s povratno dobo 10, 100 in 500 let (Anzeljc in Sovre, 2014)

**Table 1:** The surface of the contribution area F and maximum flows of the Meža River for high water return period 10, 100, and 500 years (Anzeljc et Sovre, 2014)

Lokacija	F (km <sup>2</sup> )	Q <sub>10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>500</sub> (m <sup>3</sup> /s)
Meža izvir	1,4	2,1	4,9	7,6
Meža do Repovega p.	4,4	4,6	11,0	17,0
Meža pod Repovim p.	6,5	7,5	17,0	27,0
Meža do Koprivne	10,0	9,6	22,0	34,0
Meža pod Koprivno	23,2	23,0	51,0	78,0
Meža do Janžekovega gr.	24,8	25,0	55,0	83,0
Meža pod Janžekovim gr.	27,7	27,0	61,0	93,0
Meža do Rožančevega gr.	28,1	28,0	62,0	94,0
Meža pod Rožančevim gr.	29,9	30,0	67,0	101,0
Meža do Tople	36,5	35,0	79,0	120,0
Meža pod Toplo	50,1	40,0	87,0	128,0
Meža do Helenskega p.	52,9	41,0	89,0	132,0
Meža pod Helenskim p.	63,9	45,0	99,0	147,0
Meža do Bistre	65,2	46,0	100,0	148,0

kot posledica jesenskega deževja. Izjemoma so jesenske padavine zelo izrazite; takrat prevlada jesenski višek (npr. poplave 1990). Minima se pojavita poleti (primarni); vzrok je vroče poletje ter povečanje evapotranspiracije (prehajanje vode v obliki vodne pare z zemeljske površine in skozi listne reže rastlin v ozračje). Sekundarni zimski nižek je posledica snežne retinence, ko v snežni odeji zadržana voda šele s taljenjem snega preide v vodni odtok (Stopar, 2004).

## 2.2 Zajem podatkov

### 2.2 Data acquisition

Terenski popis lesenega plavja smo začeli na drugem izviri Meže, kjer reka na slovenskem ozemlju ponovno privre na površje (1247 m n. v.). Od tod je raziskava potekala po celotni strugi Meže vse do njenega sotočja s potokom Bistra (602 m n. v.). V tem odseku je trasa struge dolga 11,64 km, veliko večino dolžine struge (11,49 km oz. 98,7 %) pa obdajata gozdno drevje in grmovje. Gozd z desne strani dolvodno je prisoten na 53,6 % dolžine struge ter z leve dolvodno na 2,6 % dolžine struge. Z obeh strani Mežo obdajata gozd na 3,6 % dolžine struge, na 39 % struge pa je omejeje.

Kot leseno plavje smo v tej raziskavi obravnavali:

- vse oblike lesenega materiala, katerega dolžina je bila najmanj 0,5 m in premer najmanj 10 cm,
- vse oblike lesenega materiala, ki je bil v strugi in na njenih pobočjih v horizontalni oddaljenosti 10 m od roba struge na vsako stran,
- vsa podrtja drevesa s koreninami in panji, katerih koreninski sistem je bil še delno vraščen v strugo ali pobočje in za katera smo predvidevali, da jih lahko tok ob pojavu visokih vod odplavi.

V popis lesenega plavja nismo vključili živih dreves ter dreves in panjev, ki so bili zakoreninjeni v zemlji. Prav tako smo izključili vse kupe drv na pobočju struge, ki so bili kot posledica snegoloma (ki je območje prizadel tri tedne pred terenskim delom naše raziskave) tam začasno deponirani in za katere smo predvidevali, da jih bodo v najkrajšem mogočem času odstranili. Izključili smo tudi začasna skladišča gozdnih lesnih sortimentov, ki so bila v času raziskave zapolnjena in za katera smo predvidevali, da bodo njihove sortimente odstranili v najkrajšem mogočem času, saj je les še ekonomsko zanimiv. Izključili smo tudi sorti-



mente, ki so bili v strugo umetno vneseni zaradi tehnične ureditve struge oz. stabilizacije brežin in ki kljub dotrajanosti še vedno opravljajo svojo funkcijo. Vključili pa smo tiste, ki ne opravljajo več svoje funkcije in niso na mestih, kjer bi morali biti. Prav tako smo med leseno plavje vključili starejše/trhle kupe lesa, ker smo predvidevali, da bodo tam ostali.

## 2.2.1 Parametri za ocenjevanje lesenega plavja

### 2.2.1 Large woody debris characteristics

Vsakemu kosu lesenega plavja smo ocenili:

- dolžino kosa na 0,1 m natančno,
- premer na sredini kosa na 1 cm natančno,
- lokacijo v Gauß-Krügerjevem koordinatnem sistemu (GNSS Leica Viva CS 10),
- stopnjo razkroja po Zielonka in sod. (2009),
- izvor lesenega plavja,
- rabo tal oz. prisotnost gozda ob strugi (gozd desno, gozd levo, gozd, brez gozda ter omejek).

Izvor lesenega plavja smo ocenili po naslednjih merilih:

- na samem mestu: leseno plavje, ki je bilo v strugo ali na pobočje vključeno iz neposredne bližine, predvsem zaradi bočne erozije in podrtic,
- s pobočja: leseno plavje, ki se je zaradi različnih vzrokov v strugo ali pobočje vključilo z višje ležečih delov pobočja,

- po vodi: leseno plavje, za katerega smo predvidevali, da je prišlo do mesta trenutnega nahajališča v času visokih vod po vodi,
- skladišče lesa: leseno plavje, ki je bilo v strugi ali na pobočju v neposredni bližini začasnih skladišč gozdnih lesnih sortimentov, ki so bila v času raziskave prazna in za katere smo ocenili, da bodo do pojava visokih vod tam tudi ostala,
- drugo: vse leseno plavje antropogenega izvora, kot so različni leseni drogovi, tramovi, stari vodni objekti, ostanki lovske preže, ograje, dotrajani deli mostnih konstrukcij itn.

Stopnje razkroja po Zielonka in sod. (2009) predvidevajo pet razredov (Slika 4):

- razred 1: sveže podrta drevesa in njihovi ostanki, na katerih je lubje še povsem prisotno, prav tako tudi majhne veje in vejice,
- razred 2: opaziti je pomanjkanje skorje, površina drevesnih debel je gladka, prisotne so samo veje, debelejšje od 1 cm,
- razred 3: na lesenem plavju so opazne do približno 1 cm globoke razpoke, prisotni so ostanki vej,
- razred 4: celotna površina lesenega plavja je razjedena, vidne so 1 do 5 cm globoke razpoke, vej ni več,
- razred 5: opaziti je izrazito pomanjkanje zunanjih plasti lesenega plavja, razpoke so globoke več kot 5 cm.



Slika 3: Drevnina, ki se je v junijskem neurju leta 2016 v strugo hudourniškega pritoka Meže v Mežici vključila neposredno zaradi bočne hudourniške erozije in plazenja pobočij (foto: T. Lampreht)

Figure 3: Large woody debris coming into the channel of a torrential afflux of the Meža River in Mežica in the storm in June 2016 directly due to sideward torrential erosion and landsliding of the slopes. (photo: T. Lampreht)

## 2.2.2 Obdelava podatkov

### 2.2.2 Data analysis

Podatke smo vnesli v program Excel. Prostornino lesenega plavja smo iz podatka o premeru kosa ( $2r$ ) ter njegovi dolžini ( $l$ ) izračunali po enačbi  $V = \pi \times r^2 \times l$ , podobno kot v primerljivih raziskavah (npr. Diehl in Bryan., 1993; Comiti in sod., 2006; Comiti in sod., 2008; Zielonka in sod., 2009). Pri tem je treba omeniti, da v popis ni bila vključena dolžina koreninskega sistema pri kosih lesenega plavja (panji, podrta drevesa s koreninami). Zato tudi izračunana prostornina plavja ne predstavlja mase korenin. V programu Excel smo naredili tudi vse analize. Koordinate in vse na terenu popisane parametre lesenega plavja smo nato uvozili v ArcMAP in ustvarili točkovni vektorski sloj z vsemi parametri v atributni tabeli. V naslednjem koraku smo v programu ArcMAP na podlagi senčenega lidarskega digitalnega modela reliefa DMR digitalizirali strugo reke Meže od izvira do

sotočja z Bistro; ustvarili smo linijski vektorski sloj. Nato smo koordinate položajev lesenega plavja (ki zaradi napake GNSS-naprave praviloma niso ležale neposredno v strugi) »pripeli« na strugo reke Meže. Prav tako smo v okolju GIS izračunali oddaljenost lesenega plavja od izvira reke Meže. Število kosov in volumen lesenega plavja na 100 m dolžine struge smo izračunali z metodo plavajočega lokalnega okna; za vsak meter struge smo izračunali skupno vsoto  $\pm 50$  m od te točke.

## 3 REZULTATI

### 3 RESULTS

V raziskavo je bilo vključenih 1673 kosov lesenega plavja. Zlivno območje reke Meže od izvira do sotočja z Bistro na tem območju obsega 65,2 km<sup>2</sup> (Preglednica 1). Skupna količina lesenega plavja je znašala 145,15 m<sup>3</sup> (Slika 5). Pri tem je treba poudariti, da raziskovalno območje (struga in 10 m horizontalni pas na vsako stran struge) ne obsega vseh enot lesenega plavja, ki se lahko ob



Slika 4: Leseno plavje po stopnjah razkroja. 1. razred (A). 2. razred (B). 3. razred (C). 4. razred (D). 5. razred (E) (foto: T. Lamprecht)

Figure 4: Large woody debris according to decay class. 1st class (A), 2nd class (B), 3rd class (C), 4th class (D), 5th class (E). (photo: T. Lamprecht)

ekstremnih dogodkih vključijo v vodotok. Zavedati se moramo, da se v odvisnosti od nagiba terena, geologije območja in lastnosti tal ter značilnosti sestojev leseno plavje lahko vključi v strugo tudi s precej bolj oddaljenih pobočij. Povprečna količina lesenega plavja na 100 m struge je ocenjena na 14,4 kosa oz. 1,25 m<sup>3</sup> na 100 m struge. Največja izmerjena dolžina posameznega kosa je bila 24 m, prostornina največjega kosa pa 3,8 m<sup>3</sup>. Sicer je povprečni premer znašal 18 cm, povprečna dolžina 3 m in povprečen volumen 0,09 m<sup>3</sup>.

### 3.1 Dolžina kosov lesenega plavja

#### 3.1 Length of large woody debris

Po številu so z 32,4 % prevladovali kosi lesenega plavja, dolžine od 1,5 do 2,5 m (Slika 6). Sledili so kosi lesenega plavja, dolžine od 2,5 do pod 3,5 m; takih kosov je bilo 16,7 %. Nekoliko manj (16,4 %) je bilo kosov lesenega plavja, dolžine od 0,5 do pod 1,5 m. Nato je bilo opazno zmanjševanje števila kosov glede na dolžino lesenega plavja. Skupno število kosov lesenega plavja, krajših od 4 m, je bilo 1310 oz. 78,3 % ter predstavljajo 67,6 m<sup>3</sup> oz. 46,6 % skupnega volumna popisane tega lesa.

### 3.2 Prostorska razporeditev lesenega plavja

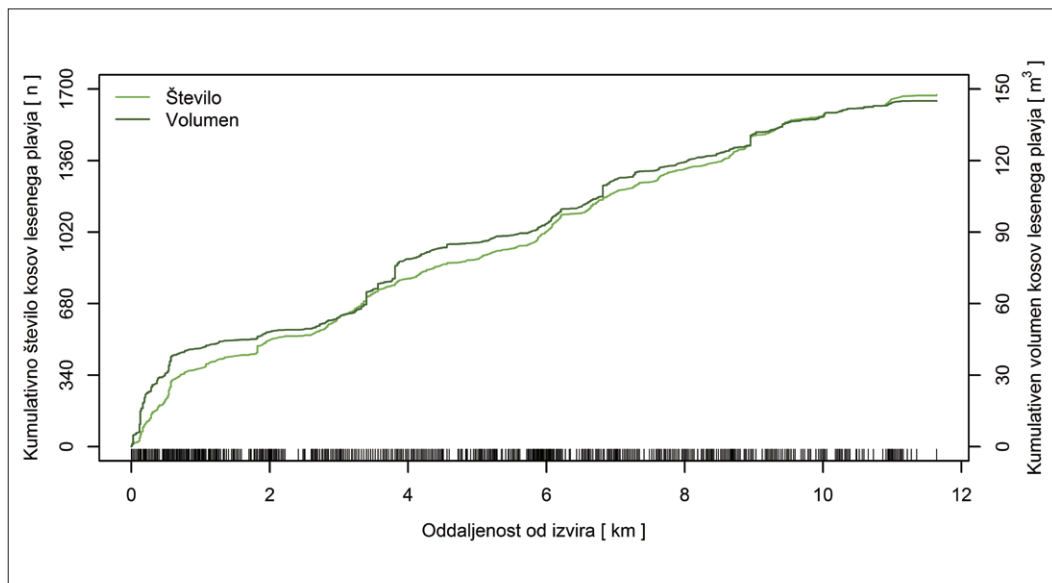
#### 3.2 Spatial distribution of large woody debris

Na grafikonu prostorske razporeditve lesenega plavja (Slika 7) je razvidno, da se leseno plavje v strugi in na njenih pobočjih pojavlja neenakomerno. V zgornjem delu struge leseno plavje doseže svoj volumenski maksimum in znaša 16,0 m<sup>3</sup> na 100 m struge. Od tega 7,98 m<sup>3</sup> je gozdnih lesnih sortimentov, ki jih niso odpeljali iz začasnega skladišča in bodo glede na stopnjo razkroja predvidoma tam tudi ostali. Največ kosov se prav tako pojavi v zgornjem delu struge; tam smo popisali 105 kosov na 100 m struge.

### 3.3 Izvor lesenega plavja

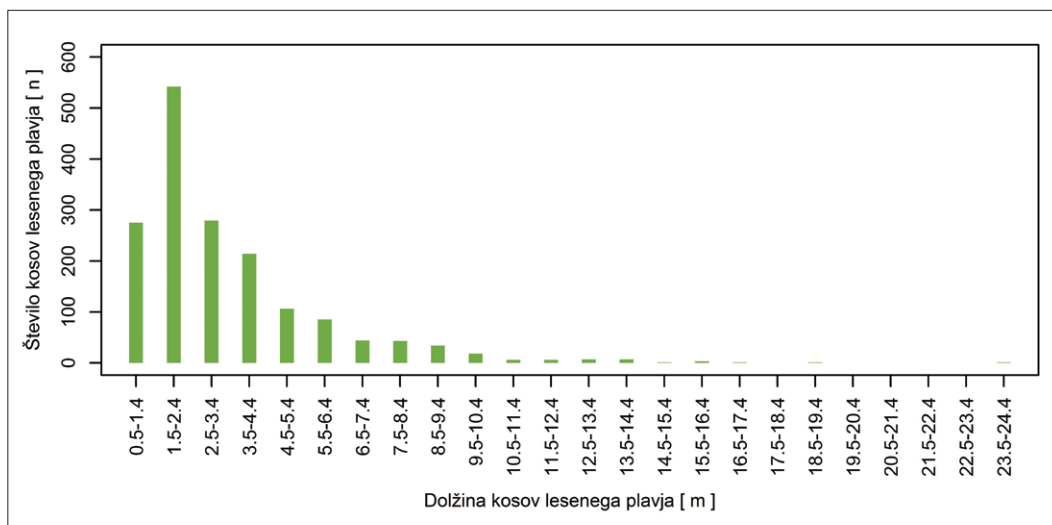
#### 3.3 Recruitment of large woody debris

Največji delež zavzemajo kosi, ki so bili v strugo ali na pobočje vključeni iz neposredne bližine (Slika 8) in zajemajo skoraj dve tretjini vsega lesenega plavja (996 kosov oz. 59,5 %). Povprečni volumen teh kosov je znašal 0,10 m<sup>3</sup>. Drugače je v primeru lesenega plavja, ki ga je vodni tok zanesel do mesta trenutnega nahajališča; pri tem je bilo opaziti manjše kose plavja, povprečni



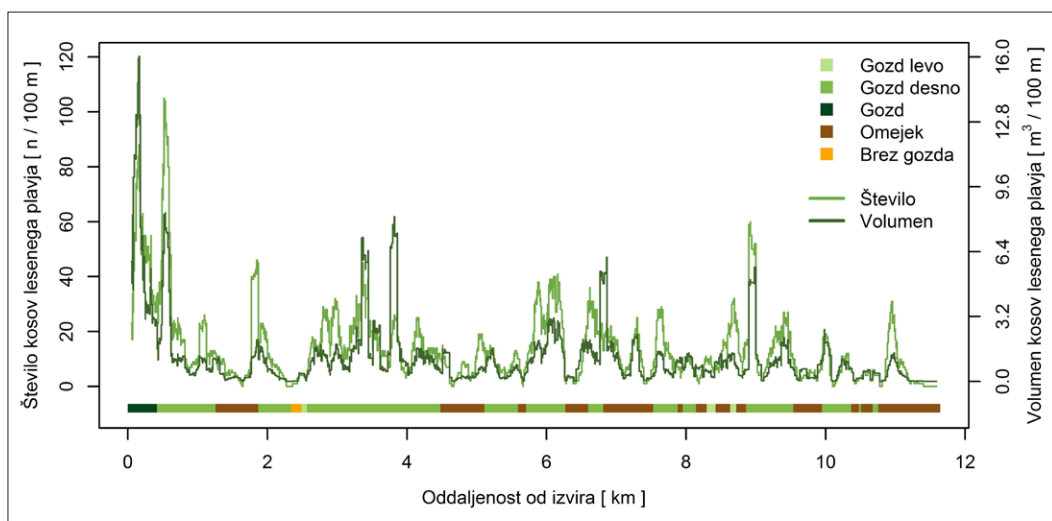
Slika 5: Skupna (kumulativna) količina (število in volumen) lesenega plavja od izvira do sotočja z Bistrom maja 2016  
Figure 5: Cumulative amount (number and volume) of large woody debris from the spring to the confluence with the Bistra in May 2016





Slika 6: Frekvenčna porazdelitev dolžin kosov lesenega plavja od izvira do sotočja z Bistrom majom 2016

Figure 6: Frequency distribution of lengths of large woody debris from the spring to the confluence with the Bistra Creek in May 2016



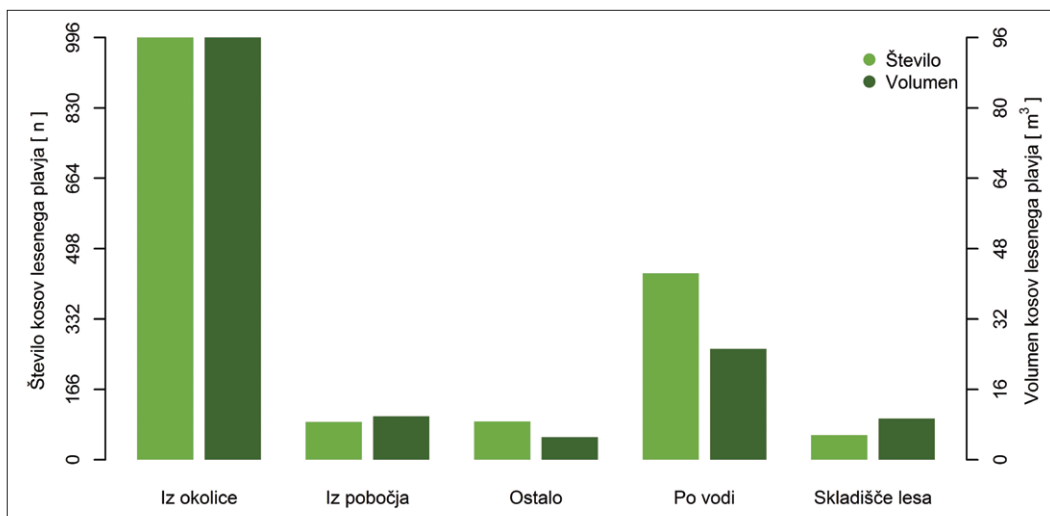
Slika 7: Prostorska razporeditev količine (število in volumen) lesenega plavja od izvira do sotočja z Bistrom majom 2016. Prikazana je tudi raba tal

Figure 7: Spatial distribution of the amount (number and volume) of large woody debris from the spring to the confluence with the Bistra in May 2016. Land use is shown as well

volumen je bil  $0,06 \text{ m}^3$ . Opazno manjši delež (16,7 % glede na volumen) so zavzemali kosi, ki so se vključili iz višje ležečih delov pobočja in/ali zaradi posledic skladiščenja lesa in/ali drugih antropogenih vplivov. Pri skladiščih lesa gre za večje kose (povprečni volumen kosa je  $0,16 \text{ m}^3$ ), medtem ko preostalo plavje obsega manjše kose.

### 3.4 Razkrojenost lesenega plavja 3.4 Decay classes of large woody debris

Iz prikaza razkrojenosti lesenega plavja (Slika 9) lahko spoznamo, da tako po številu (35,3 %) kot tudi po volumnu (30,8 %) prevladuje plavje četrtega razreda razkrojenosti. Delež plavja, ki je uvrščen v 3. in 5. razred razkroja, je nekoliko

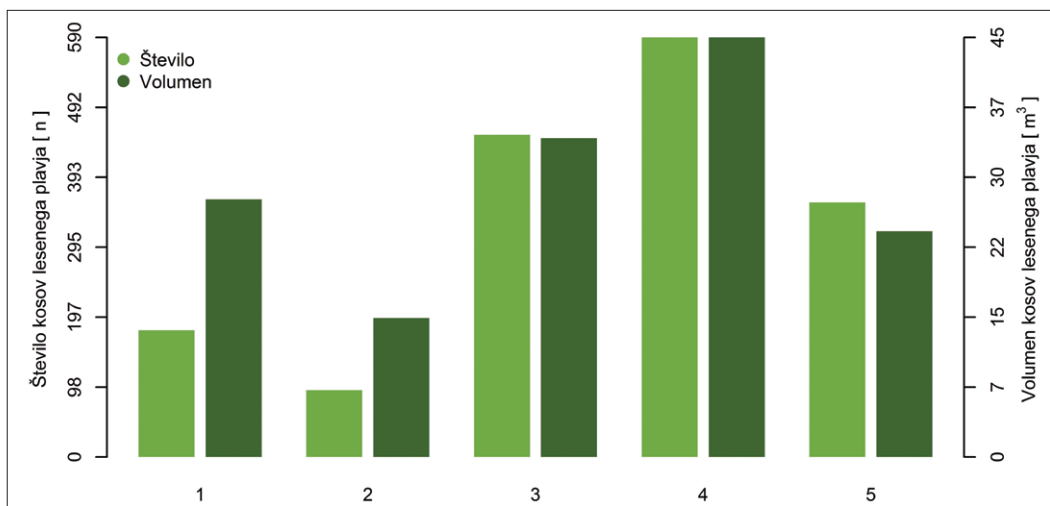


Slika 8: Izvor lesenega plavja od izvira do sotočja z Bistro maja 2016

Figure 8: Number and volume of large woody debris according to the recruitment from the spring to the confluence with the Bistra in May 2016

manjši, za vse te tri razrede pa je mogoče opaziti, da število v primerjavi z volumnom predstavlja večji delež, kar pomeni, da so bolj razkrojeni kosi lesenega plavja (razredi od 3 do 5) številčnejši, vendar manjših volumnov. Sicer skupno ti trije razredi predstavljajo 83,7 % glede na število vseh kosov ter 70,6 % glede na volumen celotnega lesenega plavja v zgornjem toku Meže. Drugačno sliko predstavljata 1. in 2. razred razkroja, kamor je bilo

uvrščeno precej manj kosov lesenega plavja ( $n = 271$ ), njihov volumen pa v primerjavi s številom obsega večji delež. Iz tega lahko sklepamo, da gre za večje kose plavja. V 1. razred so bila najpogosteje uvrščena drevesa, ki so zaradi posledic snegoloma v aprilu 2016 končala v strugi ali na pobočju. Med njimi je bilo precej takšnih, ki so se podrla cela, skupaj s koreninskim sistemom.



Slika 9: Število in volumen lesenega plavja glede na razred razkroja od izvira do sotočja z Bistro maja 2016

Figure 9: Number and volume of large woody debris according to the decay class from the spring to the confluence with the Bistra in May 2016

### 3.5 Vpliv rabe tal na količino lesenega plavja

#### 3.5 Influence of land use on large woody debris

Iz Preglednice 2 vidimo, da se izrazito največ kosov lesenega plavja v strugi Meže in ob njej pojavlja tam, kjer je gozd samo na desni strani struge. Tam smo izmerili 65,3 % vseh kosov lesenega plavja. V znatno manjši meri so zastopani kosi plavja, kjer sta ob strugi omejek (20,3 %) in gozd z obeh strani (11,6 %). V območju, kjer je gozd na obeh straneh struge, so večji kosi lesenega plavja. Še precej manj je lesenega plavja, kjer se gozd pojavlja na levi strani struge (2,7 %). Najmanjši delež kosov plavja pa je v območju struge, kjer ni grmovne in drevesne vegetacije; na takem območju smo izmerili samo en kos lesenega plavja.

**Preglednica 2:** Dolžina posameznih odsekov struge Meže glede na rabo tal oz. prisotnost gozda ter prikaz količine (število in volumen) glede na rabo tal

*Table 2: Length of individual channel sections of the Meža River according to land use respectively forest presence and display of the amount (number and volume) according to land use*

Raba tal	Dolžina [m]	Število kosov plavja		Volumen plavja	
		n	n / 100 m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> / 100 m
Gozd, desno	6242	1092	17,5	90,45	1,45
Gozd, levo	298	45	15,1	2,25	0,76
Gozd	415	195	47,0	29,03	7,00
Omejek	4537	340	7,5	23,39	0,52
Brez gozda	150	1	0,7	0,01	0,01
<b>Skupna dolžina struge</b>	<b>11642</b>	<b>1673</b>	<b>14,4</b>	<b>145,15</b>	<b>1,25</b>

V nadaljevanju smo dodatno preračunali tudi gostoto lesenega plavja na 100 m dolžine struge, in sicer ločeno za posamezne rabe tal. Razvidno je, da je količina (predvsem število kosov) precej podobna, kjer se gozd pojavlja na desni oz. levi strani. Precej večja je preračunana količina lesenega plavja na 100 m struge, če se gozd pojavlja na obeh straneh. Po količini sledijo deli struge, ki potekajo skozi omejek; razumljivo je, da je najmanjša količina lesenega plavja na odseku struge, kjer ni gozda.

### 4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

#### 4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Naša raziskava kaže, da je izrazito največ lesenega plavja, katerega dolžina je od 1,5 do 2,5 m (Slika 6), povprečna (mediana) dolžina plavja je 2,1 m. Precej podobno frekvenčno porazdelitev dolžine kosov lesenega plavja so v Andih ugotovili tudi Comiti in sod. (2008), prav tako v Dolomitih (Comiti in sod., 2006), kjer v obeh območjih prevladuje plavje dolžin od 1 do 2 m. V Andih so v raziskavo vključili kose, daljše od 1 m, v Dolomitih pa kose, daljše od 0,3 m. Povprečen volumen kosa lesenega plavja v območju naše raziskave je znašal 0,09 m<sup>3</sup>, kar pomeni 1,25 m<sup>3</sup>/100 m struge. Zelo podobne rezultate so ugotovili tudi Comiti in sod. (2006), ki so opravljali meritve v petih različnih italijanskih gorskih hudournikih.

Najmanjša povprečna izmerjena količina lesenega plavja v hudourniku je bila 0,5 m<sup>3</sup>/100 m. V treh hudournikih so se vrednosti gibale od 1,5 do 1,9 m<sup>3</sup>/100 m struge. V hudourniku, kjer so izmerili največ lesenega plavja, je ocena znašala 3,5 m<sup>3</sup>/100 m struge. Struge teh hudournikov potekajo na višjih nadmorskih višinah (do 2000 m) in po zelo strmih terenih.

Leseno plavje je izrazito neenakomerno porazdeljeno po celotnem raziskovalnem območju vzdolž profila struge reke Meže (Slika 7), kar je tudi



sicer pogosto pri podobnih raziskavah (npr. Comiti in sod., 2006; Comiti in sod., 2008a; Zielonka in sod., 2009). Povprečna količina lesenega plavja v zgornjem toku Meže (14,4 kosov/100 m struge) je manjša od vrednosti, ki so jih v Tatrah ugotovili Zielonka in sod. (2009). V dveh gorskih potokih so popisali približno 60 kosov/100 m struge. Kot razlog navajajo predvsem zelo omejeno človeško dejavnost znotraj raziskovalnega območja. Tod se drevesa vključujejo v vodotok predvsem zaradi naravnih procesov. Leseno plavje je potem prepuščeno naravi, saj ga človek ni odstranil iz strug in s pobočij. Primerljivo lahko razložimo večje količine lesenega plavja v krajšem zgornjem toku reke Meže, zato sklepamo, da je količinski višek lesenega plavja v naši raziskavi (105 kosov/100 m struge) predvsem posledica težje dostopnosti in posledično manjših možnosti za aktivnejše gospodarjenje z gozdovi. Nekoliko manjše vrednosti, 38 kosov, pa so v Ameriki namerili Costigan in sod. (2015).

Podobno kot Zielonka in sod. (2009) smo v naši raziskavi ugotovili, da je stopnja razkroja povezana z dolžino hlodov in da so v prvem razredu najdaljši kosi lesenega plavja (Preglednica 4). Z večjo

dolžino lesenega plavja se med pojavom visokih vod poveča tudi verjetnost zamašitev, podoben učinek imajo večji kosi plavja, kjer so prisotne tudi veje in / ali koreninski sistem (Gschnitzer in sod., 2015). Ker so v prvi razred uvrščeni prav takšni kosi plavja, je njihova pravočasna odstranitev še toliko pomembnejša (snegolom 2016). Hkrati rezultati kažejo, da se z višjo stopnjo razkroja zmanjšuje povprečna dolžina lesenega plavja. Prav tako so v poljski raziskavi ugotovili, da so najkrajši kosi lesenega plavja v petem razredu razkroja. Pri tem je treba poudariti, da so kosi lesenega plavja uvrščeni v peti razred razkroja, ki v raziskovalnem območju reke Meže predstavljajo 24 m<sup>3</sup>, že tako močno razkrojeni, da se med transportom v času poplavnih dogodkov razbijejo in razpadejo. Kljub temu pa lahko njihovi ostanki v zamašitveni matrici vplivajo na pretočnost naravnih zajezev.

Leseno plavje v območju naše raziskave v največji meri predstavljajo kosi, ki so se na trenutna nahajališča vključili iz neposredne bližine (59,5 %), predvsem zaradi posledic erozije brežin in nestabilnih pobočij nad strugo, kar kot najpogostejši vzrok navajajo tudi drugi (npr. Diehl in Bryan, 1993; Comiti in sod., 2006; Comiti in

**Preglednica 3:** Povprečna dolžina in standardni odklon (SD) dolžin in volumnov kosov lesenega plavja od izvira do sotočja z Bistro maja 2016 glede na izvor

*Table 3: Average length and standard deviation (SD) of lengths and volumes of large woody debris pieces from the spring to the confluence with the Bistra in May 2016 according to their origin*

Izvor lesenega plavja		Iz okolice	Iz pobočja	Ostalo	Po vodi	Skladišče lesa
Dolžina	Povprečje [m]	3,4	3,2	2,3	1,9	3,3
	SD	2,8	3,0	1,7	1,3	2,5
Volumen	Povprečje [m]	0,10	0,11	0,06	0,06	0,16
	SD	0,20	0,21	0,06	0,07	0,26

**Preglednica 4:** Povprečna dolžina in standardni odklon (SD) dolžin in volumnov kosov lesenega plavja od izvira do sotočja z Bistro maja 2016 glede na razred razkroja

*Table 4: Average length and standard deviation (SD) of lengths and volumes of large woody debris pieces from the spring to the confluence with the Bistra in May 2016 according to the decay class*

Razred razkrojenosti lesenega plavja		Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4	Razred 5
Dolžina	Povprečje [m]	5,0	4,0	2,8	2,6	2,4
	SD	3,5	3,7	2,2	2,2	1,7
Volumen	Povprečje [m]	0,15	0,16	0,07	0,07	0,07
	SD	0,29	0,44	0,11	0,11	0,09

sod., 2008; Zielonka in sod., 2009). Zanimiva je ugotovitev, da se je količina lesenega plavja zaradi posledic snegoloma v aprilu 2016 (tudi to plavje se je v strugo ali na pobočje vključilo iz neposredne bližine) po grobih ocenah povečala za dobrih 20 m<sup>3</sup>, kar je približno 15 % celotne količine plavja, ki je bilo vključeno v raziskavo. Pri tem je treba poudariti, da je bil v času med

nezanemarljivih 10 % volumna vsega lesenega plavja. Rezultati nazorno kažejo, da prisotnost ali odsotnost gozda ob strugi Meže zelo vpliva na količino lesenega plavja. Zanimiva je ugotovitev, da je v območjih, kjer je gozd na obeh straneh struge, število kosov lesenega plavja, preračunano na 100 m odseka, približno trikrat večje kot v območjih, kjer je gozd samo na desni oz. levi strani struge



**Slika 10:** Neupoštevanje gozdnega reda; veje in drugi sečni ostanki so v strugi in njeni neposredni bližini (foto: T. Lamprecht)

**Figure 10:** Ignorance of forest rules, branches and other woody debris are in the channel and its direct vicinity. (photo: T. Lamprecht)

snegolomon in terenskim popisom del poškodovanega drevoja, že odstranjen iz struge in brežin. Lahko sklepamo, da delež lesenega plavja, ki se vključuje v vodotok kot posledica ekstremnih meteoroloških pojavov (vetrolom, snegolom, žledolom), pomembno vpliva na količino plavja. Navedene ugotovitve potrjuje tudi dejstvo, da se je poškodovana drevnina zaradi posledic snegoloma v raziskovalnem območju pojavljala le do nadmorske višine približno 850 m. Tako lahko sklepamo, da bi bil ta delež v nižjih hudourniških strugah še večji. Lesene ostanke, ki jih je po naši oceni do mesta trenutnega nahajališča transportiral vodni tok, predstavljajo 26 % vsega lesenega plavja. Pri tem lahko opazimo, da gre za krajše kose manjšega volumna (Preglednica 3). Plavje, ki je bilo v raziskavo vključeno zaradi neprimerne skladiščenja gozdnih lesnih sortimentov ter drugih antropogenih vplivov, skupaj zavzema

(Preglednica 2). To dejstvo pripisujemo temu, da je gospodarjenje z gozdom, kjer se gozd pojavlja na obeh straneh struge, to je v povsem zgornjem strmem delu raziskovalnega območja, zaradi težje dostopnosti omejeno. Še izrazitejša je razlika med območji, kjer je gozd na obeh straneh struge, saj preračunano na 100 m odseke obsegajo približno šestkrat več enot lesenega plavja kot območja, kjer je ob strugi omejek.

#### 4.1 Predlogi za optimalno ukrepanje v zgornjem toku Meže

##### 4.1 Suggestions for optimal forest management in the upper part of the Meža river

Pri upravljanju vodotokov je vsekakor nujen celosten pristop, zato je treba upoštevati geomorfološki in ekološki vidik pa tudi vidik potencialne nevarnosti, ki ga lahko v času poplav predstavlja

leseno plavje. Zato se strinjamo s Henshaw in sod. (2015), da je sistemsko urejanje takšnih vodotokov neprimerno, saj so potrebni lokacijsko specifični pristopi, ki z omenjenih vidikov obravnavajo vsak vodotok posebej. Ekološki in/ali gospodarski interesi so pogosto v nasprotju s potrebo po zaščiti. Lesene ostanke je treba zaradi njihovih številnih pozitivnih učinkov puščati v vodotokih, razen če je tehten in utemeljen razlog za njihovo odstranitev. Glede na minule poplavne dogodke na reki Meži in njenih pritokih pa je očitno, da je pogosta problematika, povezana z nevarnostjo, ki jo predstavlja leseno plavje. Na podlagi opažanj s terena smo ugotovili nekatere podobne ugotovitve, ki jih po vzoru s Tirolske (Stohr, 2011) in svojih izkušenj predlaga tudi Papež (2011a). Zato za zmanjšanje hudourniških in erozijskih procesov ter količin lesenega plavja v vplivnem območju zgornjega dela struge Meže predlagamo naslednje ukrepe:

- odstraniti je treba vso neprimerno drevnino (drevesa, ki koreninijo na območju pretoka visokih vod, drevesa na nestabilnih delih brežin ali na pobočju nad strugo, kjer so opazni znaki plazenja ali erozijske zajede. Predlagamo, da se v odvisnosti od nagiba terena ter geoloških in pedoloških lastnosti na območjih, kjer je verjetnost za vključitev drevnine v strugo Meže, v oddaljenosti vsaj ene drevesne višine ne pušča nobenih lesenih ostankov, ki lahko ogrozijo poplavno varnost. Na bolj strmih naklonih (več kot 40 %) moramo oddaljenost ustrezno povečati; Sobota in sod. (2006) predlagajo 1,5- do 2,4-kratnik drevesne višine. Prav tako predlagamo, da se v tem območju ne pušča habitatnih dreves in ekocelic);
- čimprejše odstranjevanje lesenega plavja na lokacijah, kjer se nabirajo večje količine plavja ter odstranitev tistih podrtih dreves in njihovih ostankov (npr. vejevje, izrjavani panji, drva), ki so zaradi posledic aprilskega snegoloma 2016 in gradnje nove vlake še vedno v vplivnem območju struge Meže (Slika 10, Slika 11);
- nego ter sestojno zgradbo gozda je treba prilagoditi varovalni funkciji;
- pri sečnji, spravilu in skladiščenju gozdnih lesnih sortimentov ter gradnji gozdnih

prometnic je treba z doslednimi ukrepi preprečevati nastanek oz. širjenje erozijskih procesov in zmanjšati možnost odnašanja lesenega plavja (hlodi, panji, vejevje, drva itd.) v strugo;

- iz vplivnega območja je treba odstraniti ves odpadni material antropogenega izvora, ki onesnažuje okolje in hkrati vpliva na odtok visokih voda;
- odstranitev dotrajanih in gradnja novih ustrezno temeljenih samonosilnih mostnih konstrukcij na primernih lokacijah; kjer je potrebno, predlagamo nadvišanje mostov;
- za ustrezno velike prepuste na primernih lokacijah je treba zagotoviti tudi ustrezno zaščiten vtok in iztok; kjer zaradi velikih količin naplavin ni mogoče preprečiti zamašitve prepustov, je smiselno razmišljati o primernih tehničnih hudourniških ukrepih;
- za večjo poplavno varnost v povirju Meže in za zmanjšanje škode v prihodnosti je nujno tudi redno in kakovostno vzdrževanje cest in vseh njenih pripadajočih objektov;
- potencialna nevarnost so tudi drugi dotrajani gradbeno-tehnični objekti (obrežni zidovi in zaplavno ustalitvene pregrade), ki so prav tako potrebni temeljitega vzdrževanja;
- po potrebi (ocena strokovnjakov) na primerni lokaciji predvideti izgradnjo ustrezne zadrževalne pregrade za zaustavitev lesenega plavja. Prav tako predlagamo, da bi na hudourniških območjih v sečnospravnili načrt vključili tudi organizacijska navodila (določila o nujnih ukrepih v vplivnem območju hudourniških strug), ki bi lahko občutno vplivala na zmanjšanje vnosa lesenega plavja. Zaradi doslednih ukrepov pri gospodarjenju z gozdovi, ki so nujno potrebni za varnost na ogroženih območjih, priporočamo tudi ustrežnejše vrednotenje gozdarskih normativov. Ker je za lastnike gozdov gospodarjenje s takšnimi gozdovi večinoma nedonosno, se strinjamo z Diaci in sod. (2012), da je nujno oživiti sistem spodbud za izpeljavo potrebnih negovalnih del, kot je to praksa v sosednjih državah, kjer za ta namen črpajo tudi evropska sredstva. Menimo tudi, da je treba lastnike gozdov bolje informirati o pomenu varovalnih gozdov in še posebno



o problematiki, ki jo leseno plavje predstavlja v hudourniških strugah.

Zaradi pomanjkanja raziskav, ki se ukvarjajo s sistematičnimi meritvami lesenega plavja, njihovi negativni učinki niso upoštevani v postopkih izdelave kart ogroženosti. Posledica tega je tveganje izgube natančnosti predvidevanja in podcenjevanje nevarnosti (Mazzorana, 2009). Kljub našim rezultatom in ugotovitvam na tem področju ostaja veliko negotovosti (predvsem pri napovedovanju zmogljivosti prenosa plavja, saj so ti procesi večinoma naključni in zelo zapleteni).

Zato je vsekakor treba izboljšati tudi razumevanje procesov vključevanja in transporta lesenega plavja v času visokih vod v hudourniških strugah. Smiselno bi bilo ponoviti raziskavo na istem odseku Meže, kolikor mogoče hitro po naslednjem večjem poplavnem dogodku, ki bo povezan s prenosom večjih količin in vključevanjem novih kosov lesenega plavja. S takšno primerjavo bi lahko izsledili določene pomembne ugotovitve glede dinamike lesenega plavja v zgornjem toku Meže. Smiselno bi bilo razmišljati tudi o raziskavah, ki jih v tujini že uspešno izvajajo z radijskimi



**Slika 11:** Podrta drevesa, ki so zaradi posledic snegoloma v aprilu 2016 končala v Meži (A in B). V precejšnjem obsegu so jih sicer v razmeroma kratkem času odstranili iz struge, njihovi sortimenti pa so kljub nevarnosti, ki jo lahko povzročijo v primeru visokih vod, skladiščeni na poplavnem območju (C). Izrjavani panji pa so ostali tik ob strugi (D) (foto: T. Lampreht)

**Figure 11:** Fallen trees that ended in the Meža River due to snow breakage in April 2016 (A and B). Though they were removed from the channel in relatively short time, their assortments are stored in the flood area despite the danger they can cause in the case of high water (C). Their uprooted stumps have even been left right by the channel (D). (photo: T. Lampreht)

oddajniki, sledilnimi napravami... V Švici, npr., so Jochner in sod. (2015) izbrane kose lesenega plavja opremili s transponderji z radijsko identifikacijo, katerim potem sledijo prek različnih dogodkov sprostivne. Tako pridobijo pomembne podatke o njihovi dinamiki med pojavom visokih vod, kar je pomemben korak na poti k izboljšanju upravljanja celotnega rečnega sistema. Vsekakor bi bile pomemben del celostnega pristopa tudi raziskave lesenega plavja z ekološkega vidika in vpliva na morfologijo struge. Smiselne se zdijo tudi analize vnosa lesenega plavja v struge vodotokov glede na sestojne značilnosti obvodnih gozdov (drevesna sestava, sestojni tipi, lesna zaloga, ciljni premeri posameznih drevesnih vrst, koncepti gojenja). Prav tako bi dodatno razumevanje vnosa lesenega plavja omogočile geomorfološke analize lidarskega digitalnega modela reliefa visoke resolucije (npr.  $1 \times 1$  m) ob vodotokih (npr. horizontalne in vertikalne ukrivljenosti površja, različni topografski indeksi, hrapavost površja itn.). Predlagamo, da bi z raziskavami lesenega plavja čim prej dosegli točko, ko bodo njihovi rezultati vključeni v postopke izdelave kart ogroženosti, ki bi morale postati obvezen del gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtov oziroma prostorskih načrtov.

Na področju zmanjševanja ogroženosti pred erozijskim in hudourniškim delovanjem bi gozdarska stroka lahko odigrala pomembnejšo vlogo. Možnosti vidimo na področju nadzora nad hudourniški in erozijski procesi v povirju, ki naj bi potekalo vzporedno s terenskim delom revirnih gozdarjev in gozdarskih načrtovalcev. Prav tako naj bi vzporedno s terenskim delom gozdarske stroke potekalo evidentiranje vseh nemih prič (dokazov in sledov o prejšnjih in aktualnih erozijskih ter hudourniških procesih), ki so ključni podatek v procesu izdelave kart erozijsko ogroženih območij – le-te bi morale postati obvezen del gozdnogospodarskih načrtov. Prav tako morajo gozdarji aktivno prevzeti nadzor nad stanjem protierozijskih ukrepov (npr. stanje vzdolžnih in prečnih ureditev hudourniških strug) in načrtovanjem njihove potencialne obnove oz. vzpostavitve ponovnega delovanja (npr. gradnja učinkovitejših zadrževalnih pregrad za zaustavitev lesenega plavja). Zato se strinjamo

s pobudami, ki v veliki meri izhajajo iz tirolskih izkušenj ter prakse (Stohr, 2011) in jih predlaga Papež (2011a): da je treba čim prej sistemsko urediti terenski nadzor na določenih kritičnih odsekih hudournikov z namenom pravočasnega zaznavanja in dokumentiranja neželenih pojavov oz. nemih prič, poškodb na hudourniških varovalnih objektih in neustreznih antropogenih vplivov. Gozdarska stroka naj pri tem prevzame glavno pobudo, nadgradi sistem (metodologijo) načrtovanja, izvajanja in kontrole gozdnih del z vidika upoštevanja hudourniške problematike. To bi moralo biti za gozdarstvo izziv ter razvojna priložnost. Bomo znali to izkoristiti?

## 5 POVZETEK

Leseno plavje neposredno vpliva na fizikalne, kemijske in biološke lastnosti vodnih ekosistemov in po mnenju ekologov in geomorfologov pomeni ključne elemente v rečnih sistemih. Na drugi strani je leseno plavje pogosto vzrok za zamašitev pretočnih profilov in posledično povečanje škode zaradi poplav. Posebno pri upravljanju vodotokov na območju Alp lahko z boljšim poznavanjem pomena lesenega plavja ter njegovih pozitivnih in negativnih učinkov zmanjšamo njegove negativne učinke ter posledično škodo, ki nastane zaradi poplav.

Terenski popis lesenega plavja smo začeli na drugem izviru Meže, kjer reka na slovenskem ozemlju ponovno privre na površje (1247 m n. v.). Od tod je raziskava potekala po celotni strugi Meže vse do njenega sotočja s potokom Bistra (602 m n. v.). V tem delu površina prispevnega območja Meže znaša 65,2 km<sup>2</sup>. V tem odseku je trasa struge dolga 11,64 km, veliko večino dolžine struge (11,49 km oz. 98,7 %) pa obdajata gozdno drevje in grmovje.

Rezultati raziskave kažejo, da je največ kosov lesenega plavja dolžine od 1,5 do 2,5 m; takih je 32,4 % vseh kosov, ki so bili vključeni v raziskavo. Skupno število kosov lesenega plavja, ki so krajši od 4 m, je 1310, kar je 78,3 %. Na podlagi geolociranja posameznih kosov lesenega plavja smo ugotovili, da se leseno plavje v strugi in na njenih pobočjih pojavlja neenakomerno, saj je že na krajših razdaljah opaziti izrazito povečanje oz. zmanjšanje njihovega števila. Največ kosov se

pojavi v zgornjem delu raziskovalnega območja in znaša 105 kosov na 100 m struge. V raziskavi smo glede na stopnjo razkrojenosti leseno plavje najpogosteje uvrstili v četrti razred, ki obsega 35,3 % vseh kosov. Sledita mu tretji razred, v katerega so vključeni kosi s srednjo stopnjo razkroja in znaša 27,1 %, ter peti razred, ki predstavlja 21,4 %. Prvi in drugi razred, v katera so vključeni kosi nižjih stopenj razkroja; skupaj znašata dobrih 16 %, torej obsegata najmanjši delež lesenega plavja. Znotraj raziskovalnega območja smo ugotovili, da se leseno plavje v strugo ali na pobočje najpogosteje vključi iz neposredne bližine, predvsem zaradi posledic erozije brežin in nestabilnih pobočij nad strugo, kar znaša 59,5 % kosov lesenega plavja. Za 26,3 % enot lesenega plavja smo ocenili, da so v času visokih vod do mesta trenutnega nahajališča prispele po vodi. Drugi izvori lesenega plavja so zastopani v manjših deležih.

Ugotovitve naše raziskave nakazujejo, da prisotnost ali odsotnost gozda ob strugi Meže zelo vpliva na količino lesenega plavja. Tako je na območjih, kjer je gozd na obeh straneh struge, preračunano na 100 m odseke, približno trikrat več enot lesenega plavja kot na območjih, kjer je gozd samo na desni oz. levi strani struge. Še izrazitejša je razlika med območji, kjer je gozd na obeh straneh struge, saj, preračunano na 100 m odseke, je tam približno šestkrat več enot lesenega plavja kot na območjih, kjer je ob strugi omejek.

## 5 SUMMARY

Large woody debris directly affects physical, chemical, and biological characteristics of water ecosystems and, according to the ecologists' and geomorphologists' opinion, represents key elements in river systems. On the other hand, large woody debris often causes obstruction of flow profiles and, as a consequence, damage due to flooding. Managing above all waterways in the Alpine area, we can reduce negative impact and consequently damage due to flooding by better knowledge of the large woody debris significance and both its positive and negative effects.

Field inventory of large woody debris started at the second spring of Meža River, where the river surges to the surface again (1247 m a.s.l.). From there on the research was carried out on the

entire channel of the Meža River to its confluence with the Bistra (602 m a.s.l.). In this part, the area of the Meža River contribution zone amounts to 65.2 km<sup>2</sup>. The channel route in this section is 11.64 km long and the majority of the channel route (11.49 km or 98.7 %) is surrounded by forest trees and shrubs.

The results of the research show that the most of the large woody debris pieces have a length between 1.5 and 2.5 m, 32.4 % of all pieces, included into this research belong here. Total number of large woody debris, shorter than 4 m, amounts to 1310, which represents 78.3 %. Based on geolocation of individual pieces of large woody debris we found out that large woody debris in the channel and its banks appear irregularly, since a distinctly increase or reduction of its quantity can be noticed already over short distances. The largest number of pieces occurs in the upper part of the research area; it amounts to 105 pieces per 100 m of the channel. According to the decay level in our research we most often classified large woody debris into the 4th class, which represents 35.3 % of all pieces. It is followed by the 3rd class, comprising pieces with medium decay level and amounting to 27.1 %, and the 5th class, representing 21.4 %. The 1st and the 2nd class, comprising pieces with lower decay levels and together amounting to good 16 %, represent the smallest share of large woody debris. Within the research area we found out, that large woody debris most often comes in the channel or its bank from the direct vicinity, above all due to the consequences of bank erosion and unstable slopes above the channel; this represents 59.5 % of large woody debris pieces. We estimated that 26.3 % of large woody debris units had been transported over water to the momentary finding spot during floods. Other sources of large woody debris are represented in smaller shares.

Findings of our research indicate that the presence or absence of forest by the channel of the Meža River strongly affects the amount of large woody debris. Thus the areas, covered with forest on both sides of the channel, represent, converted into 100 m sections, about three times more large woody debris units than the areas, covered with forest only on the right or left side of the channel. There is an even more distinct difference between the areas, covered with forest on both sides of the



channel, and the areas, where a clearing at the river bank is present; the former ones represent, converted into 100 m sections, about six times more large woody debris units than the latter ones.

## 6 ZAHVALA

## 6 ACKNOWLEDGEMENT

Delo je nastalo v okviru programske skupine P4-0059: Gozd, gozdarstvo in obnovljivi gozdni viri. Avtorja se za nasvete in predloge pri pripravi prispevka zahvaljujeva prof. dr. Janezu Pirnatu in doc. dr. Alešu Kaduncu.

## 7 VIRI

## 7 REFERENCES

- Anzeljc, D., Sovre, K. 2014. Hidrološka študija visokih vod na porečju Meže – za OPVP 25 – Črna na Koroškem – Žerjav. Ljubljana, Inštitut za vode RS: 35 str.
- Comiti, F., Andreoli, A., Lenzi, M. A., Mao, L. 2006. Spatial density and characteristics of woody debris in five mountain rivers of the Dolomites (Italian Alps). *Geomorphology*, 78: 44–63.
- Comiti, F., Andreoli, A., Mao, L., Aristide Lenzi, M. 2008. Wood storage in three mountain streams of the Southern Andes and its hydro-morphological effects. *Earth Surface Processes and Landforms*, 33: 244–262.
- Costigan, K. H., Soltész, P. J., Jaeger, K. L. 2015. Large wood in central Appalachian headwater streams: controls on and potential changes to wood loads from infestation of hemlock woolly adelgid. *Earth surface processes and landforms*, 40, 13: 1746–1763.
- Čas, M. 2013. Problematika gozdarstva in lovstva na območju občine Črna na Koroškem. *Črjanske kajtnge*, dec. 2013, 54: 8–9.
- Diaci, J., Rugani, T., Firm, D. 2012. Drevesa so učinkovitejša in cenejša kot ograje. Delo, 28. jun. 2012.
- Diaci, J., Perušek, M., 2004. Možnosti ohranjanja starega in odmrlega drevja pri gospodarjenju z gozdovi. V: Staro in debelo drevje v gozdu : zbornik referatov XXII. gozdarskih študijskih dni, Ljubljana, 25.-26. mar. 2004. Brus R. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 227–240.
- Diehl, T. H., Bryan, B. A. 1993. Supply of large woody debris in a stream channel. V: Hydraulic engineering '93 conference. San Francisco, 1993: Proceedings. American Society of Civil Engineers, 1: 1055–1060.
- Gozdnogospodarski načrt za GGE Črna – Smrekovec 2012-2021: št.: 11 – 08/12. Slovenj Gradec, ZGS-OE Slovenj Gradec.
- Gozdnogospodarski načrt za GGE Mežica 2010–2019: št.: 11 – 07/10. Slovenj Gradec, ZGS-OE Slovenj Gradec.
- Grce, D. 2012. Ocena naravnosti gozdnih rezervatov Slovenije, problematičnih z vidika lastništva, na podlagi mrtve lesne biomase : magistrsko delo - magistrski študij - 2. Stopnja (UL BF). Ljubljana, samozal.: 69 str.
- Gschntzer, T., Gems, B., Mazzorana, B. 2015. Towards a robust assessment of bridge clogging processes in flood risk management. V: Proceedings of the Third International Conference Wood in World Rivers 2015 – Extended Abstracts, Padova, Italy, 6–10 July 2015: 200–202.
- Györek, N. 2008. Struktura in funkcija odmrlih drevcev v gozdovih z različnimi režimi gospodarjenja : magistrsko delo (UL BF). Ljubljana, samozal.: 109 str.
- Henshaw, A. J., Bertoldi, W., Harvey, G. L., Gurnell, A. M., Welber, M. 2015. Large Wood Dynamics Along the Tagliamento River, Italy: Insights from Field and Remote Sensing Investigations. *Engineering Geology for Society and Territory*, 3: 151–154.
- Horvat, A., Jeršič, T., Papež, J. 2008. Varstvo pred hudourniki in erozijo ob vse intenzivnejših vremenskih ekstremih. *Ujma* 22: 200–208.
- Jochner, M., Turowski, J. M., Badoux, A., Stoffel, M., Rickli, C. 2015. The role of log jams and exceptional flood events in mobilizing coarse particulate organic matter in a steep headwater stream. *Earth Surface Dynamics*, 3: 311–320.
- Kadunc, A. 2008. Odmrl les v bukovih sestojih : podaljševanje proizvodnih dob ali opustitev pridobivanja lesa? *Gozdarski vestnik* 66(9): 395-405.
- Lamprecht, T. 2016. Vpliv izbranih dejavnikov na količino in razporeditev lesenega plavja v zgornjem toku Meže: diplomsko delo (UL BF). Ljubljana, samozal.: 91 str.
- Mao, L., Burns, S., Comiti, F., Andreoli, A., Urciolo, A., Gavino-Novillo, M., Iturraspe, R., Lenzi, M. A. 2008. Acumulaciones de detritos lenosos en un cauce de Montaña de Tierra del Fuego: Analisis de la movilidad y de los efectos hydromorfológicos. *Bosque*, 29, 3: 197–211.
- Mazzorana, B. 2009. Woody debris recruitment prediction methods and transport analysis: PhD Thesis. Vienna, University of natural resources and applied life sciences, Institute of mountain risk engineering: 189 str.
- Medved, J. 1967. Mežiška dolina: socialnogeografski razvoj zadnjih 100 let. Ljubljana, Mladinska knjiga: 186 str.
- Montgomery, D. R., Piegay, H. 2003. Wood in rivers: interactions with channel morphology and processes. *Geomorphology*, 51, 1–5.
- Nagel, T. A., De Groot, M., Firm, D., Pisek, R., Vrezec, A., Mihelič, T., Rožembergar, D. 2016. An extreme case of integrative forest management : dead wood,

- beetles, and woodpeckers in Slovenian forests. V: The science and art of uneven-aged silviculture: a biennial meeting of the IUFRO 1.05.00, uneven-aged silviculture working group: 69–70.
- Papež, J. 2011a. Neme priče pri presoji nevarnosti zaradi erozijskih in hudourniških procesov: magistrsko delo. (Biotehniška fakulteta). Ljubljana, samozal.: 180 str.
- Papež, J. 2011b. Vloga in pomen nadzora nad hudourniški območji ter gospodarjenja z gozdovi na zmanjševanje škodnih učinkov lesenega plavja. V: 22. Mišičev vodarski dan 2011, Maribor, 6. dec. 2011: 224–229.
- Papež, J., Steinman, F., Krč, J. 2011a. Vloga in pomen nemih prič erozijskih in hudourniških procesov pri načrtovanju, izvedbi in kontroli gozdarskih del. V: Odzivi gozdne tehnike in gozdarstva na spremenjene razmere gospodarjenja: XXVIII. Gozdarski študijski dnevi, Ljubljana, 13.–14. apr. 2011. Krč J. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 61–63
- Ramšak, Š. 2013. Analiza značilnosti pojavljanja odmrlega drevja v Zasavju : magistrsko delo - magistrski študij - 2. Stopnja (UL BF). Ljubljana, samosa.: 66 str.
- Rudolf-Miklau, F., Hübl, J. 2010. Managing risk related to drift wood (woody debris). *Interpraevent* 2010: 868–878.
- Rudolf-Miklau, F., Hübl, J., Schattauer, G., Rauch, H. P., Kogelnig, A., Habersack, H., Schulev-Steindl, E. 2011. *Handbuch Wildholz – Praxisleitfaden*. Klagenfurt, Internationale Forschungsgesellschaft Interpraevent: 32 str.
- Sobota, D. J., Gregory S.V., Van Sickle J. 2006. Riparian tree fall directionality and modeling large wood recruitment to streams. *Canadian Journal Forest Research* 36(5): 1243–1254.
- Stohr, D. 2011. *Wildbachbetreuung Tirol*. Innsbruck: 52 str.
- Zagorc, K. 1964. Erozijski procesi in pojavi v povirju Meže: diplomsko delo (UL BF). Ljubljana, samozal.: 49 str.
- Zielonka, T., Ciapala, S., Malina, P., Piatek, G. 2009. Coarse Woody debris in mountain streams and their influence on geomorphology of channels in the Tatra Mts. *Landform Analysis* 2009, 10: 134–139.