

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO
IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Tadej LAMPREHT

**VPLIV IZBRANIH DEJAVNIKOV NA KOLIČINO
IN RAZPOREDITEV LESENEGA PLAVJA
V ZGORNJEM TOKU MEŽE**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO
IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Tadej LAMPREHT

**VPLIV IZBRANIH DEJAVNIKOV NA KOLIČINO IN
RAZPOREDITEV LESENEGA PLAVJA V ZGORNJEM TOKU MEŽE**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**FACTORS CONTROLLING THE AMOUNT AND DISTRIBUTION
OF LARGE WOODY DEBRIS IN UPPER PART OF MEŽA**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2016

Posvečeno vsem mojim bližnjim, ki so prerano odšli v večnost... in Šumahovi bici; Bog ji daj zdravja!

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija gozdarstva na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Opravljeno je bilo na Katedri za obnovljive gozdne vire v Skupini za krajinsko gozdarstvo in prostorsko informatiko. Eksperimentalni del naloge je potekal na območju od izvira reke Meže do sotočja z Bistro.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je 13. 4. 2016 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Milana Kobala.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Tadej Lamprecht

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	GDK 424(497.4Meža)(043.2)=163.6
KG	leseno plavje/poplave/vodne ujme/erozijski procesi/hudourniški procesi/varstvo pred erozijo/varstvo pred hudourniki/gozdarski preventivni ukrepi/Meža
AV	LAMPREHT, Tadej
SA	KOBAL, Milan (mentor)
KZ	SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2016
IN	VPLIV IZBRANIH DEJAVNIKOV NA KOLIČINO IN RAZPOREDITEV LESENEGA PLAVJA V ZGORNJEM TOKU MEŽE
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	XII, 91 str., 2 pregl., 42 sl., 104 vir.
IJ	sl
JI	sl/an
AI	V zgornjem toku reke Meže smo od njenega izvira (1267 m) do sotočja z Bistro (602 m) opravljali sistematične meritve lesenega plavja. V tem delu površina prispevnega območja predstavlja 65,2 km ² , medtem ko dolžina struge znaša 11,64 km. Posameznim kosom lesenega plavja, ki so se nahajali v strugi ali v 10 m pasu ob strugi, smo izmerili dolžino in na polovici njihove dolžine premer. V raziskavo so bili vključeni kosi z minimalno dolžino 0,5 m in minimalnim premerom 10 cm. Hkrati smo z GNSS napravo geolocirali koordinate kosov lesenega plavja. Ostale parametre smo ocenili (stopnjo razkroja, položaj v strugi, rabo tal ter ukoreninjenost). Popisali smo 1673 kosov lesenega plavja, ki skupaj predstavljajo 145,15 m ³ . Povprečna gostota lesenega plavja na 100 m struge je bila ocenjena na 14,4 kosa oz. 1,25 m ³ . Prevladuje leseno plavje dolžine med 1,5 in 2,5 m, sicer povprečna dolžina znaša 3 m. Povprečni premer je 18 cm ter povprečni volumen 0,09 m ³ . Rezultati kažejo, da se leseno plavje v strugi in na njenih pobočjih pojavlja v zelo neenakomernih intervalih. Največji vpliv na razporeditev lesenega plavja ima raba tal ob strugi, zlasti prisotnost gozda. Leseno plavje se v zgornjem toku reke Meže najpogosteje vključi zaradi posledic bočne erozije. Prevladujejo kosi lesenega plavja višjih stopenj razkroja.

KEY WORD DOCUMENTATION

DN Vs
DC $FDC\ 424(497.4Meža)(043.2)=163.6$
CX Large woody debris/floods/erosional/torrential processes/protection against erosion and torrents/forest management to protect against erosion and torrents/Meza
AU LAMPREHT, Tadej
AA KOBAL, Milan (supervisor)
PP SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
PY 2016
IT FACTORS CONTROLLING THE AMOUNT AND DISTRIBUTION OF LARGE WOODY DEBRIS IN UPPER PART OF MEŽA
DT Graduation thesis (Higher professional studies)
NO XII, 91 p., 2 tab., 42 fig., 104 ref.
LA sl
AL sl/an
AB In the upper course of the river Meža, from its spring (1267 m a.s.l.) to the confluence with the Bistra (602 m a.s.l.), we systematically measured large woody debris, LWD. In this section, the surface of the contribution area covers 65,2 km² 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 m³. The average LWD density per 100 m of channel length was estimated at 14,4 pieces, or 1,25 m³ 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 m³. 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 wooden 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 river Meža is bank erosion. It predominated LWD that was classified into higher stages of decay.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija	III
Key word documentation.....	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VIII
Kazalo slik	IX
Okrajšave in simboli.....	XII
1 UVOD	2
1.1 NAMEN NALOGE	5
1.2 RAZISKOVALNE HIPOTEZE	5
2 PREGLED OBJAV	6
2.1 POPLAVE	6
2.1.1 Vrste poplav	6
2.1.2 Poplavna problematika	7
2.1.3 Ostale vodne ujme	9
2.2 POPLAVNA OGROŽENOST V ZGORNJI MEŽIŠKI DOLINI.....	9
2.2.1 Vpliv izkoriščanja gozdov in industrije na erozijske procese v preteklosti ...	9
2.2.2 Poplavna problematika v Zgornji Mežiški dolini.....	11
2.2.3 Poplavni dogodki v Zgornji Mežiški dolini	14
2.2.3.1 Velika poplava v Mežici 21. 6. 1961	14
2.2.3.2 Poplave 6. 8. 2010 v občini Črna na Koroškem	16
2.2.3.3 Poplave 5. 11. 2012 v občini Črna na Koroškem	16
2.2.3.4 Poplave 13. 9. 2014 v občini Črna na Koroškem	18

2.2.4	Hidravlična študija visokih vod na porečju Meže	19
2.2.4.1	Visoke vode s povratno dobo 10 let (Q_{10})	20
2.2.4.2	Visoke vode s povratno dobo 100 let (Q_{100}).....	21
2.2.4.3	Visoke vode s povratno dobo 500 let (Q_{500}).....	21
2.3	EROZIJSKI IN HUDOURNIŠKI PROCESI	21
2.3.1	Hudourniki	22
2.3.2	Posledice visokih voda in hudourniških izbruhov	24
2.3.3	Preventivni ukrepi varstva pred erozijo in hudourniki	25
2.3.4	Gospodarjenje z gozdovi in preventivni ukrepi varstva pred erozijo in hudourniki.....	26
2.3.4.1	Usmeritve za krepitev varovalne in hidrološke funkcije v obvodnem pasu.....	28
2.4	LESENO PLAVJE	30
2.4.1	Procesi premeščanja in odlaganja lesenega plavja	33
2.4.2	Negativni učinki lesenega plavja	35
2.4.2.1	Poškodbe cest zaradi visokih voda hudournikov.....	36
2.4.3	Ekološki pomen lesenega plavja v strugah vodotokov	39
2.4.4	Gozdarska zakonodaja in njen vpliv na zmanjšanje količine neželenega lesenega plavja v hudourniških strugah	41
2.4.5	Preventivni tehnični ukrepi za zadrževanje lesenega plavja	43
2.4.6	Nujni ukrepi pri naravnih ujmah zaradi povečanja količin lesenega plavja v vodotokih	45
3	MATERIALI IN METODE	47
3.1	OPIS RAZISKOVALNEGA OBMOČJA.....	47
3.1.1	Relief	47
3.1.2	Geološka podlaga, tla in vegetacija	49
3.1.3	Klimatske značilnosti	50
3.1.4	Hidrološke značilnosti reke Meže	51
3.2	ZAJEM IN PRIPRAVA PODATKOV	54

3.2.1	Terenski popis lesenega plavja	54
3.2.1.1	Parametri za ocenjevanje lesenega plavja	55
3.2.2	Vnos podatkov, izračun količine in njihova analiza.....	57
3.2.2.1	Geolociranje lesenega plavja v trasi struge	58
4	REZULTATI.....	59
4.1	FREKVENČNA PORAZDELITEV DOLŽINE LESENEGA PLAVJA	59
4.2	PROSTORSKA RAZPOREDITEV LESENEGA PLAVJA	60
4.3	RAZKROJENOST LESENEGA PLAVJA.....	61
4.4	IZVOR LESENEGA PLAVJA	61
4.5	ZNAČILNOSTI RAZPOREDITVE LESENEGA PLAVJA	62
4.5.1	Vpliv rabe tal (prisotnost gozda) na količino lesenega plavja	62
4.5.2	Količina lesenega plavja glede na položaj v strugi	64
4.5.3	Količina lesenega plavja glede na ukoreninjenost	65
5	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	66
5.1	RAZPRAVA.....	66
5.1.1	Frekvenčna porazdelitev dolžine lesenega plavja.....	66
5.1.2	Prostorska razporeditev lesenega plavja.....	67
5.1.3	Razkrojenost lesenega plavja v zgornjem toku Meže	67
5.1.4	Izvor lesenega plavja v zgornjem toku Meže	68
5.1.5	Količina lesenega plavja glede na prisotnost gozda.....	69
5.1.5.1	Predlogi za optimalno ukrepanje v zgornjem delu struge reke Meže.....	70
5.1.5.2	Predlogi za nadaljnje raziskave	72
5.2	SKLEPI.....	75
6	VIRI	77
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prikazana sta površina prispevnega območja F ter maksimalni pretoki Meže za visoke vode s povratno dobo 10, 100 in 500 let (Anzeljc in Sovre, 2014).....	53
Preglednica 2: Dolžina posameznih odsekov struge Meže glede na rabo tal oz. prisotnost gozda.....	62

KAZALO SLIK

Slika 1: Meža v svojem povirju. Foto: Tadej Lamprecht	2
Slika 2: Leseni ostanki v zgornjem toku Meže, ki v strugi predstavljajo leseno plavje. Foto: Tadej Lamprecht	3
Slika 3: Veliko lesenih mostnih konstrukcij na Meži je v zelo slabem stanju in ne služijo več svojemu prvotnemu namenu. Njihovi dotrajani deli postajajo del lesenega plavja in so hkrati potencialne lokacije za zamašitev struge s plavjem (A, B, C, D). Delna zamašitev mosta, ki je nastala kot posledica snegoloma v aprilu 2016 in je hkrati poškodovala brežino, v katero je pritrjen del mostne konstrukcije (B). Povsem dotrajan most in tik ob strugi veliko začasno skladišče gozdnih lesnih sortimentov, ki bi lahko v primeru ekstremnih hudourniških poplav povzročilo porušitev slabo vzdrževanih obrežnih zidov, vključitev hlodovine v vodni tok in katastrofalne posledice dolvodno (D). Foto: Tadej Lamprecht	11
Slika 4: Nepravilno skladiščena hlodovina, ki se zaradi nepravočasnega odvoza že nahaja v in ob strugi Meže in bo glede na stopnjo razkroja tam do ekstremnih poplavnih dogodkov tudi ostala (A). Gospodarsko nezanimivi sortimenti iz začasnega skladišča niso bili transportirani, ampak so ostali v strugi ali na brežini (B). Nepravilno skladiščenje drv z vidika ogroženosti zaradi lesenega plavja (C in D). Foto: Tadej Lamprecht	12
Slika 5: Kljub temu da na fotografijah prikazani odpadni material ne sodi drugam kot na komunalna odlagališča, se še vedno znajde v in ob strugah vodotokov in reka Meža ni nobena izjema. Foto: Tadej Lamprecht	13
Slika 6: Posnetki so nastali po neurju 21. 6. 1961 v Mežici, kjer je divjal hudournik Šumc, levi pritok Meže. <i>»Izjemno nazorno kažejo eno od krutih razdejanj, ki smo jih doživeli v preteklosti v Sloveniji, a se kljub temu ravnanje ljudi ni prav nič izboljšalo; še vedno raje rešujemo kot preprečujemo«</i> (Jesenovec, 1995).	15
Slika 7: Posledice neurja leta 2010. Območje v središču Črne, kjer je leseno plavje zamašilo mostno konstrukcijo (A) (Stele Jeglič in sod., 2014). Obilne padavine so sprožile plaz, ki je uničil občinsko prometno infrastrukturo (B) (Dimnik, 2010).	16
Slika 8: Posledice novembrskih poplav 2012. Cesta med Koprivno in Črno, ki jo je hudourniški tok Meže odnesel s seboj (A). Pritok Meže v Koprivni, ki ga običajno ne bi niti opazili, je pokazal svojo rušilno moč, zgrmel mimo družinske hiše in uničil gospodarsko poslopje (B) (S. P., Š. P. 2012).	17
Slika 9: Leseno plavje, ki ga je v novembrskih poplavah 2012 iz svojega hudourniškega območja transportirala reka Meža (Koroška pod vodo, 2012).	17
Slika 10: Leseno plavje in plavine, ki jih je tok Meže v novembrskih poplavah 2012 transportiral iz svojega zaledja in z njimi zamašil del mostne konstrukcije v Mežici (Trdina, 2016; foto: Nenad Donau).	18
Slika 11: Septembrsko neurje 2014. Poškodbe cestišča, ki so nastale zaradi zamašitve prepustov s plavinami in z lesenim plavjem (A in C). Sanacija po ujmi poškodovane cestne infrastrukture (B in D) (Dimnik, 2016). ..	18
Slika 12: Septembrsko neurje 2014. Posledica zamašitve cevne prepusta s plavinami in z lesenim plavjem je z naplavinami zasuto cestišče (A). Posledice bočne erozije so zajede oz. odnesene brežine na makadamski cesti (B) (Dimnik, 2016).	19
Slika 13: Karta poplavne nevarnosti za naselji Črna na Koroškem in Žerjav (Atlas okolja).	20
Slika 14: Neme priče (dokazi in sledovi o preteklih in aktualnih erozijskih in hudourniških procesih) nam omogočajo interpretacijo procesov, ki so se dogajali v junijskem neurju 2016 na manjšem desnem hudourniškem pritoku Meže v Mežici, ki ga uvrščamo med podrivne sredogorja. Hudournik je iz pretežno strme in utesnjene struge spiral in transportiral plavine in jih odložil na izhodu iz soteske, kjer se struga razširi, zato se je voda razlila na vse strani, zaradi česar je upadla njena globina, občutno pa se je zmanjšal tudi padec. Posledica je bila zmanjšanje vlečne sile vode, zato so se začele plavine odlagati v obliki značilnega hudourniškega vršaja (A). Zaradi zamašitve cevne prepusta s plavinami in z lesenim plavjem je med neurjem prišlo do razlivanja hudournika čez cesto, kar je bil vzrok, da je voda vzporedno s staro strugo, ki jo je močno razširila, ustvarila tudi drugo, povsem novo strugo (B). Foto: Tadej Lamprecht.	23

Slika 15: Drevnina, ki se je v junijskem neurju 2016 v strugo hudourniškega pritoka Meže v Mežici vključila neposredno zaradi bočne hudourniške erozije in plazjenja pobočij. Foto: Tadej Lamprecht.	30
Slika 16: Model izvornih območij lesenega plavja (povzeto po Ruiz-Villanueva in sod., 2012). Be – bočna erozija, Ft – fluvialni (rečni) transport, Pl – plazovi. Skica: Natalija Kerec.	32
Slika 17: Neodstranjeno leseno plavje, ki je že precej časa formirano na majhnem naravnem »otočku« sredi struge reke Meže (A). Kosi lesenega plavja pod zaplavno ustalitevno pregrado (B). Foto: Tadej Lamprecht. .	34
Slika 18: Poškodbe zaradi lesenega plavja na stanovanjskem objektu in električni infrastrukturi (A). Poškodbe na prometni infrastrukturi zaradi zamašitve mostne konstrukcije z lesenim plavjem (B) (Rudolf-Miklau in sod., 2011).....	35
Slika 19: Leseno plavje, ki je v Železnikih leta 2007 zaradi hudourniških poplav povzročilo pravo razdejanje (A) (Moč vode ..., 2016); (B) (Žabkar, 2008).....	36
Slika 20: Del naplavin je bil s strani pristojnih izvajalcev v bližini cevnih prepustov iz struge hudourniškega pritoka Meže odstranjen. Cevna prepusta pa sta več kot mesec dni po neurju še vedno zabita s plavinami in z lesenim plavjem. Foto: Tadej Lamprecht.	37
Slika 21: Naravna stopnja, ki jo ustvarjajo veliki leseni ostanki, vpliva na široko področje hidromorfoloških in ekoloških procesov (A). Leseni ostanki med drugim ustvarjajo različne mikrohabitate za živalske vrste, ki so vezane na vodni in obvodni prostor (A in B). Foto: Tadej Lamprecht.	39
Slika 22: Številnim vrstam nevretenčarjev predstavljajo leseni ostanki njihov življenjski prostor, mravljam pa med drugim tudi most za prečkanje reke Meže. Foto: Tadej Lamprecht.	40
Slika 23: Povsem nova vlaka, ki poteka čez reko Mežo in se nato nadaljuje tik nad njeno strugo, je povečala poplavno in erozijsko ogroženost na tem območju. Odkopni material, s katerim je zasuto večje število izravnanih panjev in gospodarsko nezanimivih lesnih sortimentov, bo ob pojavu visokih voda tok Meže začel odnašati kot plavine, nakar se bodo v tok začeli vključevati tudi zasuti leseni ostanki in bodo kot leseno plavje povečali poplavno ogroženost. Foto: Tadej Lamprecht.	42
Slika 24: Neupoštevanje gozdnega reda, veje in drugi sečni ostanki se nahajajo v strugi in njeni neposredni bližini. Foto: Tadej Lamprecht.	43
Slika 25: Zadrževalni pregradi za zaustavitev lesenega plavja. Zapolnjena filtrirno-zadrževalna pregrada na hudourniku Suhelj (A) (Sediment Management ..., 2014). Očiščena hudourniška filtrirna pregrada v Avstriji (B) (Sediment Management ..., 2015).	44
Slika 26: Podrta drevesa, ki so zaradi posledic snegoloma v aprilu 2016 končala v Meži (A in B). V precejšnjem obsegu so bila sicer v razmeroma kratkem času iz struge odstranjena, njihovi sortimenti so kljub nevarnosti, ki jo lahko povzročijo v primeru visokih vod, skladiščeni na poplavnem območju (C). Izravnani panji pa so celo ostali tik ob strugi (D). Foto: Tadej Lamprecht.	46
Slika 27: Širše območje raziskave z označenim zlivnim območjem Meže od izvira do sotočja z Bistro (prirejeno po Hladnik in Skvarča, 2006).	47
Slika 28: 3D-pogled na širše območje raziskave z označenim zlivnim območjem Meže od izvira do sotočja z Bistro. Zlivno območje, omejeno z rdečo črto, obsega 65,2 km ²	48
Slika 29: Gozdne združbe po podatkih fitocenološke karte v merilu 1:100.000 (Košir in sod., 2007).	50
Slika 30: Maroldova planina v Avstriji, kjer se vode iz okoliških vrhov združijo v Mežo (A). Že povsem blizu slovenske meje Meža ponikne v morensko gradivo (B in C). Drugi izvir, kjer v Sloveniji Meža ponovno privre na plano, je tudi območje, kjer smo v raziskavi pričeli s popisom lesenega plavja (D). Foto: Tadej Lamprecht.	51
Slika 31: Podolžni profil raziskovalnega območja reke Meže, iz katerega je razvidno, da njen povsem zgornji del poteka po zelo strmem terenu, z manjšo nadmorsko višino pa njen naklon počasi in enakomerno upada.	52
Slika 32: Leseno plavje po stopnjah razkroja. 1. razred (A). 2. razred (B). 3. razred (C). 4. razred (D). 5. razred (E). Foto: Tadej Lamprecht.	56

Slika 33: Geolociranje lesenega plavja z napravo GNSS v povirju Meže (A). Foto: Milan Kobal. Kos lesenega plavja, ki ga je v času visokih vod tok transportiral in odložil na prodišče v enem od zavojev Meže. S premerko smo mu na polovici njegove dolžine izmerili premer (B). Foto: Tadej Lamprecht.	58
Slika 34: Frekvenčna porazdelitev dolžin kosov lesenega plavja v zgornjem toku Meže v maju 2016.	59
Slika 35: Prostorska razporeditev števila kosov in volumen lesenega plavja glede na vzdolžni profil (niveleto) struge Meže od izvira do Črne na Koroškem v maju 2016.	60
Slika 36: Število in volumen lesenega plavja v zgornjem toku Meže maja 2016 glede na razred razkroja.	61
Slika 37: Izvor lesenega plavja v zgornjem toku Meže glede na popis maja 2016.	62
Slika 38: Absolutna količina lesenega plavja v zgornjem toku Meže glede na rabo tal, stanje maj 2016.	63
Slika 39: Količina lesenega plavja v zgornjem toku Meže glede na rabo tal, preračunano na 100 m odseke.	63
Slika 40: Pozicija lesenega plavja v strugi Meže v njenem zgornjem toku maja 2016.	64
Slika 41: Količina lesenega plavja v strugi Meže glede na to, ali se plavje pojavlja neposredno v strugi ali v območju zunaj struge (10 m pas), maja 2016.	64
Slika 42: Količina lesenega plavja v strugi Meže glede na ukoreninjenost maja 2016.	65

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

GGN	Gozdnogospodarski načrt
IPPC	<i>Integrated Pollution Prevention and Control</i> – Evropska direktiva 96/61/EC o celovitem preprečevanju in nadzorovanju onesnaževanja gospodarskih subjektov
OPVP	območje pomembnega vpliva poplav
SAVESO	gospodarski subjekti, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega
Q ₁₀	visoke vode s povratno dobo 10 let
Q ₁₀₀	visoke vode s povratno dobo 100 let
Q ₅₀₀	visoke vode s povratno dobo 500 let

NEVIHTA

Naša babica nam je večkrat pripovedovala o tem dogodku in to je čista resnica.

Bilo je 17. julija 1875, ko se je nad Peco in Toplo utrgal oblak.

Moja babica je bila Mihevova iz Podpece. Rojena je bila leta 1867 in je bila takrat stara osem let, se pravi, da se je to zgodilo leta 1875.

Z očetom sta bila takrat na Peci. Naenkrat je sredi dneva postalo popolnoma temno. Kot ponoči! In potem je začelo deževati, v resnici je lilo, kot bi vodo zlival iz vedra. Pa ji je

rekel: »Danes je pa najin poslednji dan, te ujme ne bova preživela.« Vendar sta po naključju našla dovolj veliko previsno skalo, kamor sta se zatekla in prevedrila.

Takrat je Malo Peco ogulilo do skal! Vse se je valilo navzdol po dolini Tople. Odnášalo je zemljo, skale, drevje in rastje, pri tem pa podiralo vse, kar je bilo na poti. Tako je odneslo vse mline: Kordeževega, Florinovega, Burjakovega, Pecnikov mlin bolj spodaj, zrušena je

bila Kordeževa žaga, Burjakova žaga ... Pred tem so bila po dnu doline lepa kmetijska zemljišča, s tem nanosom pa so bila vsa uničena. V tistih časih pač ni bilo možnosti, da bi tako naplavino odstranili ali kaj temu podobnega, tako da je ta nanos ostal in je danes to področje zaraslo z gozdom.

Ujma je trajala kake pol ure. Med tem časom pa je nad Koprivno sijalo sonce, neurje se je zneslo samo nad Toplo.

Od takrat je bila Mala Peca desetletja dolgo povsem gola. Zdaj se zarašča.

(Ivan Kočnik, 2010)

1 UVOD

Reka Meža (Slika 1) in njeni pritoki imajo izrazit hudourniški značaj, so razmeroma dobro vodnati in glede na količino pretokov in veliko geografsko višino tudi bogat energetski potencial, kar ob nastanku poplav pomeni tudi veliko rušilno moč (Kuzmič in Suhadolnik, 2005). Ta je povezana s prenosom večjih količin plavin in lesenega plavja (Papež in sod., 2010; Papež, 2011a; Papež in Steinman, 2012).



Slika 1: Meža v svojem povirju. Foto: Tadej Lamprecht.

Potencialno nevarnost ogroženosti pred poplavami na tem območju predstavljajo dotrajani in slabo vzdrževani objekti, npr. jezovi, obrežni zidovi, mostovi (Slika 3) ter nanosi plavin in lesenega plavja (Kuzmič in Suhadolnik, 2005). Velike težave prav tako povzročajo številni neustrezni prepusti in premajhni mostovi, velika prodonosnost in ponekod (v naseljih) prenizka poplavna varnost, ki je posledica spremenjene rabe obvodnega prostora.



Slika 2: Leseni ostanki v zgornjem toku Meže, ki v strugi predstavljajo leseno plavje. Foto: Tadej Lamprecht.

Glede na pretekle poplavne dogodke v Zgornji Mežiški dolini je razvidno, da se na območju reke Meže in njenih pritokov pogosto pojavlja problematika, ki je povezana s prenosom lesenega plavja (Šifrer, 1962; Dimnik, 2010; Dimnik, 2012; Dimnik, 2014; Stele Jeglič in sod., 2014).

Leseni ostanki v gozdovih, ki v strugah vodotokov predstavljajo leseno plavje (Slika 2), neposredno vplivajo na fizikalne, kemijske in biološke lastnosti vodnih ekosistemov in z ekološkega in geomorfološkega vidika predstavljajo ključne elemente v rečnih sistemih (Montgomery in Piégay, 2003). Po drugi strani pa leseno plavje predstavlja enega od glavnih problemov za napovedovanje poplavnega tveganja v alpskih vodotokih, predvsem zaradi potencialne možnosti zamašitve mostov, prepustov ali ozkih odsekov struge v času poplavnih dogodkov (Comiti in sod., 2008b).

Posebej pri upravljanju gorskih potokov na območju Alp imajo boljše razumevanje vključevanja velikih lesenih ostankov ter njihova lokalizacija in prenos velik pomen pri zmanjševanju poplavne nevarnosti (Comiti in sod., 2006; Mao in sod., 2008). Identifikacija vključenega lesa, prenos in njegovo odlaganje v strugi vodotoka so potrebni za bolj verjetnostno oceno različnih poplavnih scenarijev. Podatki o količini in značilnostih velikih lesenih ostankov (njihova porazdelitev, dolžina in premer) so zato potrebni tako za umestitev kot oblikovanje ustreznih zaščitnih/varovalnih protiukrepov.

Obvladovanje tveganja zaradi nevarnosti lesenega plavja je mogoče zmanjšati le z integralnimi ukrepi, ki morajo zajemati celoten spekter različnih ukrepov, da se zmanjša tveganje na spremenljivo raven (Rudolf-Miklau in Hübl, 2010). Med ukrepe za preprečevanje pojava lesenega plavja v strugah in zmanjševanje škodljivega delovanja v času visokih voda sodijo (Papež in sod., 2011b): gozdarski ukrepi, inženirsko biološki ukrepi, tehnični ukrepi, prostorsko načrtovalski ukrepi, interventni ukrepi ter nadzor in vzdrževanje vodotokov.

Obrežni gozdovi so večinski vir velikega lesenega plavja, ki lahko ob ekstremnih dogodkih tvori naravne jezove in v primeru porušitve povzroči katastrofalne posledice dolvodno (Rudolf-Miklau in sod., 2011). Z optimalnim gospodarjenjem z obrežnimi gozdovi in z različnimi tehničnimi ukrepi se vnos lesenega plavja bistveno zmanjša, s tem se poglobitveno zmanjša tudi tveganje.

1.1 NAMEN NALOGE

Namen naloge je:

- popisati količine lesenega plavja v strugi reke Meže od izvira do sotočja z Bistro,
- analizirati prostorsko razporeditev lesenega plavja vzdolž struge reke Meže,
- analizirati izbrane dejavnike, ki vplivajo na količino lesenega plavja v strugi reke Meže.

1.2 RAZISKOVALNE HIPOTEZE

V raziskavi smo preverili naslednje hipoteze:

- V zgornjem delu struge Meže prevladuje leseno plavje krajših dolžin (do 4 m).
- Leseno plavje je v zgornjem delu struge Meže razporejeno neenakomerno.
- V zgornjem delu struge Meže prevladuje leseno plavje nižjih stopenj razkroja.
- Največji delež lesenega plavja v zgornjem delu struge Meže predstavljajo kosi, ki so bili v strugo vključeni iz neposredne bližine.
- Na količino lesenega plavja v zgornjem delu struge Meže vpliva raba tal, zlasti prisotnost gozda.

2 PREGLED OBJAV

2.1 POPLAVE

Poplave so naraven dinamičen pojav, ki nastane zaradi dolgotrajnih padavin ali kratkotrajnih intenzivnih nalivov, lahko pa je tudi posledica taljenja snega oz. medsebojnega skupnega delovanja vseh zgoraj navedenih dejavnikov. Nastopijo takrat, ko voda ne more več prosto odtekati po svoji strugi in zato poplavi okolico (Brilly in sod., 1999). V svetovnem merilu so med vsemi vodnimi ujmani poplave najštevilčnejše naravne nesreče, ki prizadenejo ogromno število ljudi, zahtevajo veliko smrtnih žrtev in povzročijo precejšno gospodarsko škodo (Brilly in sod., 1999). Med najpomembnejše vzroke za poplave sodijo poleg padavin in taljenja snega še naravnogeografske značilnosti pokrajin, predvsem vremenske, geološke, hidrološke, pedološke, orografske in vegetacijske. Prav tako ima velik pomen predhodna namočenost tal (Komac in sod., 2008; Mikoš, 1995).

2.1.1 Vrste poplav

Pokrajinska pestrost slovenskega prostora se kaže tudi v veliki raznolikosti poplav in poplavnih območij. Natek (2005) razlikuje pet vrst poplav:

- **hudourniške poplave** so kratkotrajne in izjemno silovite, kjer vode hitro narastejo in s seboj prenašajo velike količine plavin in plavja ter v razmeroma kratkem času upadejo. Pojavljajo se v številnih hudournikih v gorskem svetu, hribovjih in gričevjih;
- **nižinske poplave** se pojavljajo v spodnjem toku večjih rek, nastanejo zaradi razlike v hitrosti dotekanja visokih vod in pretočnih zmogljivosti rečnih strug. Vode hitro pritečejo iz višjega sveta, se razlijejo po ravnini, počasi odtečejo in za sabo pustijo peščene ilovnate naplavine in plavje;
- **poplave na kraških poljih** nastopijo počasi, voda stoji več dni in nato počasi odteče skozi kraško podzemlje. Nastanejo zaradi dviga piezometričnega nivoja nad površje ali zaradi presežka dotekajoče vode nad zmogljivostjo podzemnih kanalov;
- **morske poplave** nastanejo v kombinaciji visoke plime, nizkega zračnega pritiska in juga (veter), ko se gladina za kratek čas dvigne in preplavi obrežje;
- **mestne poplave** se pojavljajo zaradi hitrega odtekanja padavin s streh in asfaltiranih površin, ker jih kanalizacijski sistem ni sposoben sproti požirati.

Poplave se lahko v Sloveniji pojavijo v vsakem letnem času, najpogostejše pa so predvsem oktobra in novembra, ob prehodu hladne fronte prek srednje Evrope ali ob prehodu sredozemskega ciklona iznad Genovskega zaliva (Kobold, 2010). Najizdatnejše padavine se pojavijo ob kombinaciji ciklonskih in orografskih padavin. Precejšen vpliv ima v tem času tudi zmanjšanje zaščitne vloge rastlinskega pokrova (Kobold, 2010). Poletne poplave večinoma nastopijo na hudourniških območjih zaradi kratkotrajnih intenzivnih nalivov. Zimsko-pomladne poplave pa so povezane s taljenjem snega in so običajno omejene na manjša porečja.

Ker Slovenija leži v glavnem v povirjih vodotokov, se zato najpogosteje srečujemo s kratkotrajnimi večurnimi hudourniški poplavami. Izjema je območje reke Drave in Mure, kjer lahko poplave trajajo tudi po več dni (Brilly in sod., 1999; Kajfež Bogataj, 2008; Kobold, 2010).

2.1.2 Poplavna problematika

Zaradi ogrevanja ozračja narašča število velikih in hudih poplav. Med letoma 1960 in 1970 je bilo na svetu okrog 20 katastrofalnih poplav letno, v obdobju med letoma 1995 in 2005 pa že nad 150 letno. Kajfež Bogataj (2008) je mnenja, da so zgoraj navedena dejstva zanesljivo povezana s podnebnimi spremembami, vendar še ne podaja ocene, kako močna je ta povezava. V prihodnje lahko pričakujemo daljša sušna obdobja s pomanjkanjem vode ter krajša in krajevno razpršena obdobja intenzivnih padavin (Kobold, 2010). Vse to se bo odražalo v večji poplavni ogroženosti in delovanju erozijskih sil. Posledice podnebnih sprememb so tudi a) nižanje malih in srednjih pretokov, b) upad nivoja podtalnice, c) težave z vodooskrbo ter d) manjša proizvodnja električne energije (Kobold, 2010).

Ne samo večja intenziteta in pogostost ekstremnih pojavov, ampak tudi sodoben način življenja in nepremišljeni posegi v okolje botrujejo vse večji škodi, ki jo taki pojavi povzročajo (Ekstremni vremenski dogodki, 2014). Z neodgovornim poseganjem v poplavni svet in s tem v naravno dinamiko voda in okolja nasploh postajajo poplave človeku vse večja grožnja (Komac in sod., 2008). V obdobju po 2. svetovni vojni smo pri obsežnih melioracijah poplavne ravnice pozidali z infrastrukturo, regulirali na videz krotke

hudournike in s tem povzročili hiter odtok v nižje ležeče ozke doline. Zaradi nestrokovnih posegov, ko smo pretrgali naravno povezavo med reko in njeno okolico, postajajo poplave vse bolj katastrofične. Zavedati se moramo, da so poplave naraven proces in jih z vsemi možnimi rešitvami ne moremo popolnoma preprečiti. Lahko pa preprečimo njihove najhujše posledice, za katere je odgovoren človek s svojimi nepremišljenimi posegi v prostor (Komac in sod., 2008).

V začetku 21. stoletja so večji poplavni dogodki v letih 2007, 2009, 2010, 2012 in 2014 v Sloveniji povzročili za približno 1200 milijonov EUR škode. To na leto znese 120 milijonov EUR neposredne škode zaradi posledic poplav, če grobo ocenimo še dodatno posredno škodo (izpad prihodkov gospodarskih subjektov, propad podjetij, prekinjene infrastrukturne in komunikacijske povezave, dolgoročne posledice itd.), pa letna škoda zaradi poplav v Sloveniji znaša približno 150 milijonov EUR (Načrt zmanjševanja ..., 2015). Poleg ogromne materialne škode v tem obdobju so bile davek poplav tudi smrtne žrtve (Šifrer, 1962; Kobold, 2010).

Kljub stalnemu in argumentiranemu opozarjanju s strani strokovnjakov vodarjev in hudourničarjev država namenja drastično premalo sredstev za urejanje in umirjanje hudournikov v zaledjih ter hkrati iz leta v leto zmanjšuje tudi sredstva za redno vzdrževanje vodotokov (Klabus, 2007). Ukrepi v zaledjih imajo namreč zelo velik vpliv na dolgoročno učinkovitost in funkcionalnost ureditvenih ukrepov na dolinskih odsekih strug in s tem posledično na poplavno varnost.

Naša država bi morala namenjati dovolj sredstev za varovanje lastnih prebivalcev pred poplavami in hudourniškimi izbruhi (Klabus, 2007). Ostale evropske alpske države se že dolgo zavedajo resnosti te problematike, ki postaja v zadnjih desetletjih (verjetno zaradi globalnih klimatskih sprememb) vse bolj pereča. V ta namen porabijo tudi do 2 % proračuna, Slovenija komaj 0,15 % (Klabus, 2007). Zavedajo se, da je cena preventivnih ukrepov bistveno nižja od cene sanacije. Pri nas pa gredo te stvari pogosto čisto drugo pot. Bolj kot smo ogroženi, manj sredstev namenjamo preventivi (Horvat, 2007). Dejstvo je, da bi nekajkrat več sredstev, namenjenih za urejanje vodotokov, zanesljivo pomenilo nekajkrat več realiziranih protipoplavnih in protierozijskih ukrepov, vključno z upoštevanjem okolju

prijaznih pristopov (Klabus, 2007). Po nekaj letih takega sistematičnega, strateškega in strokovnega ukrepanja bi bila višina škod ob naslednjih visokih vodah bistveno nižja.

2.1.3 Ostale vodne ujme

Poleg poplav poznamo še druge vodne ujme (Brilly in sod., 1999), vzroki zanje so:

- meteorološki pojavi (nevihte in neurja z močnim vetrom in dežjem ter snežni viharji, posledica meteoroloških pojavov so lahko tudi vetrolom, snegolom in žledolom),
- hidrološki pojavi (poplave vseh vrst in snežni plazovi),
- geološki in geomorfološki pojavi (podori in hribinski plazovi).

Vsi naštetni pojavi vodnih ujm lahko potencialno vplivajo na količino velikih lesenih ostankov in ostalega lesenega plavja v vodotokih. Zato moramo biti ob takšnih dogodkih še posebej pozorni in jih pravočasno odstraniti iz njihovih strug in s pobočij, saj lahko v primeru poplav bistveno vplivajo na obseg škode (Hidrotehnik ..., 2014). V Sloveniji je poudarek pri varstvu pred vodnimi ujmami predvsem na področju poplav in erozije tal, ki sta najbolj razširjena in intenzivna pojava (Brilly in sod., 1999).

2.2 POPLAVNA OGROŽENOST V ZGORNJI MEŽIŠKI DOLINI

Ker ima reka Meža, še posebej v svojem povirju, kjer leži celoten raziskovalen odsek, izrazit erozijski in hudourniški značaj, smo v nadaljevanju naloge poudarek namenili tema dvema procesoma in z njima povezani poplavni ogroženosti na območju Zgornje Mežiške doline.

2.2.1 Vpliv izkoriščanja gozdov in industrije na erozijske procese v preteklosti

Na gospodarjenje z gozdovi v Zgornji Mežiški dolini sta v preteklosti najmočnejše vplivali industrija (rudarska, železarska) in njihove velike potrebe po lesu in oglju, ter kmetijstvo, ki je s skrajno ekstenzivnim načinom izkoriščanja (golosečnje, novinarjenje, pašništvo, steljarjenje itd.) povzročalo propadanje gozdnih površin (Zagorc, 1964). Na začetku 19. stoletja so bila mnoga pobočja do vrha razgozdena, gozdne površine so na območju Zgornje Mežiške doline predstavljale le okoli 25 % delež (Medved, 1967; Čas, 2013). Star način gospodarjenja je nato pod vplivom Presslerjeve šole o najvišji zemljiški renti povzročil, da

imamo na številnih in pogosto neustreznih rastiščih enolične in genetsko slabe smrekove in borove sestoje (Zagorc, 1964). Posebej nestabilni smrekovi sestoji, predvsem na strmih pobočjih, hitro podležejo različnim oblikam erozije, ki jih povzročajo intenzivni meteorološki, hidrološki, geološki ter geomorfološki pojavi (glej poglavje 2.1.3) in so hkrati precej bolj dovzetni za škodljivce (Rudolf-Miklau in sod., 2011).

Nega gozda se v tem območju ni izvajala vse do druge polovice 20. stoletja oz. je obstajala le v iztrebljanju bukve in grmovnega sloja, kar je negativno vplivalo tako na rastišče, kot na erozijo (Zagorc, 1964). Pomemben problem v preteklosti na območju Zgornje Mežiške doline je predstavljalo tudi ročno spravilo lesa, ki je pogosto potekalo po strmih in kamnitih pobočjih. Takšne drče so se v času intenzivnih padavin hitro spremenile v hudourniško-erozijske jarke. Zemljič (1971) navaja, da je bilo v Zgornji Mežiški dolini oz. natančneje v tako imenovani Dolini smrti nad Žerjavom daleč najskrajnejše specifično sproščanje erozijskega drobirja v Sloveniji, kjer se je letno sprostilo blizu $5200 \text{ m}^3/\text{km}^2$, zahvaljujoč uničenju gozdnega rastišča z izpušnimi plini svinčevih topilnic rudnika v Žerjavu. V preteklosti so se pogosto pojavljali tudi gozdni požari, predvsem na površinah, ki so porasle z borom in spomladanskim vresjem (Zagorc, 1964). Takšni požari povzročajo poškodbe drevja, hkrati lahko povsem uničijo pomladek ter grmovni in zeliščni sloj, s tem postanejo tla še bolj ranljiva, saj nudijo idealne pogoje za razvoj erozijskih procesov v večjem obsegu.

Vsi naštetni negativni vplivi so povzročili močno degradacijo vegetacije in tal (Zagorc, 1964). Tla so postala bistveno manj odporna in plodna, zaradi zmanjšanja retencijskih kapacitet (prostor za akumuliranje vode v času izobilja) se je povečal površinski odtok vode, kar je močno vplivalo na številne erozijske in hudourniške procese.

Kot lahko opazimo, so bile dispozicije za razvoj erozijskih in hudourniških procesov v Zgornji Mežiški dolini izredno ugodne. V novejši raziskavi Kladnik (2009) ugotavlja, da se je stanje okolja glede na razmere v preteklih desetletjih v Zgornji Mežiški dolini precej izboljšalo in da je podoba gozdov veliko obetavnejša kot nekoč. Danes gozdnatost tega območja predstavlja bistveno večji delež, ki znaša več kot 80 % (Čas, 2013), kar ugodno vpliva na vodni režim v tleh in na zmanjševanje erozijskih procesov, ki so v preteklosti močno zaznamovali podobo krajine. Upamo, da bo Dolina smrti kmalu postala le še

opozorilo in spomin na dni, ko ljudje niso bili sposobni uskladiti svojih pridobitniških interesov z zahtevami narave (Zagorc, 1964).



Slika 3: Veliko lesenih mostnih konstrukcij na Meži je v zelo slabem stanju in ne služijo več svojemu prvotnemu namenu. Njihovi dotrajani deli postajajo del lesenega plavja in so hkrati potencialne lokacije za zamašitev struge s plavjem (A, B, C, D). Delna zamašitev mosta, ki je nastala kot posledica snegoloma v aprilu 2016 in je hkrati poškodovala brežino, v katero je pritrjen del mostne konstrukcije (B). Povsem dotrajan most in tik ob strugi veliko začasno skladišče gozdnih lesnih sortimentov, ki bi lahko v primeru ekstremnih hudourniških poplav povzročilo porušitev slabo vzdrževanih obrežnih zidov, vključitev hlodovine v vodni tok in katastrofalne posledice dolvodno (D). Foto: Tadej Lamprecht.

2.2.2 Poplavna problematika v Zgornji Mežiški dolini

Med poplavnimi dogodki na reki Meži in v območjih njenih hudourniških pritokov predstavljajo potencialno nevarnost dotrajani in slabo vzdrževani objekti (jezovi, obrežni zidovi, mostovi) ter nanosi plavin in lesenega plavja (Kuzmič in Suhadolnik, 2005). Velike težave nastajajo zaradi številnih neustreznih prepustov in premajhnih mostov, problematična

je tudi velika prodonosnost in ponekod v naseljih prenizka poplavna varnost, ki je posledica spremenjene rabe obvodnega prostora. Pretočno zmogljivost strug zmanjšujejo tudi zarast in naplavine. Poplave so pogoste predvsem v dolinah, kjer so zgrajene ceste zmanjšale naravni visokovodni profil, zaradi česar prihaja do izrednih erozij in preplavljanja ter odnašanja cest.



Slika 4: Nepravilno skladiščena hlovovina, ki se zaradi nepravočasnega odvoza že nahaja v in ob strugi Meže in bo glede na stopnjo razkroja tam do ekstremnih poplavnih dogodkov tudi ostala (A). Gospodarsko nezanimivi sortimenti iz začasnega skladišča niso bili transportirani, ampak so ostali v strugi ali na brežini (B). Nepravilno skladiščenje drv z vidika ogroženosti zaradi lesenega plavja (C in D). Foto: Tadej Lamprecht.

Pri pregledu stanja hudourniških strug Meže s pritoki je zanimiva ugotovitev, ki velja marsikje v Sloveniji, da je ob njihovih strugah – zlasti v srednjih in zgornjih tekih zgrajeno veliko gozdnih cest, poti in vlak, ki niso zaščitene proti erozijskemu delovanju hudournih voda (Pregled ..., 1999). Zato ob visokih vodah posledično prihaja do velikih poškodb in odnašanja materiala. To dejstvo ponekod močno vpliva na povečano prodonosnost v času velikih voda na posameznih hudourniških območjih. S tem je povezana tudi aktualna

problematika vnosa lesenega plavja v srednjih in zgornjih tekih hudournikov (Pregled ..., 1999). Čas (2013) za Zgornjo Mežiško dolino prav tako navaja problem pregoste mreže gozdnih prometnic, torej gozdnih cest in vlak, ki prerežejo pobočne »tepihe« gozdnih tal. Predvsem na ohranjenih humoznih tleh z veliko zadrževalno kapaciteto za vodo in z visoko biotsko pestrostjo (Čas, 2013) povzročajo izrazitejša letna nihanja v talni vlagi pri odtekanju padavinske vode iz gozdov. Zato lahko ob večjih vremenskih ujmah povzročajo poplave ali suše in siromašijo življenjsko pestrost gozdnih tal in ekosistemov ter rodovitnost gozdov, kar je ob današnjih klimatskih spremembah vse večja grožnja.



Slika 5: Kljub temu da na fotografijah prikazani odpadni material ne sodi drugam kot na komunalna odlagališča, se še vedno znajde v in ob strugah vodotokov in reka Meža ni nobena izjema. Foto: Tadej Lamprecht.

Iz GGN Črna-Smrekovec (Gozdnogospodarski ..., 2012) in GGN Mežica (Gozdnogospodarski ..., 2010) je razvidno, da je starostna struktura gorskih gozdov z vidika večnamenskega in trajnostnega gospodarjenja zaradi zastaranosti gozdov ogrožena. Primanjkuje gozdov v

pomlajevanju oz. v mlajših razvojnih fazah. To pomeni, da lahko ob nadaljnjem razvoju privede do nenadnega izpada večjih površin zrelih gozdov (zaradi naravnih ujem in sanitarnih sečenj) in posledično do obsežnega zatavljanja ter pomlajevanja, kar bi pomenilo nenaden izpad dotoka lesne mase iz gozdov ter nedelovanje nekaterih nujnih okoljskih (varovalnih) funkcij gozdov. Posledice za naselja v Zgornji Mežiški dolini bi lahko bile katastrofalne (npr. zaradi nenadnih poplav), kot so bile prisotne v obdobju obsežnega pašništva na začetku 19. stoletja – takrat je bilo na območju le okoli 25 % gozdnih površin (Medved, 1967; Čas, 2013). Po presoji GGN so strokovnjaki predpisali močnejše sečnje v starih gozdovih in hitrejšo obnovo gozdov. Tako se bo z večanjem deleža mlajših razvojnih faz v doglednem času uskladilo in zagotovilo trajnostno delovanje vseh funkcij gozdov za nas in nadaljnje generacije, kar upošteva tudi območni 10-letni GGN (Čas, 2013).

V starejšem poročilu Šeme (1994) za hudourniško območje zgornje Drave, kamor sodi tudi Meža, opisuje nepravilne posege in ukrepe pri gospodarjenju z gozdovi (Slika 4), kot so: nespoštovanje gozdnega reda, odmetavanje vej, sušic itd. v strugo ali na brežine, vlačenje lesa po strugi in prek strug ter nepravilno skladiščenje hlodovine v strugah ali ob strugah vodotokov. Prav tako Horvat (1994) navaja, da so gozdne prometnice narejene na divje, so neurejene, nimajo primerne odvodnjavanja in niso vzdrževane. Hkrati opozarja na nemaren odnos do suhih ali aktivnih hudourniških strug (Slika 5), kamor lastniki, upravljalci gozdov, lesarji, žagarji in drugi mečejo vse lesne ostanke, prebivalci pa tja odlagajo tudi smeti. Kaj plavajoč les, panji, veje, itd. povzročijo ob neurjih, je skusilo že veliko ljudi.

2.2.3 Poplavni dogodki v Zgornji Mežiški dolini

2.2.3.1 Velika poplava v Mežici 21. 6. 1961

Neurje, ki je potekalo na razvodju med Mežo, Mislinjo in Pako, je bilo v Mežici najbolj silovito ter najkrajše in ga je poleg silnega naliva z ogromno količino toče spremljal tudi izredno močan veter, ki je v gozdu podrl ogromno dreves. Hudournik Šumc, levi pritok Meže v Mežici, je pokazal vso svojo razdiralno moč ter presegel vse svoje meje in že v povirnih krakih poglobil strugo za več metrov ter izruval številna drevesa. Še močnejše je rušil v spodnjem toku, kjer mu je človek s svojimi posegi, z gradnjo rak, hiš, jezov ter mostov strugo

še zožil in mu tako natančno določil njegovo pot. To se je kmalu pokazalo za usodno, saj hudournik ni več samo erodiral, ampak je začel tudi močno akumulirati drevesna debla, hlode, deske in razen drug material, ki ga je transportiral.

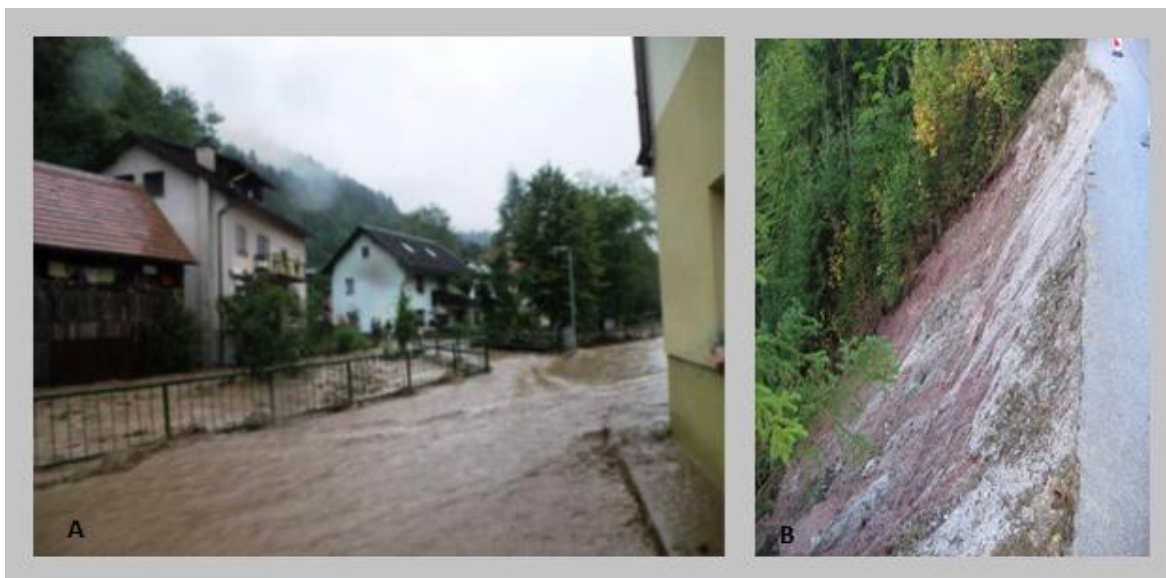


Slika 6: Posnetki so nastali po neurju 21. 6. 1961 v Mežici, kjer je divjal hudournik Šumc, levi pritok Meže. *»Izjemno nazorno kažejo eno od krutih razdejanj, ki smo jih doživeli v preteklosti v Sloveniji, a se kljub temu ravnanje ljudi ni prav nič izboljšalo; še vedno raje rešujemo kot preprečujemo«* (Jesenovec, 1995).

Leseno plavje je na več mestih povzročilo zajezev in preplavitev. Šumc je močno poglobil svojo strugo, zunaj nje pa nagrmadil ogromne količine hlodov in najrazličnejšega plavnega gradiva. Ogromno škodo so utrpeli vsi vodni objekti navzdol po dolini (Slika 6), kot so žage, kovačnice in njihove naprave, jezovi, mostovi itd. Silno neurje je povzročilo tudi veliko materialno škodo na cestah, hišah in drugih gospodarskih poslopih. Posledice so utrpele tudi kmetijske površine, po njihovih pobočjih je zgrmelo več plazov in odneslo rodovitno zemljo, uničeni so bili skoraj vsi poljski pridelki, docela je bilo okleščeno tudi sadno drevje. Poleg vse naštetih škod je neurje v območju svojega dosega zahtevalo tudi več človeških žrtev.

Opis velike poplave smo povzeli po Šifrerju (1962). Kot pozneje navaja Vončina (2013), je obnova razdejanja v Mežici trajala več let.

2.2.3.2 Poplave 6. 8. 2010 v občini Črna na Koroškem



Slika 7: Posledice neurja leta 2010. Območje v središču Črne, kjer je leseno plavje zamašilo mostno konstrukcijo (A) (Stele Jeglič in sod., 2014). Obilne padavine so sprožile plaz, ki je uničil občinsko prometno infrastrukturo (B) (Dimnik, 2010).

Neurje z vetrom in močnim deževjem je povzročilo razdejanje na območju središča Črne, Javorja (Slika 7B), Ludranskega vrha in Bistre. Na Javorskem potoku je prišlo do številnih erozijskih zajed brežin, hudournik je s sabo transportiral velike količine lesenega plavja, dokler se to ni zagostilo na prvi večji oviri. V središču Črne, malo nad sotočjem z Mežo, je prišlo do zamašitve mostne konstrukcije z lesenim plavjem (Slika 7A). Zaradi zaježitve je hudournik gorvodno od mostu prestopil brežine, voda je zalila celotno središče Črne ter številne kleti in dvorišča stanovanjskih hiš (Stele Jeglič in sod., 2014).

2.2.3.3 Poplave 5. 11. 2012 v občini Črna na Koroškem

Zaradi močnega deževja in otoplitve ozračja je na višje ležečih pobočjih prišlo do taljenja snega, zaradi česar je začela naraščati Meža s pritoki. Vodostaj reke Meže na vodomerni postaji Črna na Koroškem je ta dan znašal 183 cm, pretok pa 60,23 m³/s (Arhiv površinskih

voda, 2012), kar predstavlja približen pretok s povratno dobo deset let (Preglednica 1). Prišlo je do številnih erozijskih zajed brežin vodotokov, odplavljalo je drevesa, grmovje, veje, ki jih je voda nosila s seboj, dokler se to leseno plavje ni na prvi večji oviri zagostilo (Slika 9A/B). Prišlo je do zamašitev več mostnih konstrukcij z lesnim plavjem (Slika 10), kar je bil tudi vzrok za poškodbe ali popolno uničenje mostov. Zaradi zaježitve so vode prestopile brežine in začele iskati nove poti. Največ težav in škode je Meža s pritoki povzročila na objektih transportne infrastrukture (Slika 8A), na kmetijskih površinah (Slika 8B) ter na gozdnih poteh. Voda je zalila vse prometne povezave na območju Ludranskega vrha, Bistre in Koprivne. Škoda je bila ocenjena na približno 5 milijonov EUR (Dimnik, 2012).



Slika 8: Posledice novembrskih poplav 2012. Cesta med Koprivno in Črno, ki jo je hudourniški tok Meže odnesel s seboj (A). Pritok Meže v Koprivni, ki ga običajno ne bi niti opazili, je pokazal svojo rušilno moč, zgrmel mimo družinske hiše in uničil gospodarsko poslopje (B) (S. P., Š. P. 2012).



Slika 9: Leseno plavje, ki ga je v novembrskih poplavah 2012 iz svojega hudourniškega območja transportirala reka Meža (Koroška pod vodo, 2012).



Slika 10: Leseno plavje in plavine, ki jih je tok Meže v novembrskih poplavah 2012 transportiral iz svojega zaledja in z njimi zamašil del mostne konstrukcije v Mežici (Trdina, 2016; foto: Nenad Donau).

2.2.3.4 Poplave 13. 9. 2014 v občini Črna na Koroškem



Slika 11: Septembrsko neurje 2014. Poškodbe cestišča, ki so nastale zaradi zamašitve prepustov s plavinami in z lesnim plavjem (A in C). Sanacija po ujmi poškodovane cestne infrastrukture (B in D) (Dimnik, 2016).

Padavine z močnim deževjem so povzročile največje razdejanje na območju Javorja, Žerjava, Jazbine in Koprivne. Na vodotokih je prišlo do številnih erozijskih zajed brežin (Slika 12B), odplavljalo je številna podrtá drevesa, grmovja, veje, debela ter druge predmete, ki jih je voda nosila s seboj, dokler se niso na prvi večji oviri zagostili. Prišlo je do zamašitve več cevnih prepustov z lesenim plavjem, ki se je zagostilo v odprtini in povečalo obseg škode (Slika 11) (Dimnik, 2014).



Slika 12: Septembrsko neurje 2014. Posledica zamašitve cevnege prepusta s plavinami in z lesenim plavjem je z naplavinami zasuto cestišče (A). Posledice bočne erozije so zajede oz. odnesene brežine na makadamski cesti (B) (Dimnik, 2016).

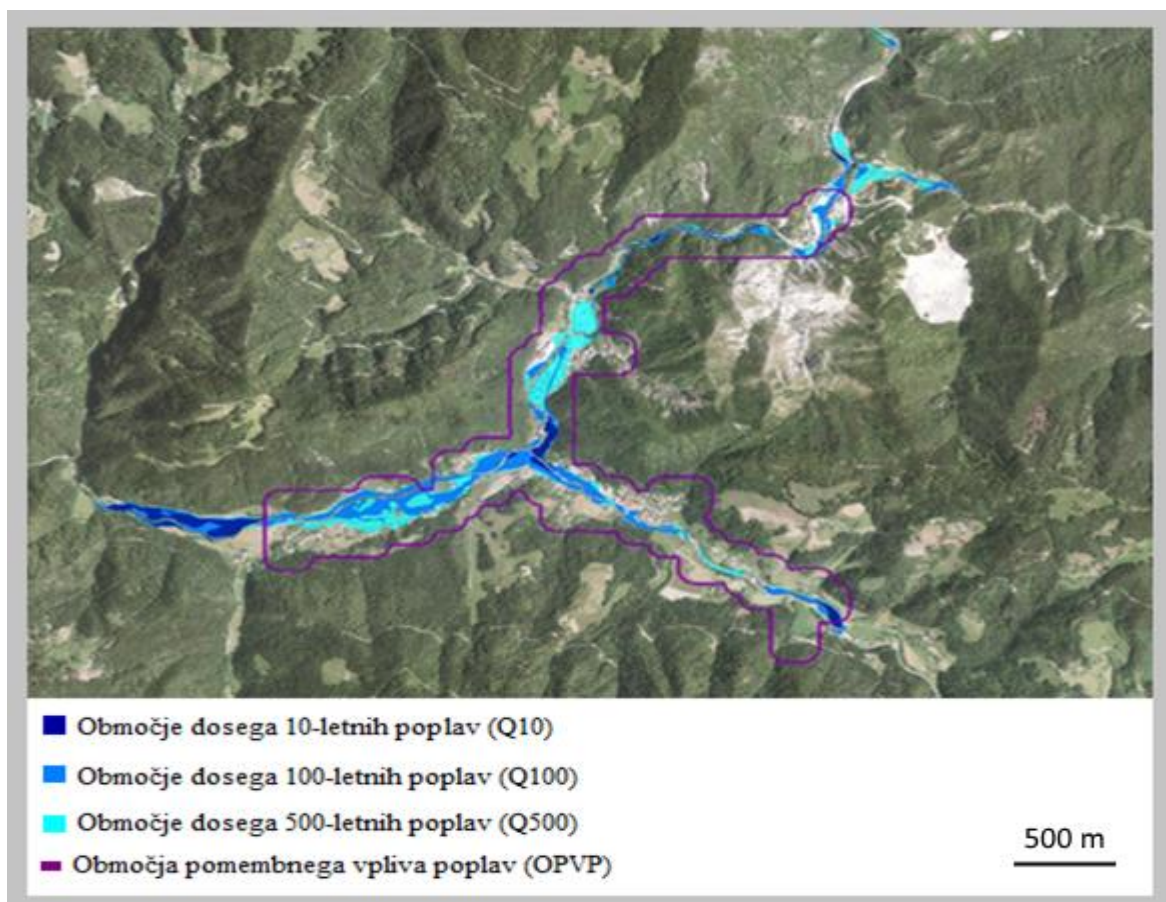
2.2.4 Hidravlična študija visokih vod na porečju Meže

Naselji Črna na Koroškem in Žerjav spadata v eno izmed 61 območij pomembnega vpliva poplav (v nadaljevanju OPVP) v Sloveniji (Slika 13). To so območja, za katera lahko z veliko verjetnostjo trdimo, da so glede na kriterije poplavne ogroženosti (ogroženost zdravja ljudi, gospodarstva, kulturne dediščine in okolja) poplavno najbolj ogrožena območja v Sloveniji (Stele Jeglič in sod., 2014). V Hidravlični študiji se je pri modeliranju upoštevalo le vodne količine, ne pa tudi plavin in lesenega plavja, ki lahko zamašijo določene prepuste in mostove, zvišajo dno struge in povečajo obseg in nevarnost poplav, kar je zelo verjetno glede na hudourniški značaj pritokov in glede na pretekle dogodke (Stele Jeglič in sod.,

2014). Skupna površina OPVP v Črni na Koroškem in Žerjavu znaša 0,62 km², število stalnih in začasnih prebivalcev na tem območju je 1750, število stavb s hišno številko 269, število enot kulturne dediščine 18, število kulturnih spomenikov 15, število poslovnih subjektov 104, ocenjeno število zaposlenih 523, število IPPC in SAVESO zavezancev 2, dolžina pomembnejše linijske infrastrukture je 4 km, število pomembnih objektov družbene infrastrukture državnega pomena pa je 5.

2.2.4.1 Visoke vode s povratno dobo 10 let (Q_{10})

Korito Meže skoraj na celotnem odseku Črne in Žerjava prevaja Q_{10} , le na zgornjem odseku prihaja do prelivanja vode na poplavne ravnice zaradi dveh mostov, ki zaježujeta visoko vodo. Meža ogroža le nekaj objektov in travnikov gorvodno od Črne. Javorski potok gorvodno od sotočja z Mežo prevaja Q_{10} , le v središču Črne, kjer se zliva v Mežo, prihaja do poplavljanja.



Slika 13: Karta poplavne nevarnosti za naselji Črna na Koroškem in Žerjav (Atlas okolja).

2.2.4.2 Visoke vode s povratno dobo 100 let (Q_{100})

Meža poplavlja skoraj na celotnem odseku Črne in Žerjava, gorvodno od Črne je poplavljen travnik in nekaj stanovanjskih objektov, tudi stadion v Črni. Na sotočju z Javorskim potokom je poplavljen celotno naselje. Prav tako sta poplavljeni tovarni TAB v Črni in Žerjavu ter MPI reciklaža v Žerjavu, ki spadajo med IPPC. Poplavi tudi precejšen del ceste Črna-Žerjav. Pritoki Meže so hudourniškega značaja, njihova korita prevajajo visoke vode Q_{100} , problem nastane zaradi plavin in lesenega plavja, ki zvišajo gladino vode in lahko zamašijo prepuste in poplavlja.

2.2.4.3 Visoke vode s povratno dobo 500 let (Q_{500})

Pri Q_{500} je velik del območja pod vodo, izvzeti so le objekti, ki so na višjem terenu. To ne pomeni, da so hiše popolnoma pod vodo, ampak da se na podlagi okoliškega terena predvideva, da je del hiše (klet ali pritličje oz. del etaže) poplavljen.

2.3 EROZIJSKI IN HUDOURNIŠKI PROCESI

Naravne danosti v slovenskem prostoru omogočajo nastanek in razvoj erozijskih in hudourniških procesov, ki se najintenzivneje kažejo v obliki hudourniških izbruhov (Papež in sod., 2010; Papež 2011a; Papež in Steinman, 2012). Zanje sta poleg nenadnosti pojava značilni tudi velika intenzivnost in hitrost dogajanja, predvsem pa velika rušilna moč, ki je povezana s prenosom večjih količin plavin in plavja.

Približno 44 % površine slovenskega ozemlja je potencialno erozijsko ogrožene, okoli 30 % površine pa so labilna in pogojno stabilna zemljišča (Horvat, 1998). Slabo četrtno ozemlja predstavljajo hudourniška območja, kjer ob vremenskih ekstremih nastanejo hudourniški izbruhi močnejšega obsega in jakosti, ki povzročajo večjo škodo.

Erozija je v svoji preprosti obliki posledica naravnih sil vode, snega, leda, vetra, težnosti in temperaturnih nihanj ter delovanja sončnih žarkov na zemeljsko površje. Poznamo naslednje vrste erozijskih pojavov (Pintar in Mikoš, 1983):

- pojave kemičnega, biološkega in fizikalnega preperevanja,

- vetrno erozijo,
- snežno erozijo,
- ledeniško erozijo,
- vodno erozijo,
- plazno erozijo in
- podorno erozijo.

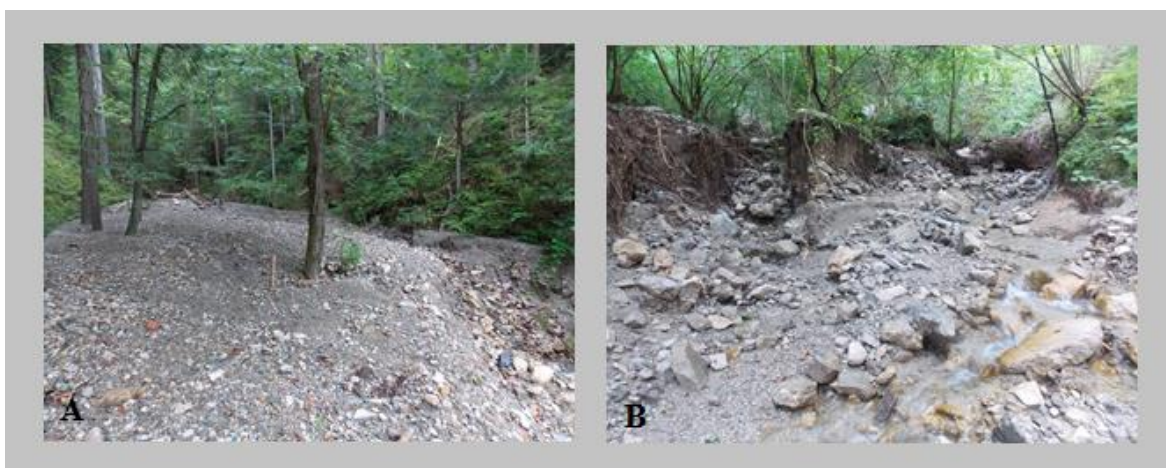
Ker se dinamične sile narave medsebojno prepletajo, pogosto nastopijo mešane oblike erozijskih pojavov (Mikoš, 1995). Posledice delovanja teh pojavov so sproščanje, odplavljanje, premeščanje in odlaganje erozijskega drobirja. Za Slovenijo je značilna relativno zmerna intenziteta erozijskih pojavov, saj se letno sprosti okoli 5 milijonov m³ drobirja, od katerega dobra polovica zastaja v povirjih, preostanek pa se odplavlja in premešča vzdolž vodotokov (Mikoš, 1995). Pri tem se moramo zavedati, da se večina navedenih količin sprošča in odplavlja iz posameznih hudourniških območij, predvsem erozijskih žarišč globinske in bočne erozije.

2.3.1 Hudourniki

Hudournik je naravni stalni ali presihajoči vodotok s strmim padcem ter tudi z naglimi in močno spreminjajočimi se pretočnimi razmerami (Mikoš, 2012). Hudourniško območje določenega hudournika obsega celotno vodozbirno območje padavinske vode sebe in svojih pritokov kakor tudi območje odlaganja hudournika, ki ga poimenujemo tudi hudourniški vršaj (Slika 14A). Med hudourniške procese uvrščamo hudourniške poplave ter z njimi povezano odnašanje (spiranje), premeščanje (transport), odlaganje drobirja (plavin) in v gozdnem prostoru tudi (velikega) lesenega plavja.

Pomembno je poudariti, da je ena izmed ključnih posebnosti obravnavanja erozijske in hudourniške problematike njena usmerjenost k obravnavi celotnega vodozlivnega območja hudournikov in nikakor ne zgolj omejitev na strugo in ožji priobalni pas (Papež, 2011a). Prav tako Horvat (1995) navaja glede na že ustaljeno poenostavljanje v praksi istovetenje hudourniškega območja s pojmom hudournik.

Ob katastrofalnih vodah prihaja v strmih delih hudourniških strug pogosto do porušanja ravnovesja v koritu in do močne globinske erozije (Dolgan, 1995). Sprošča se ogromno nanosa, s spodkopanih bregov se v struge rušijo drevesa in ostanki iz posek. Po strugi se vali velika masa naplavin, ki se lahko večkrat zagostijo in ustvarijo grmado iz plavajočega lesa in nanosa, kot posledica tega se lahko pojavi zajezev. Ko se taka grmada poruši, plane val s še večjo močjo proti dolini in pri tem podira mostove, ceste, stavbe ter zasipa in dviguje dno struge. Pri tem lahko preplavi površine, za katere bi mislili, da jih vodni val ne bo nikoli dosegel. Tudi v srednjem toku ima hudournik zaradi padca nivelete še tako moč, da posamezna mesta popustijo pred podivjano vodo, kjer prihaja do obrežnih zajed in odnašanja obdelovalnih površin. V spodnjem toku, kjer se naklon struge postopoma zmanjšuje, začne s plavinami zasičena voda material odlagati in se razlivati po okolici. Vsako prelivanje hudournika povzroči tvorbo brazd, novih strug (Slika 14B), odnašanje zemlje in v hujšem primeru popolno opustošenje doline (Dolgan, 1995).



Slika 14: Neme priče (dokazi in sledovi o preteklih in aktualnih erozijskih in hudourniških procesih) nam omogočajo interpretacijo procesov, ki so se dogajali v junijskem neurju 2016 na manjšem desnem hudourniškem pritoku Meže v Mežici, ki ga uvrščamo med podrivlje sredogorja. Hudournik je iz pretežno strme in utesnjene struge spiral in transportiral plavine in jih odložil na izhodu iz soteske, kjer se struga razširi, zato se je voda razlila na vse strani, zaradi česar je upadla njena globina, občutno pa se je zmanjšal tudi padec. Posledica je bila zmanjšanje vlečne sile vode, zato so se začele plavine odlagati v obliki značilnega hudourniškega vršaja (A). Zaradi zamašitve cevnega prepusta s plavinami in z lesnim plavjem je med neurjem prišlo do razlivanja hudournika čez cesto, kar je bil vzrok, da je voda vzporedno s staro strugo, ki jo je močno razširila, ustvarila tudi drugo, povsem novo strugo (B). Foto: Tadej Lamprecht.

Hudourniki in nižinski vodotoki se med seboj razlikujejo po dolžini, velikosti vodozbirnega območja in padcih nivelete. Če je padec nivelete hudournika dovolj velik, je potencialno mogoč nastanek drobirskih tokov, medtem ko je lahko ta naravni proces v nižinskih vodotokih izključen.

Horvat (1995) in Papež (2011a) delita hudournike na:

- **visokogorske hudournike in**
- **hudournike sredogorja (Slika 14A/B) in gričevja.**

Hkrati jih ločujeta na:

- **spiravce** (hudournike, ki plavijo pretežno preperine) in
- **podrivače** (v njih prevladujejo plavine, ki nastanejo predvsem zaradi erozijskega delovanja hudournika oz. kopanja lastnega dna, rušenja bregov in pobočij) (Slika 14A/B).

Sproščanje in transport plavin za človeka predstavljata nevarnost, ki lahko povzroči veliko škodo, vendar so obenem pomemben dejavnik dinamičnega ravnovesja pretoka plavin in obnavljanja posteljice struge večjih rek (Papež, 2011a).

2.3.2 Posledice visokih voda in hudourniških izbruhov

Posledice visokih voda in hudourniških izbruhov delimo v naslednje kategorije: (Kienholz in sod., 2008; Papež, 2011a):

- **hudourniški drobirski tok** (hudourniška lava) je hitro tekoča zmes iz vode, plavin in lesenega plavja, vsebnost trdih delcev se giblje nekje med 30 do 60 %. Pojavlja se v visokogorskem in predgorskem svetu, kjer je začetni nagib minimalno od 25 do 30 %. Nastaja na območjih z erodibilno matično podlago, kjer se s preperevanjem tvori veliko nevezanih preperin. Po strugi teče v dolino z veliko hitrostjo od 40 do 60 km/h, največkrat v intervalih. Med procesom se pojavi vzdolžno prebiranje, ki izoblikuje tipično čelo iz velikih skal, telo predstavlja homogena suspenzija, rep toka pa turbulentni ali hiperkoncentrirani tok;
- **preplavitev** (dinamična poplavitve) voda in plavine prestopijo bregove hudournikov in nižinskih vodotokov, posledica tega je odlaganje pretežno grobih hudourniških plavin

zunaj območja struge (naplavljanje). Zaradi velike hitrosti toka se tudi zunaj struge razvije velika erozijska moč. Preplavitev običajno traja krajši čas;

- **poplavitev** se pojavi na položnejših ravninskih predelih, kjer voda prestopi bregove tekočih voda ali jezer. Značilno je odsedanje finih delcev in odlaganje plavja. Vodna gladina se dviga počasi.

Horvat (2007) ter Horvat in sod. (2008) so mnenja, da bodo klimatske spremembe in z njimi povezani vremenski ekstremi neugodno vplivali na varstvo pred erozijo in hudourniki. To naj bi se odražalo z intenzivnejšim preperevanjem kamnin, s pogostejšimi in višjimi odtoki visokih voda, z intenzivnejšim odplavljanjem preperin, s pogostejšimi obilnimi prenosi plavin in lesenega plavja, z bolj pogostim proženjem zemeljskih plazov, s pogostejšim padanjem skal in kamenja ter z manj pogostimi, a po moči in razsežnostih močnejšimi snežnimi plazovi.

2.3.3 Preventivni ukrepi varstva pred erozijo in hudourniki

Prebivalci v ogroženih območjih Alp so stalno soočeni z naravnimi nevarnostmi in njihovimi posledicami. Naravne sile, kot so visoke vode, drobirski tokovi, zemeljski plazovi, padajoče kamenje in snežni plazovi, lahko prizadenejo naše imetje ali pa celo ogrozijo življenja (Kienholz in sod., 2008). Če želimo preprečiti neugodne posledice različnih vrst erozije, zlasti hudourniške, ki nas v Sloveniji najbolj ogroža, moramo predvsem premišljeno uporabljati prostor in hkrati pri vseh dejavnostih v hudourniških območjih dosledno preventivno uresničevati protierozijske ukrepe (Papež in sod., 2010; Papež, 2015). Glede na pristop reševanja problematike ločimo dve skupini preventivnih ukrepov (Integral natural ..., 2010):

- **pasivni ukrepi** (ukrepi, ki vplivajo na obseg škode); ne vplivajo na naravne procese, ki so vzrok za naravne nesreče, ampak zmanjšujejo škodo, ki nastane ob naravnih nesrečah. Med pasivne ukrepe sodijo: domišljeno prostorsko načrtovanje, ki upošteva karte nevarnosti in tveganj zaradi naravnih nevarnosti, zaščita nepremičnin, odpornost objektov itd.;
- **aktivni ukrepi** (ukrepi, ki zmanjšujejo naravno nevarnost); vplivajo na naravne procese, katerih razsežnost in intenziteta lahko povzročita naravno nesrečo. Med aktivne ukrepe

spadajo: nadzor in vzdrževanje ravnovesnih razmer na erozijsko ogroženih območjih, klasični tehnični in biotehnični ukrepi za urejanje hudournikov in sanacijo erozijskih žarišč, ciljni gojitveni in negovalni ukrepi v varovalih gozdovih itd.

2.3.4 Gospodarjenje z gozdovi in preventivni ukrepi varstva pred erozijo in hudourniki

Za večino naravnih ujm zmotno krivimo višjo silo, namesto da bi se s premislekom zavedali, da je v gorskem in hribovitem svetu mogoče dolgoročno in varno gospodariti le s skrbnim ohranjanjem krhkega ravnovesja med rušilnimi naravnimi silami in stabilizacijsko sposobnostjo posameznih ekosistemov (Horvat in Zemljič, 1998). Gorski gozd ima pri tem neprecenljivo vlogo.

V zgodovini so si sledila obdobja močnejše in šibkejše erozije kot posledica antropogenih vplivov, še zlasti v gorskih predelih (Horvat in Zemljič, 1998; Papež in sod., 2010). Gozd zadržuje in vpija vodo ter pri tem ovira njeno odtekanje, hkrati pa preprečuje, da bi nastajale večje količine nevezanega erozijskega drobirja, ki bi ga vode lahko odnašale v hudournike. To funkcijo gozd opravlja na širšem vodozbornem območju kot tudi na samih brežinah gorskih vodotokov, kjer učvrščuje pobočja in varuje brežine pred izpiranjem in poružitvami. Plavine, ki jih ob neurjih prinašajo gorski hudourniki, izvirajo iz erozijskih procesov na ogolelih površinah (večinoma je to kamniti svet nad gozdno mejo) in iz različno obsežnih erozijskih žarišč vzdolž struge. Ker je ravnovesje med varovalno močjo gozda in poružitvenimi silami zelo krhko, sta pazljivost in doslednost pri konkretnih ukrepanjih v občutljivem gorskem svetu posebnega pomena (Horvat in Zemljič, 1998; Papež in sod., 2010).

Gozdarstvo ima izjemno pomembno in odgovorno vlogo, saj s svojim gospodarjenjem vpliva ne le na gozd, ampak tudi na vodo in dvosmernih povezav med gozdom in vodo je veliko več, kot se zdi. Ena izmed mnogih povezav obsega varovanje obstoječih podtalnih in površinskih voda in strug ter preprečevanje erozijskih procesov, ki lahko skupaj z visokimi vodami predstavljajo neposredno grožnjo vsemu, kar jim je v napoto. Druga povezava,

doslej premalo poudarjena tako v znanosti kot v praksi, pa je izboljševanje gozdnih struktur in zgradb, ki posredno dvigujejo kapaciteto tal za skladiščenje vode (Fajon, 2007).

Zadostna, kakovostna in trajna oskrba z vodo je v veliki meri odvisna od pokritosti zemeljskega površja z ustrezno vegetacijo (Čampa, 1994). Pri tem gozd opravlja tudi nadvse pomembno hidrološko funkcijo: prestreza in deloma porablja padavine, zmanjšuje prehitro in škodljivo odtekanje površinskih voda, jih mehansko in kemijsko čisti, jih zadržuje in shranjuje ter skrbi za enakomernejše razporejanje v času in prostoru. Od gozda je odvisno, koliko vode bo površinsko odteklo, se vpilo v gozdna tla, izhlapelo v ozračje, dopolnilo podzemne vode in prek bočnih izvirov oskrbovalo nižje ležeče vodotoke in podtalnico. Zato je poleg klimatskih in edafskih dejavnikov potrebna tudi primerna stopnja gozdnatosti, gozdov ustrezne strukture in ohranjenosti ter ustrezne rabe prostora nasploh.

Papež in sod. (2010) pripisujejo veliki gozdnatosti v hudourniških območjih in gospodarjenju z gozdovi v slovenskem prostoru zelo velik varovalni pomen pred razdiralnimi erozijskimi silami ob neurjih. T. i. varovalne funkcije gozda imajo na gozd različne učinke in prispevajo k omejevanju ali preprečevanju naravnih nevarnosti v gozdu samem ali njegovi okolici (Guček in sod., 2012).

V Sloveniji so varovalne funkcije gozdov zajete predvsem v dveh različnih funkcijah gozda, in sicer:

- **funkciji varovanja gozdnih zemljišč in sestojev**, ki spada med ekološke funkcije in je opredeljena kot varovanje rastišča in njegove okolice pred posledicami vseh vrst erozijskih procesov. Njen pomen je v zagotavljanju (ohranjanju) odpornosti tal proti erozijskim pojavom, preprečevanju razvoja (pojavljanja) zemeljskih in snežnih plazov, podorov in usadov, preprečevanju poglobljanja pobočnih jarkov, preprečevanju premeščanja naplavin, zadrževanju drobnega plovnega materiala in ohranjanju rodovitnosti gozdnih tal. Gozdovi s poudarjeno funkcijo varovanja gozdnih zemljišč in sestojev so na območju zgornje gozdne meje, na erozijskih, plazljivih ali plazovitih območjih ter na zelo strmih pobočjih, sušnih legah in na plitvih skalovitih ali kamnitih tleh;

- druga funkcija gozda, ki je neposredno povezana z varovalnimi učinki gozda, pa je **zaščitna funkcija** in spada med socialne funkcije. Zaščitna funkcija je poudarjena na območjih, kjer gozd zmanjšuje ogroženost infrastrukturnih ali drugih objektov pred naravnimi nevarnostmi. Zagotavlja zaščito prometnic, naselij in drugih objektov, kot so padanje kamenja in peska, snežni zameti, bočni vetrovi in zdrsi zemljišča, ter tako bistveno poveča varnost bivanja in prometa. Gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo se nahajajo na strmih pobočjih nad naselji, cestami ali železnico.

Tako funkcija varovanja gozdnih zemljišč in sestojev nakazuje predvsem na skrajnostne rastiščne razmere, medtem ko zaščitna funkcija gozdov izpostavlja pomen za zaščito ljudi in objektov. Na dobrih 70 % vseh gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo je valorizirana tudi varovalna funkcija (Guček in sod., 2012).

Varovalni gozdovi v dobrem stanju učinkovito varujejo javne dobrine, zato jim je potrebno v Sloveniji nameniti več pozornosti (Diaci in sod., 2012). Načrtno gospodarjenje z varovalnimi gozdovi učinkuje preprečevalno tako pasivno kot aktivno, saj vpliva na zmanjšanje ogroženosti, po drugi strani pa zmanjšuje erozijski potencial. Naravne nesreče lahko prizadenejo tako posameznika kot celotno družbo, zato je v javnem interesu, da se jim poskušamo izogniti. Pri tem nam v veliki meri pomagajo varovalni učinki gozdov.

2.3.4.1 Usmeritve za krepitev varovalne in hidrološke funkcije v obvodnem pasu

Z gozdnogospodarskimi in drugimi ukrepi lahko pozitivno vplivamo na varovalno in hidrološko funkcijo gozda v obvodnem pasu (Planinšek in sod., 2013). Najprimernejša sestojna zgradba je malopovršinska raznodobna zgradba z visoko stopnjo zastiranja ter enakomerno porazdelitvijo razvojnih faz. Priporočljivi so grmičasti sestoji zaradi ugodnega delovanja na stabilizacijo tal na ekstremnih rastiščih (hudourniški vodotoki). Zaradi preprečevanja erozije se naj na celotnem vodozbirnem območju zagotavlja stalna pokrovnost vegetacije. V obvodnih pasovih zagotavljamo trajno naravno pomlajevanje, pod zastorom starejših dreves. Sestojni sklep naj bo tesen ali normalen (zgornja plast krošenj več kot 70 %) v obvodnih pasovih in tudi v celotnem vodozbirnem območju. Uravnavamo zmes rastišču primernih drevesnih vrst. Na ekstremnih legah dajemo prednost vrstam z močnim

koreninskim sistemom (jelša, beli gaber, plemeniti listavci in bukev). V robnih območjih plazišč in hudournikov trajno ohranjamo in pospešujemo vrbe, trepetliko in sivo jelšo. Na takšnih območjih je med iglavci bor najbolj primerna drevesna vrsta, saj na vlažnih tleh izrazito poveča porabo vode. V sklenjenih pasovih iglavcev vzpostavimo jedra listavcev. Odstranjujemo nestabilna in fiziološko prestara drevesa, ki lahko neugodno vplivajo na erozijske procese. Na bregovih hudournikov ne dopuščamo visokih lesnih zalog, nestabilnih dreves in mrtve biomase. Selektivno sečnjo v obvodnih pasovih izvajamo zaradi odstranitve starih in nestabilnih dreves. S pravočasno nego povečamo stabilnost sestojev. Obvodni pas naj bo širši v strmih legah in pri drevesnih vrstah s plitvimi koreninami. Pri sečnji naj drevesa padajo vstran od struge, sečne ostanke obvezno odstranimo iz struge (in brežin vodotokov).

Nego obvodne drevnine pričnemo že v fazi mladja in nato do drogovnjaka, potrebni so intenzivni ukrepi, da se robna drevesa razvijejo v dominantna, z močnimi koreninskimi sistemi in razvejanimi krošnjami. V srednji in višji sestojni starosti z rahljanjem oblikujemo posamezna drevesa ali skupine in pazimo na mehansko stabilnost sestoja ter poskrbimo za ugodne možnosti pomlajevanja. Pomladitvene dobe so daljše in brez večkratnega poseganja, zadržimo stabilne in močne skupine dreves. Odmrli les naj bo posamično prisoten v sestoju in v vodnih telesih, puščamo lahko posamezna stabilna habitatna drevesa, če ne ogrožajo varnosti, hkrati pa se moramo zavedati, da v obvodnih pasovih odmrli les pomeni povečano nevarnost plavja. Našteti gojitveni in negovalni ukrepi poleg izboljšanja varovalne funkcije pripomorejo tudi k večji zadrževalni in filtracijski sposobnosti gozdnih tal, kar ima velik pomen tudi za ohranitev virov čiste pitne vode (Planinšek in sod., 2013).

Če bi se v prihodnosti delež gozdov znatno zmanjšal in bi se njihovo stanje slabšalo, bi razpadel tudi oskrbni hidrološki sistem. To bi pomenilo, da bi bilo v deževnih obdobjih naenkrat vode preveč, vse poplavljeno, zasuto in uničeno z erozijskim materialom, zatem pa kmalu vse suho s presahlimi izviri in suhimi vodotoki. Zavedati se moramo, da je ozemlje Slovenije ekološko in krajinsko izredno občutljive narave z nevarnostjo hitrih in nepopravljivih degradacij. Naše naravno bogastvo predstavljajo gozdovi in voda, ki ju moramo zato še toliko bolj varovati in družbeno vrednotiti (Čampa, 1994).

2.4 LESENO PLAVJE

Leseno plavje vključuje vse oblike lesenega materiala (drevesa, hlodi, panji, vejevje, drva itd.), ki se med pojavom visokih voda zaradi različnih vzrokov vključi ali pa je že vključeno v tok vodotoka. Bolj podrobna klasifikacija lesenega plavja izhaja predvsem iz načina vnosa lesenega materiala v strugo (Papež, 2011a; Papež, 2011b; Papež in sod., 2011a; Papež in sod., 2011b):

- les, ki se že nahaja v strugi (les, ki je v strugo prišel zaradi posledic snežnega plazua, vetroloma ali zaradi gospodarjenja z gozdom),
- drevnina, ki je v strugo vključena neposredno zaradi erozijskih procesov in plazenja iz brežin struge (Slika 15),
- drevnina, ki je v strugo vključena neposredno zaradi bočne (Slika 15) ali globinske hudourniške erozije,
- drevnina, ki je v strugo prišla neposredno s pobočij zaradi zemeljskih plazov,
- različni lesni proizvodi, ki so v strugo vključeni zaradi izkoriščanja gozdov,
- obdelan, gospodarski les, ki je skladiščen na neustreznih lokacijah.



Slika 15: Drevnina, ki se je v junijskem neurju 2016 v strugo hudourniškega pritoka Meže v Mežici vključila neposredno zaradi bočne hudourniške erozije in plazenja pobočij. Foto: Tadej Lamprecht.

Leseno plavje se torej v strugo vključi na več načinov. Tako ločimo trajne procese, kjer se drevje vključi kot posledica naravne umrljivosti dreves ali zaradi postopnega spodjedanja brežin. Za te procese je značilno, da prispevajo manjše količine lesa v stalnih intervalih. Občasni vnosi, ki se pojavijo zelo redko in v kratkem času prispevajo zelo velike količine lesa, pa nastanejo zaradi vetrolomov, žledolomov, snegolomov, gozdnih požarov in obsežnih

poplav (Bisson in sod., 1987). Kot vzrok za nastanek lesenega plavja pa Maser in Sedell (1994) navajata tudi mrtva drevesa in njihove ostanke, ki so posledica tipičnih gozdnih motenj, kot so žuželke in patogeni organizmi.

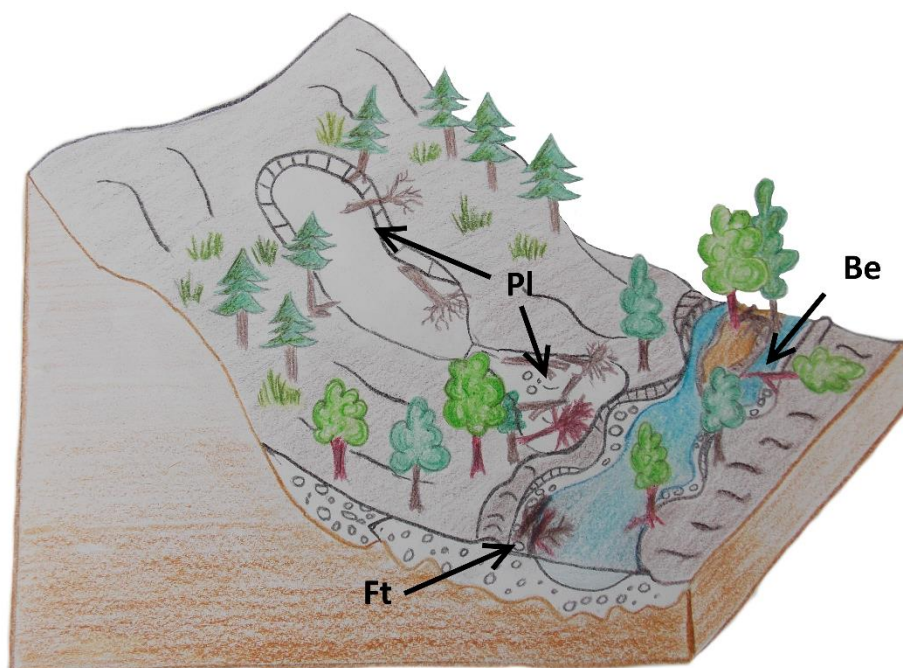
Raba tal na prispevnih površinah hudournikov in predvsem obrežni gozdovi, ki hkrati predstavljajo protierozijsko zaščito brežin, pobočij in poplavnih ravnic, imajo v hudourniških območjih velik vpliv na sestavo in količino lesenega plavja. Fetherston in sod. (1995) so ugotovili, da obrežni gozdovi, ki so oddaljeni do 30 m od struge, predstavljajo od 70 % do 90 % vsega lesenega plavja.

Prisotnost lesenega plavja v prispevnem območju hudournikov je odvisna od (Rudolf-Miklau in sod., 2011):

- drevesne sestave in načina mešanja (ustrezna vrsta in oblika zmesi povečata stabilnost),
- drevesne vrste (pospešujemo vrste, ki so bolj prilagodljive na ekstremna rastišča),
- starost gozdnih sestojev (predvsem zastareli smrekovi sestoji predstavljajo velike količine lesenih ostankov, so podvrženi vetrolomu in hkrati tudi dovzetni za škodljivce in druge motnje),
- lastnosti tal (so močno povezane z zemeljskimi plazovi in vplivajo na stabilnost dreves in sestojev),
- obremenitev zaradi vetra in snega (škoda zaradi vetroloma v gozdu se običajno začne pri hitrosti vetra 62 km/h in lahko izruva celotna drevesa s koreninami, prelomi debla ali poškoduje del drevesa. Na zavetrni strani pobočja lahko nastajajo večje količine snega, ki povzročajo lomljenje drevja in sprožijo snežne plazove),
- ekspozicije (južna in zahodna območja so bolj izpostavljena preperevanju, saj so spremembe, mokro-suho in zamrzovanje-taljenje, bolj pogoste),
- gospodarjenje z gozdom (nepremišljeni gozdnogospodarski posegi, kot so goloseki, tujerodne monokulture, neustrezni gojitveni in negovalni ukrepi, neprimerna gradnja gozdnih prometnic, so vzroki za nestabilna območja in neposredni ali posredni dejavniki, ki pogosto vodijo k zemeljskim in snežnim plazovom ter znatno povečujejo prisotnost velikih lesenih ostankov v hudourniških območjih),

- geologija (geološke lastnosti tal vplivajo na masna gibanja, kot so padanje kamenja, zemeljski plazovi, drobirski tokovi, podori itd. Veliki leseni ostanki so v hudourniške struge večinoma vključeni zaradi plazov in erozije),
- globinska in bočna erozija (posebej drevesne vrste, kot je smreka v monokulturah, ne morejo zagotavljati učinkovite zaščite brežin pred erozijo, zato je učinkovito varstvo pred bočno erozijo mogoče doseči z inženirsko-biotehničnimi ukrepi ali vzdolžnimi tehničnimi ukrepi),
- naklon pobočja (večji naklon vpliva na večjo erozijsko moč).

Gozdna vegetacija na brežinah vodotoka ali v hudourniških strugah je ob velikih pretokih neposredno izpostavljena hidrodinamičnim silam in jo lahko ob delovanju globinske in bočne erozije zajame vodni tok in jo odnaša kot plavje v vodotoku (Slika 16). Iz bližnjih pobočij se v vodotok vključijo drevesa, ki pri padcu neposredno dosežejo strugo. V še bolj oddaljenem območju pa so drevesa, ki struge ne morejo neposredno doseči, lahko pa s strmih pobočij zdrsnejo v vodotok (Mazzorana, 2009).



Slika 16: Model izvirmih območij lesenega plavja (povzeto po Ruiz-Villanueva in sod., 2012). Be – bočna erozija, Ft – fluvialni (rečni) transport, Pl – plazovi. Skica: Natalija Kerec.

2.4.1 **Procesi premeščanja in odlaganja lesenega plavja**

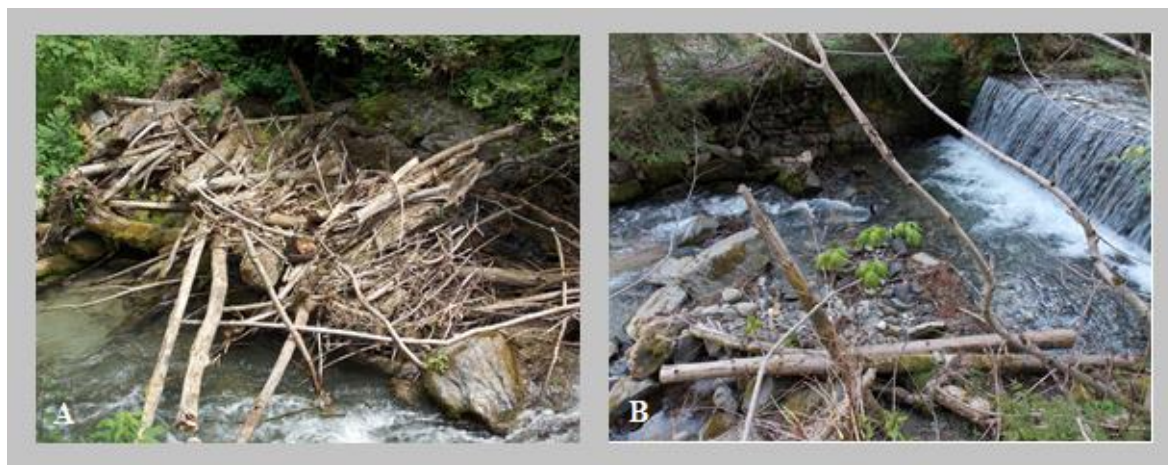
Pri manjših do zmernih hudourniških poplavah je transport velikega lesenega plavja ničen ali zanemarljiv. Veliki leseni ostanki zato večino časa ležijo v strugi vodotoka in prispevajo k stabilizaciji dna, omejujejo transport plavin ter ustvarjajo različne oblike dna, kot so stopnje in tolmoni, ki zagotavljajo življenjski prostor za ribe in nevretenčarje (Coe in sod., 2009). Njihov transport v vodotokih poteka samo v času izjemnih poplavnih dogodkov, zato les v vodotokih večino časa opravlja svoje pozitivne, ekološke in hidromorfološke učinke ter predstavlja potencialno nevarnost samo v času večjih poplavnih dogodkov. Ko je leseno plavje enkrat prisotno v hudourniški strugi, ga razkrajajo različni fizični, kemični in biološki procesi ali pa ga odplavijo fluvialni procesi (Jochner in sod., 2015).

V strmih gorskih potokih se iz lesenih ostankov tvorijo naravne pregrade vzdolž kanala, ki se kopičijo okoli vsaj enega velikega začetnega hloda in jih sestavljajo predvsem drevesa, ki so odmrla v neposredni bližini pregrade. V času brez izjemnih poplavnih dogodkov ti hlodi ovirajo tok, znižajo njegovo hitrost in zmožnost transporta sedimentov in lesenih ostankov ter hkrati stabilizirajo brežine v bližini lesene pregrade. Te pregrade iz lesenih ostankov predstavljajo začasno področje akumulacije in se s časom povečujejo, ker zadržujejo naraščajočo količino materiala vključno z organsko snovjo in s sedimenti (Jochner in sod., 2015).

Izjemni dogodki sprostitve teh naravnih lesenih pregrad v času poplav imajo dvojno vlogo. Lahko mobilizirajo te pregrade vključno z največjimi lesenimi ostanki v območju ter tako očistijo kanal in povečajo povezljivost. Hkrati mobilizacija naravnih stopenj, ki jih tvorijo skale in pregrade iz lesenih ostankov kot tudi bočna erozija, aktivira in stopnjuje nove procese na hudourniških območjih (Molnar in sod., 2010). Posledično se v hudourniški strugi zbirajo novi hlodi, ki omogočajo oblikovanje novih naravnih pregrad okoli ključnih debel in tako ustvarjajo pogoje za začetek novega cikla.

Premeščanje lesenega plavja je odvisno od pretoka, lastnosti struge in velikosti kosov plavja glede na dimenzijo struge (Kogoj, 2011). Na sposobnost premeščanja vplivata tudi globina

in padec vodotoka. Otoki, stranski rokavi in poplavne ravnice vplivajo na premeščanje in so lahko pomembna mesta za odlaganje (Slika 17A).



Slika 17: Neodstranjeno leseno plavje, ki je že precej časa formirano na majhnem naravnem »otočku« sredi struge reke Meže (A). Kosi lesenega plavja pod zaplavno ustaljeno pregrado (B). Foto: Tadej Lamprecht.

Plavje se lahko med transportom po strugi vodotoka ali poplavni ravnici zaustavi na različnih lokacijah. Na brežinah ali poplavni ravnici se lahko ujame v drevesa, ki rastejo dovolj skupaj. Odlaga se lahko tudi na mestih, kjer se poplavnim vodam bistveno zmanjšajo pretočne hitrosti in globina. Med drugim so tudi zožitve vodotoka na širino, ki je manjša od dolžine debel, mesta, na katerih se plavje vsaj začasno odlaga (Kogoj, 2011). Leseno plavje je med transportom po vodni gladini večino časa usmerjeno v smeri toka, plavje s prisotnim koreninskim sistemom in/ali večjimi vejami, je zaradi svoje velikosti in oblike bolj nagnjeno k vrtinčenju (Rudolf-Miklau in Hubl, 2010). Pri globini vode, ki omogoča plavljenje debel, se lahko plavje odlaga na prodiščih sredi struge, na stalnih prodiščih v zavojih, gorvodnih delih otokov ali v tolmunih vzdolž vznožja zunanje brežine v zavoju (Kogoj, 2011). V strugah vodotokov se nahajajo tudi umetne ovire (Slika 17B), kot so razni jezovi, druge vodne zgradbe ter mostovi in prepusti, ki prav tako vplivajo na premeščanje plavja. Naloženo plavje na mostovih poveča efektivno površino mostnega elementa in s tem zmanjša pretočni prerez, manjši pretočni prerez pri istem pretoku pa predstavlja povečanje hitrosti vode skozi mostno odprtino in s tem erozijo dna ter brežin.

2.4.2 Negativni učinki lesenega plavja

Velikokrat ob poplavih ugotavljamo, da marsikateri vodotok prestopi bregove zgolj zaradi lokalnih zamašitev (Mlačnik, 2000). Pogost vzrok zamašitev predstavlja prav leseno plavje. Večje količine lesenega plavja ali veliki posamezni kosi lesa lahko med pojavom visokih vod v hudourniških strugah močno vplivajo na njeno pretočnost in zmanjšajo funkcionalnost določenih varovalnih objektov ter povečajo rušilno moč drobirskih tokov (Papež in sod., 2011a; Papež, 2011b; Dolgan, 1995).



Slika 18: Poškodbe zaradi lesenega plavja na stanovanjskem objektu in električni infrastrukturi (A). Poškodbe na prometni infrastrukturi zaradi zamašitve mostne konstrukcije z lesnim plavjem (B) (Rudolf-Miklau in sod., 2011).

Zamašitev pretočnih profilov je lahko zelo močna motnja, ki nastane zaradi začasne zapore pretoka v hudourniški strugi, kar lahko vodi do zaježitve, ki se praviloma razvije v porušitve bregov in v poplavni val (Papež, 2011b). Verjetnost zamašitve se na splošno poveča s povečanjem dolžine lesenega plavja, enak učinek velja za plavje z vejami in/ali s koreninskim sistemom (Gschnitzer in sod., 2015). Na videz majhni kosi lesenega plavja (listi, majhne veje) in sedimenti imajo zelo pomemben vpliv v zamašitveni matrici, saj v precejšnji meri zmanjšajo pretočnost naravne zaježitve. Zamašitve lahko povzročijo tudi spremembo toka struge in posledično pojav poplavne nevarnosti tam, kjer je sicer ni pričakovati (Papež, 2011b). Zamašitve se lahko pojavijo tako na naravnih zožitvah struge kot tudi pri določenih infrastrukturnih objektih (cevnih prepustih, mostovi (Slika 18B), prečni objekti), na sotočjih pritokov ali na lokacijah, kjer strugo zasuje zemeljski ali snežni plaz. Nenadna sprostitev odtoka na lokacijah takšnih zamašitev lahko vodi do poplavnega vala, ki

je lahko bistveno večji od največjega zabeleženega pretoka na merilnih postajah in v mnogih primerih bistveno vpliva na obseg škode. Naravni jezovi, ki jih ob ekstremnih dogodkih tvori leseno plavje, lahko v primeru njihove porušitve povzročijo katastrofalne posledice dolvodno (Rudolf-Miklau in sod., 2011).

Poleg škode, ki jo povzroča na cestah in njihovih objektih, je lahko leseno plavje vzrok tudi za poškodbe stavb (Slika 18A), komunikacijskih povezav, vodovodov, kanalizacij ter druge infrastrukture (Slika 19A/B), ki se nahaja v bližini vodotokov in je v večini primerov povezana z velikimi gospodarskimi izgubami v regiji (Rudolf-Miklau in sod., 2011). Prav tako lahko v kombinaciji s plavinami poškoduje kmetijske površine, zmanjša kakovost tal, povzroči škodo ali celo izpad pridelka, možna posledica je tudi trajna izguba rodovitnih tal. Nazadnje, v skrajnem primeru, pa predstavlja celo nevarnost in ogroža človeška življenja tako zunaj kot tudi v notranjosti stavb.



Slika 19: Leseno plavje, ki je v Železnikih leta 2007 zaradi hudourniških poplav povzročilo pravo razdejanje (A) (Moč vode ..., 2016); (B) (Žabkar, 2008).

2.4.2.1 Poškodbe cest zaradi visokih voda hudournikov

Od vseh gradbenih objektov so ceste s pripadajočimi objekti (podporni zidovi, mostovi, prepusti, nasipi itd.) najobsežneje in najbolj neposredno v stiku z vodotoki, zato v času hudourniških izbruhov običajno utrpijo prve in največje poškodbe. Hudourniška stroka vsakič znova ugotavlja, da se določene poškodbe stalno ponavljajo zaradi tipičnih problemov oz. vzrokov, ki povzročajo podobne poškodbe na podobnih mestih (Klabus, 1999).

Načrtovalci, izvajalci in vzdrževalci cest podcenjujejo silovitost hudournikov in posledic, ki jih ti lahko povzročijo, še zlasti se premalo upošteva pomembna komponenta hudourniškega toka – plavine (mulj, droben pesek, prod, kamenje, skale) in leseno plavje. V Sloveniji imamo zelo gosto cestno omrežje in hkrati gosto omrežje vodotokov, od katerih je velik delež hudournikov. Zaradi razgibanega reliefa potekajo ceste v hribovitih in gorskih pokrajinah večinoma po najnižjih delih dolin in grap, po katerih naravno tečejo tudi vodotoki. Ceste potekajo pogosto vzporedno ali tik ob strugah, jih velikokrat prečkajo in marsikdaj prečijo tudi poplavna ali ogrožena območja. Največ težav in poškodb se pojavlja na lokalnih, regionalnih in gozdnih cestah, za katere je pogosto namenjenega premalo denarja, zaradi tega so velikokrat v slabem stanju, neustrezne ali zastarele, njihovo obnavljanje in vzdrževanje pa je pomanjkljivo (Slika 20) (Klabus, 1999).



Slika 20: Del naplavin je bil s strani pristojnih izvajalcev v bližini cevnih prepustov iz struge hudourniškega pritoka Meže odstranjen. Cevna prepusta pa sta več kot mesec dni po neurju še vedno zabita s plavinami in z lesenim plavjem. Foto: Tadej Lamprecht.

Neustreznost prepustov je eden izmed najpogostejših problemov, najbolj problematična je njihova neustrezna dimenzioniranost oz. premajhna pretočna odprtina. Pogosta je tudi neustrezna lokacija prepusta na hudourniku ter neustrezna izvedba in zaščitenost vtoka in iztoka. Ustreznost prepusta na hudournikih je še posebej pomembna zaradi njihove nepredvidljivosti in prenosa plavin in lesenega plavja. Najpogosteje se zaradi posledic premajhne pretočne odprtine prepust delno ali popolnoma zamaši, ker se pred vtokom nakopičijo naplavine. Voda je zajezena, preplavi okolico prepusta, lahko poplavi tudi druge

objekte in si poišče novo pot. Običajno se prelije čez cesto, jo poškoduje in zasuje z naplavinami (Slika 12). V najhujšem primeru del ceste s prepustom vred odnese, hkrati se lahko obrežna zavarovanja in objekti v gorvodni in dolvodni smeri začnejo obsežno verižno rušiti (Klabus, 1999).

Pri izrazito hudourniških vodotokih, ki s sabo transportirajo zelo velike količine plavin in plavja velikih dimenzij (debla, panji, skale itd.), je praktično nemogoče ustrezno dimenzionirati dovolj velike odprtine prepustov. Zaradi tega so na takšnih območjih potrebni dodatni protierozijski ukrepi in objekti na daljšem odseku struge gorvodno od prepusta, kot so zaplavno uvajalni objekti, ustalitveni in drugi ureditveni ukrepi v strugi (Klabus, 1999).

Zelo pogoste poškodbe na cestah v času hudourniških izbruhov so tudi zajede ali odneseni cestni nasipi ter poškodbe prešibkih obrežnih zavarovanj. Te nastanejo predvsem v konkavnih delih brežin, kjer se hitrost vode še poveča, njena erozijska moč v bočni smeri pa postane občutno večja kot na premih odsekih. Posledica tega je močno bočno pa tudi vertikalno erodiranje (Klabus, 1999).

Pri cestni infrastrukturi je zelo pomembno tudi ustrezno temeljenje obrežnih zidov in mostnih opornikov v hudourniških strugah. V času visokih voda se lahko zaradi zastajanja plavin dno struge dvigne ali pa sunkovito poglobi. Hujša poglobitev povzroči spodkopavanje obrežnega zidu ali mostnih opornikov, posedanje objekta in pojav razpok. V skrajnem primeru se zid ali most lahko zrušita, posledice tega so zelo velike in nepredvidljive tudi v dolvodni smeri in okolici struge (Klabus, 1999).

Ceste, ki potekajo po ozkih dolinah in grapah, so pogosto neprimerno trasirane, saj vodotoku odvzemajo prostor in povzročajo zoženje struge. Zaradi utesnjenosti hudourniške struge na daljšem odseku se vodni režim, erozijske razmere celotnega vodotoka in recipienta zelo spremenijo. Na neposredno ogroženem odseku je lahko posledica tega zastajanje plavin ali okrepitev erozijskih procesov. V prvem primeru obstaja možnost, da se preozek pretočni profil struge zatrpa in niveleta zviša. Temu sledijo preplavitev ceste, poškodovanje cestišča in nasipov, nastanek zajed, poglobljanje struge v dolvodni smeri itd. V drugem primeru zoženje struge povzroči okrepitev erozijskih procesov v bočni in vertikalni smeri,

spodkopavanje pobočja, nastanek usadov, ki drsijo v strugo in lahko v skrajnem primeru povzročijo zaježitev struge z veliko nepredvidljivimi posledicami (Klabus, 1999).

2.4.3 Ekološki pomen lesenega plavja v strugah vodotokov



Slika 21: Naravna stopnja, ki jo ustvarjajo veliki leseni ostanki, vpliva na široko področje hidromorfoloških in ekoloških procesov (A). Leseni ostanki med drugim ustvarjajo različne mikrohabitate za živalske vrste, ki so vezane na vodni in obvodni prostor (A in B). Foto: Tadej Lamprecht.

Veliki leseni ostanki igrajo vitalno vlogo v mnogih fluvialnih sistemih in vplivajo na široko področje hidromorfoloških in ekoloških procesov (Henshaw in sod., 2015). Z ekološkega vidika so leseni ostanki v vodotoku zelo pomembni in njihove pozitivne lastnosti so pogosto spregledane in zapostavljene (Mott, 2006). Njihova vloga v sladkovodnih ekosistemih postaja vse bolj priznana, saj so v različnih delih sveta konec 20. stoletja pričeli z raziskavami lesenih ostankov v vodotokih. Veliki leseni ostanki stabilizirajo brežine in dno vodotokov. Mott (2006) jih pojmuje tudi kot »hrbtenico« vodotoka, saj lahko njihova prisotnost zaščiti in učvrsti posteljico struge in brežine pred izpiranjem. Prav tako zadržujejo sedimente, organske snovi in manjše lesne ostanke. Leseni ostanki pomagajo uravnati energijo tekoče vode in zmanjšujejo njeno hitrost, zaradi tega voda iz njenega povodja odteka počasneje. Veliki leseni ostanki predstavljajo različne ribje habitate. Ribam nudijo zavetje pred močnejšimi tokovi, senco, prostor za hranjenje, drstenje in jim med drugim služijo tudi kot zatočišča pred plenilci.



Slika 22: Številnim vrstam nevretenčarjev predstavljajo leseni ostanki njihov življenjski prostor, mravljam pa med drugim tudi most za prečkanje reke Meže. Foto: Tadej Lamprecht.

Ameriška raziskava (Opperman in sod., 2006) je pokazala, da tolmuni, ki so jih ustvarili leseni ostanki, predstavljajo več kot 50 % habitatov za drstenje salmonidnih ribjih vrst v manjših potokih. Veliki leseni ostanki ustvarjajo ekološke niše in dodajajo kompleksnost vodotoku (Mott, 2006). Omogočajo nastanek različnih sedimentov, kar ima za posledico spekter habitatov (Slika 21A/B), kot so drče, tolmuni, potopljene in druge iz vode štrleče lesene ovire, ki vplivajo na temperaturo vode in ustvarjajo mikrohabitate za različne rastlinske in živalske vrste. Na površinah lesenih ostankov, v njihovih razpokah in kotanjah se naselijo in razmnožujejo različne vrste alg, mikrobi in nevretenčarji (Slika 22). Ti drobni organizmi so ključnega pomena, saj predstavljajo osnovo v vodni prehranski verigi in posredno ali neposredno zagotavljajo hrano za vsa bitja, ki so povezana z vodotokom, to so različni insekti (enodnevnice, vrbnice ...), raki, postrvi, ptice (povodni kos) in vidre (Mott, 2006).

Raziskave, opravljene v Veliki Britaniji (Godfrey, 2003), so pokazale, da je 147 vrst nevretenčarjev močno povezanih z manjšimi lesnimi ostanki (akumulacije vej, vejic, kupi listja ...) v vodotokih. Leseni ostanki, ki štrlijo iz vode, predstavljajo habitate za kačje pastirje in druge insekte, ki so vezani na vodni in obvodni prostor, kjer poteka njihov življenjski krog, od ličink pa do stadija odraslih osebkov. Številnim insektom, pticam, dvoživkam, plazilcem in sesalcem leseni ostanki predstavljajo kritje, hrano, počivališče in jim hkrati služijo kot razgledna mesta (Mott, 2006).

Akumulacije lesenih ostankov pripomorejo k zaščiti vrst pred škodljivimi učinki zamrznitve ali izsušitve. Ena od pomembnih nalog lesenih ostankov je odstranjevanje oz. zadrževanje finega mulja iz vodnega toka, ki se nabira gorvodno, neposredno za lesenimi ostanki. To omogoča oksigenacijo (uvedba čistega kisika v vodo in s tem povečanje koncentracije raztopljenega kisika v vodi) deponiranega mulja, s čimer se izboljša kakovost vode. Leseni ostanki prav tako pomagajo pri skladiščenju ogljika na daljše časovno obdobje, s čimer ublažijo posledice podnebnih sprememb (Mott, 2006).

2.4.4 Gozdarska zakonodaja in njen vpliv na zmanjšanje količine neželenega lesenega plavja v hudourniških strugah

Gospodarjenje z gozdovi obsega opravljanje varstvenih in gojitvenih ter vseh drugih del, ki so potrebna za zagotavljanje ekoloških in socialnih funkcij, gradnjo in vzdrževanje gozdne infrastrukture, izkoriščanje in rabo gozdov ter razpolaganje z gozdovi (Zakon o ..., 1993).

Zakon o gozdovih v svojem 37. členu med drugim predpisuje, da se morajo gozdne prometnice graditi, vzdrževati in uporabljati tako, da se ne: ogrozijo vodni viri, povzročijo erozijski procesi, prepreči odtok visokih vod iz hudournikov, poveča nevarnost plazov, poruši ravnotežje na labilnih tleh, poslabša odtok padavinskih vod (tako da bi bila ogrožena kmetijska ali druga zemljišča ali da bi bil ogrožen obstoj gozda ali onemogočen njegov razvoj) in ogrozijo druge funkcije oz. večnamenska raba gozdov (Slika 23).

Pravilnik o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravi in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov (Pravilnik o ..., 1994) ima med drugim velik vpliv tudi na preprečevanje

neželenega lesenega plavja v hudourniških strugah. V 7. členu med drugim piše, da se morajo gozdni lesni sortimenti spravljati tako, da se ne poškodujejo pomladek, drevje, gozdna tla, gozdne vlake, poti in ceste ter da se ne poslabša režim odtoka voda v večji meri, kot je to neizogibno. Takoj po končanem spravilu je treba sanirati poškodbe na pomladku in drevju ter odpraviti poškodbe na gozdnih tleh ter gozdnih vlakah, poteh, stezah in cestah ter vzpostaviti čim ugodnejši režim odtoka vode. Gozdnih lesnih sortimentov ni dovoljeno spravljati po tleh v hudourniških jarkih in po njihovih pobočjih, po plazovitih tleh in po strmih, erodibilnih pobočjih (npr. na dolomitnih rendzinah ipd.).



Slika 23: Povsem nova vlaka, ki poteka čez reko Mežo in se nato nadaljuje tik nad njeno strugo, je povečala poplavno in erozijsko ogroženost na tem območju. Odkopni material, s katerim je zasuto večje število izruvanih panjev in gospodarsko nezanimivih lesnih sortimentov, bo ob pojavu visokih voda tok Meže začel odnašati kot plavine, nakar se bodo v tok začeli vključevati tudi zasuti leseni ostanki in bodo kot leseno plavje povečali poplavno ogroženost. Foto: Tadej Lamprecht.

V 8. členu pravilnik med drugim navaja, da gozdnih lesnih sortimentov in sečnih ostankov ni dovoljeno zlagati in puščati v strugah potokov in hudournikov (Slika 24A/B), v jarkih, na pasiščih prosto živečih živali, v kalih ali kalužah, ob vodnih izvirih in na gozdnih prometnicah. 9. člen vsebuje prepoved, da v gozdu ni dovoljeno izkopavati panjev posekanih ali kako drugače podrtih dreves (Slika 23) v strminah, v območju hudournikov in v gozdovih na sušnih oz. drugih ranljivih rastiščih. V 10. členu pravilnik predpisuje, da se mora sečišče urediti takoj po poseku drevja in spravilu gozdnih lesnih sortimentov, najpozneje pa v dveh mesecih po začetku sečnje, razen če z drugimi predpisi ali odločbo Zavoda za gozdove Slovenije ni določen krajši rok. Sečišče pa je urejeno, če so med drugim odpravljene poškodbe na gozdnih tleh in gozdnih vlakah, ki predstavljajo nevarnost za pričetek erozije, in če so odstranjeni vsi sečni ostanki iz strug potokov in hudournikov.

Pri gospodarjenju z gozdovi je treba v vplivnem območju hudournikov prilagoditi način izkoriščanja in z doslednimi ukrepi zmanjšati možnost odnašanja lesenega plavja ob visokih vodah v hudourniško strugo (Papež, 2011a; Papež, 2011b; Papež in sod. 2011b).



Slika 24: Neupoštevanje gozdnega reda, veje in drugi sečni ostanki se nahajajo v strugi in njeni neposredni bližini. Foto: Tadej Lamprecht.

2.4.5 Preventivni tehnični ukrepi za zadrževanje lesenega plavja

Med ključne preventivne ukrepe pred erozijo in hudourniki spadajo biotehnične ureditve, sanacije plazov ter sonaravna graditev prečnih ustalitvenih, zaplavnih in prebiralnih hudourniških varovalnih objektov. Z njimi bistveno omejimo obseg hudourniške erozije,

predvsem pa ob nastopu visokih voda zmanjšamo njeno rušilnost, problematiko plavin in plavja ter obseg škode (Papež, 2015). Zaradi glavnih problemov, ki ga povzročata leseno plavje med poplavnimi dogodki, so bile v preteklosti zgrajene različne naprave za lovljenje lesa, vendar so bile izvedene brez racionalnih postopkov, zato njihova učinkovitost ni bila vedno zadovoljiva (Comiti in sod., 2012). Trenutno se za zaustavitev lesenega plavja uporabljajo predvsem odprte zadrževalne pregrade (Slika 25A/B) razčlenjenega, mrežastega in rešetastega tipa, ki morajo biti zasnovane tako, da prepuščajo drobnozrnate plavine, tj. sedimenti oz. material, ki ga vodni tok nosi s sabo (Suda in sod., 2008). Njihov glavni cilj je začasno zadrževanje velikega lesenega plavja v času visokih voda in nato kontrolirano razlivanje vode z zmanjšano energijo.



Slika 25: Zadrževalni pregradi za zaustavitev lesenega plavja. Zapolnjena filtrirno-zadrževalna pregrada na hudourniku Suhelj (A) (Sediment Management ..., 2014). Očiščena hudourniška filtrirna pregrada v Avstriji (B) (Sediment Management ..., 2015).

Ti objekti so primerni in učinkoviti na mestih, kjer hudournik nima več zadostne transportne zmogljivosti. Zadržane naplavine, ki se naberejo za objekti, je treba redno in sproti odstranjevati, le tako lahko objekt ohrani svojo primarno nalogo (Suda in sod., 2008). Mlačnik (2000) pa pri opisu zadrževanja plavljenega lesa na hudournikih navaja, da se v Sloveniji to izvaja le nekaj časa po izgradnji objekta, potem pa se nanj pozabi in odtlej so takšni objekti prepuščeni naravi. To pa ima celo obraten učinek od načrtovanega. Zaradi lokalnega zmanjšanja padca dna struge hudournika in povečane širine struge se v korenu zajezbe odlaga plavje. Sčasoma se lahko ustvari naravna pregrada iz plavljenega lesa, skal in proda, za katero lahko nastane akumulacijsko jezero. V primeru, da takšna pregrada zaradi

preobremenitve popusti in se poruši, nastane poplavni val, ki z ogromno energijo pridrvi na urbanizirana območja in povzroči veliko večjo škodo, kot bi jo sicer sam visokovodni val.

2.4.6 Nujni ukrepi pri naravnih ujmah zaradi povečanja količin lesenega plavja v vodotokih

Pri naravnih ujmah (neurja, snegolomi, žledolomi, vetrolomi) je lahko na podlagi ekspertne ocene obsega problematike (lokacije, dimenzije in količina lesa v strugah vodotokov, ocena ogroženosti / velikost škodnega potenciala itd.) nujno interventno ukrepanje oz. čiščenje lesenega plavja in vzdrževanje pretočnosti strug vodotokov (Hidrotehnik ..., 2014). Takšen nazoren primer se je zgodil v Sloveniji februarja 2014 zaradi posledic žledoloma in snegoloma, in sicer na območjih, ki so utrpela veliko škodo in kjer so po aktualnih vremenskih napovedih pričakovali povišan vodostaj vodotokov. Zaradi velikih količin lesa v njihovih strugah in obsežnih poškodb obrežne vegetacije je bila ogroženost močno povečana. V takšnih in podobnih primerih interventno ukrepanje v največji meri zmanjša obseg potencialnega škodljivega delovanja voda.

V grobem takšne ukrepe razvrstimo v 4 sklope (Hidrotehnik ..., 2014):

- vzdrževanje pretočnosti strug,
- čiščenje plavin na objektih vodne infrastrukture,
- odstranitev večjih količin plavja iz vodotokov,
- interventno odstranjevanje podrhtih dreves.

V najkrajšem možnem času je treba iz rek, potokov in hudournikov odstraniti vse ovire pretoka, nastale zaradi velike količine lesenega plavja. V strugah vodotokov je treba očistiti lokacije, na katerih zastaja ali se nabira plavje (Slika 17A/B), zagotoviti je treba prevodnost svetlih pretočnih odprtih na naravnih zožitvah, prepustih in mostovih (Slika 3B). Prav tako je treba odstraniti vso podrtje in polomljeno drevje, vključno z vejevjem in izruvanimi panji (Slika 26A/B/D). Odstranjenega materiala nikakor ne odlagamo v strugo niti ne na brežine vodotokov (Slika 26C). Deponije odstranjenega plavja naj se nahajajo zunaj poplavnih območij (Hidrotehnik ..., 2014). Upoštevanje naštetih ukrepov lahko bistveno zmanjša poplavno ogroženost dolvodnih območij.

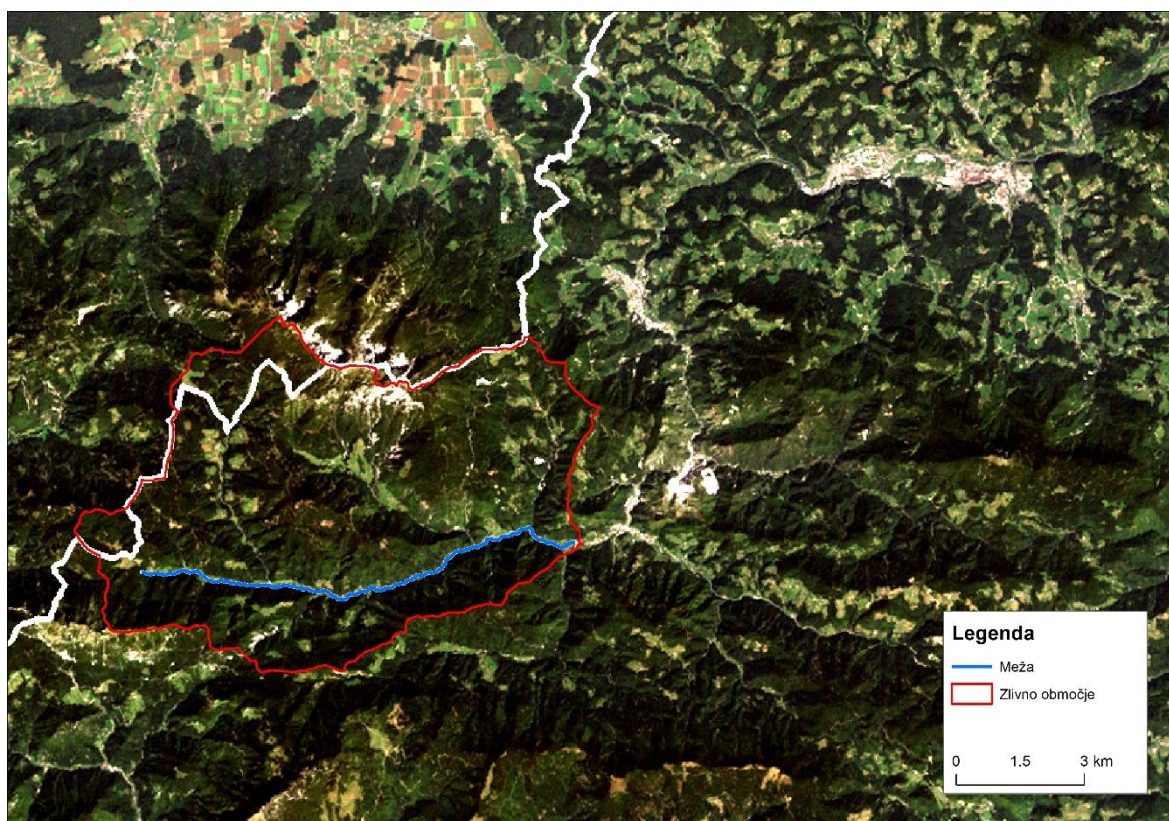


Slika 26: Podrta drevesa, ki so zaradi posledic snegoloma v aprilu 2016 končala v Meži (A in B). V precejšnjem obsegu so bila sicer v razmeroma kratkem času iz struge odstranjena, njihovi sortimenti so kljub nevarnosti, ki jo lahko povzročijo v primeru visokih vod, skladiščeni na poplavnem območju (C). Izrjavani panji pa so celo ostali tik ob strugi (D). Foto: Tadej Lamprecht.

3 MATERIALI IN METODE

3.1 OPIS RAZISKOVALNEGA OBMOČJA

Pri opisu območja smo se omejili na Zgornjo Mežiško dolino, kjer leži tudi celoten odsek reke Meže z njenim zaledjem, ki je predmet raziskave, tu površina prispevnega območja Meže znaša 65,2 km² (Preglednica 1 in Slika 27). Predstavili smo tiste naravnogeografske značilnosti, ki so ob obilnih padavinah poglavitni razlog za nastanek poplav, to pa so ob reliefu še vremenske, geološke, hidrološke, pedološke in vegetacijske značilnosti (Komac in sod., 2008).

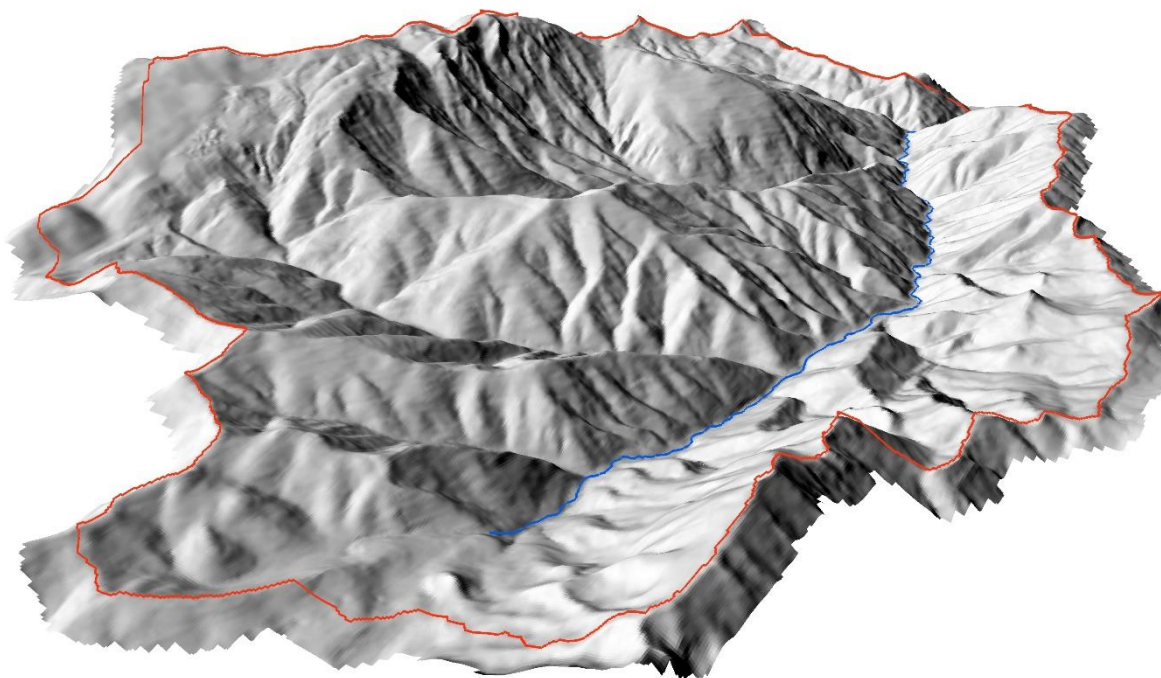


Slika 27: Širše območje raziskave z označenim zlivnim območjem Meže od izvira do sotočja z Bistro (prirejeno po Hladnik in Skvarča, 2006).

3.1.1 Relief

Območje Zgornje Mežiške doline je orografsko močno razgibano in ima značilno podobo razčlenjenega gorskega sveta (Slika 28). Pripada vzhodnim delom Karavank in Kamniško-

Savinjskih Alp (Gozdnogospodarski ..., 2012). Povirje Meže poteka v smeri zahod – vzhod, zato prevladujejo severne in južne ekspozicije (Zagorc, 1964). Dolino na severu oklepa njen najvišji vrh Peca (2126 m), nato se pobočja proti jugozahodu po meji z Avstrijo nad dolinama Tople in Koprivne spet dvignejo do Olševe (1929 m), kjer se proti pogorju Smrekovca (1577 m), ki predstavlja pomembno razvodnico med dravskim in savskim porečjem, vmes vriva še Raduha (2062 m) (Gozdnogospodarski ..., 2010; Gozdnogospodarski ..., 2012). Na stičišču s Šaleško dolino se na Spodnjem Slemenu (1081 m) območje ponovno dvigne do Uršlje gore (1699 m) in se nato prek Jankovca (1200 m) spusti do reke Meže pri Poljani (445 m). Od tu dolina poteka do ravninskega dela sosednje Podjune in se proti jugu in jugozahodu po meji z Avstrijo zopet dvigne do vrha Pece.



Slika 28: 3D-pogled na širše območje raziskave z označenim zlivnim območjem Meže od izvira do sotočja z Bistrom. Zlivno območje, omejeno z rdečo črto, obsega 65,2 km².

Reka Meža je v zgornji Mežiški dolini s svojimi pritoki izoblikovala značilne gorske, ozke in strme doline, ki jih ustvarjajo hudourniški potoki in imajo za posledico težko prehodne ter prepadne terene. Med temi dolinami in gorami se dvigujejo še drugi manjši vrhovi. Na eni strani je Meža z nanosi oblikovala manjše terase, ki predstavljajo osnovo zazidalnih površin za naselja Črna (575 m), Žerjav (533 m) in Mežica (495 m), na drugi strani pa je

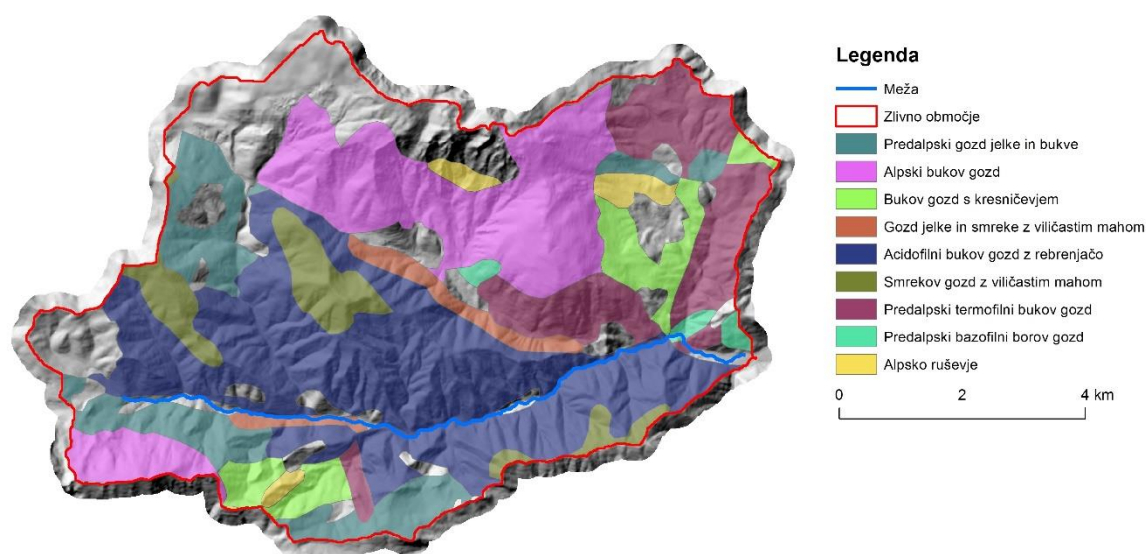
struga stisnjena v strma pobočja in slikovite soteske (Gozdnogospodarski ..., 2010; Gozdnogospodarski ..., 2012).

3.1.2 Geološka podlaga, tla in vegetacija

Izvir Meže je pomembna ločnica med silikatnimi in karbonatnimi kamninami osrednjega dela Karavank in Centralnih Alp oz. območje poteka Periadriatskega šiva, ki se od tu nadaljuje proti severnemu vznožju Smrekovca. Smrekovško pogorje je edino vulkansko pogorje v Sloveniji, tu prevladujejo eruptivne kamnine (andezit in dacit). Za karbonatno podlago so značilne ozke doline in visoke apnenčaste strme stene, ki jih med gorskimi masivi ustvarjajo hudourniški potoki. Sem spadajo Uršlja gora, Peca z malo Peco, Raduha in masiv Olševe (Gozdnogospodarski ..., 2010; Gozdnogospodarski ..., 2012). Za apnenec, ki tvori strma in skalnata pobočja je značilno kemično preperevanje, medtem ko so dolomitna pobočja bolj zaobljena in položna, zaradi izredno intenzivnega mehanskega preperevanja (Zagorc, 1964). Na apnencu in dolomitu se pogosto pojavljajo suhi erozijski jarki, ki jih na nižjih pobočjih, posebno na silikatnih kamninah zamenjajo številni majhni potočki. Njihova vodozbirna območja so majhna, struge so strme ter pogosto vrezane do geološke podlage in imajo izrazit hudourniški značaj. Dolomiti in apnenci se pogosto prepletajo in mešajo (dolomitiziran apnenec). Pobočni grušči in breče se pojavljajo v delu Pece in Uršlje gore, na Zadnjih travnikih pod Olševo pa poleg pobočnega grušča najdemo še morene in deluvialne nanose (Gozdnogospodarski ..., 2010; Gozdnogospodarski ..., 2012).

Geološka podlaga določa značilno podobo krajine, od nje so odvisne tudi fizikalne in kemične lastnosti tal. V Zgornji Mežiški dolini je zelo pestra geološka podlaga, kar v svoji raziskavi potrjuje tudi Štrucl (1961), ki navaja, da je bilo območje mežiškega rudnika in njegove širše okolice že večkrat geološko posneto, toda vse karte, ki so nastale v različnih obdobjih, se med seboj močno razlikujejo. Nastajanje tal je časovno zelo dolg proces, ki se pod vplivom raznih dejavnikov nenehno spreminja. Zaradi pestrosti in mešanja matične podlage ter okoljskih in antropogenih vplivov je tipičnost tal pogosto neizrazita, tako lahko že na manjši površini najdemo več različnih tipov gozdnih tal (Gozdnogospodarski ..., 2010; Gozdnogospodarski ..., 2012).

Prevladujejo distrična rjava tla in rendzine (Atlas okolja). Obrečna tla so razvita le na omejeni površini vzdolž vodotokov. Posebnost so antropogena tla (halde, deponije, jalovišča), ki so nastala kot stranski produkt rudarske industrije. Sanirali so jih z živimi popleti in sadnjo, velikokrat brez uspeha, to pa je bila dobra osnova za avtohtono vegetacijo, ki je večinoma prevladala nad umetno vneseno. Posebej človeški dejavniki so imeli v preteklosti največji vpliv na razvoj tal in posledično na razvoj gozdnih združb (Slika 29). Nekoč prevladujoči bukovo-jelovi gozdovi so zaradi posledic gospodarjenja v preteklosti, predvsem pašništva, golosečnje, steljarjenja ter oglarjenja, fužinarstva, rudarjenja in njihovih potreb po lesu, močno spremenili podobo krajine. Močni posegi v sestoje in razgaljanje tal so v ekstremnih klimatskih razmerah v veliki meri vplivali na erozijske procese (glej poglavje 2.2.1). Močno 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).



Slika 29: Gozdne združbe po podatkih fitocenološke karte v merilu 1:100.000 (Košir in sod., 2007).

3.1.3 Klimatske značilnosti

Zgornja Mežiška dolina leži na območju, kjer se prepletajo alpski in celinski podnebni vplivi, na kar dodatno vplivajo razgibane reliefne razmere, ki ustvarjajo pestro mikroklimo. Zato prihaja do hitrih in občutnih sprememb ter odstopanj na majhni površini. V višjih predelih

prevladujejo značilnosti alpskega podnebja. Zaprte doline imajo značaj mrazišč. Povprečna letna temperatura se giblje med 5 in 7 °C. Povprečna letna količina padavin znaša med 1400 mm/m² in 1600 mm/m² in raste z nadmorsko višino ter doseže svoj letni maksimum v maju in juniju (Gozdnogospodarski ..., 2010; Gozdnogospodarski ..., 2012). Padavine se zmanjšujejo od zahoda proti vzhodu (Zagorc, 1964). Pozimi so pogosti temperaturni obrati, v dolinah vlada mraz, medtem ko so temperature na pobočjih malo nad dolino znatno višje.

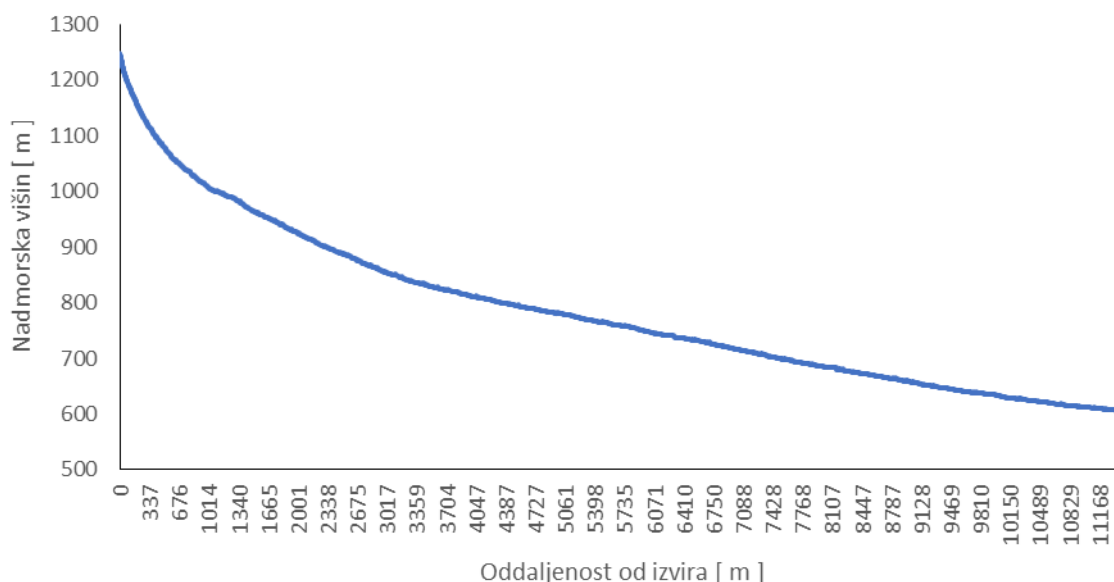
3.1.4 Hidrološke značilnosti reke Meže



Slika 30: Maroldova planina v Avstriji, kjer se vode iz okoliških vrhov združijo v Mežo (A). Že povsem blizu slovenske meje Meža ponikne v morensko gradivo (B in C). Drugi izvir, kjer v Sloveniji Meža ponovno privre na plano, je tudi območje, kjer smo v raziskavi pričeli s popisom lesenega plavja (D). Foto: Tadej Lamprecht.

Reka Meža izvira v Avstriji na pobočju Olševe iz dveh povirnih krakov, ki nabirata vodo med Maroldčevim in Špičastim vrhom ter Snežnikom in se na Maroldovi planini (1405 m) združita (Slika 30A) (Kušlan, 2013; Anzeljc in Sovre, 2014; Stele Jeglič in sod., 2014). Nato

hitro ponikne v morensko gradivo (Slika 30B/C) in si po približno 1,2 km svojo strugo začne ustvarjati na slovenskem ozemlju (30D), kjer se ji najprej pridružita Repov potok in Koprivna, ki po soteskasti dolini skupaj tvorijo tok, poln brzic, tolmunov in rečnih teras.



Slika 31: Podolžni profil raziskovalnega območja reke Meže, iz katerega je razvidno, da njen povsem zgornji del poteka po zelo strmem terenu, z manjšo nadmorsko višino pa njen naklon počasi in enakomerno upada.

Nižje se po svojih dolinah zlivajo vanjo Topla, Helenski potok in Bistra ter v središču Črne še Javorski potok. Meža ima do tu (relativno) velik strmec (Slika 31) in je v tem delu tipična alpska reka (Stopar, 2004). Nato se struga razširi, prav tako se poveča pretok, reka začne meandrirati in tok se zaradi manjšega strmca počasi upočasni. V Žerjavu se v Mežo izlije Jazbinski potok in v Mežici še potok Šumc. Nato reka odteče v Spodnjo Mežiško dolino, kjer se ji med drugimi nazadnje pridruži še njen največji pritok Mislinja in se na stičišču Mežiške, Mislinjske in Dravske doline pri Dravogradu po 42 km poti izlije v Dravo in naprej v Črno morje.

Porečje, s katerega Meža s svojimi pritoki odvaja vodo, je veliko 566 km², njen srednji letni pretok je 7,16 m³/s, specifični odtok se giblje med 20 in 30 l/s, odtočni koeficient pa znaša približno 50 % (Stopar, 2004). Oblika porečja je v njenem zgornjem in srednjem delu dokaj simetrična, dokler se ji malo pred izlivom v Dravo ne priključi Mislinja s svojim porečjem,

kar povzroči veliko asimetrijo. Meža ima snežno-dežni (nivo-pluvialni) rečni režim, ki je v glavnem značilen za reke, katerih porečja segajo na območje slovenskih Alp.

Preglednica 1: Prikazana sta površina prispevnega območja F ter maksimalni pretoki Meže za visoke vode s povratno dobo 10, 100 in 500 let (Anzeljc in Sovre, 2014).

Lokacija	F (km ²)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Meža izvir	1,4	2,1	4,9	7,6
Meža do Repovega p.	4,4	4,6	11	17
Meža pod Repovim p.	6,5	7,5	17	27
Meža do Koprivne	10	9,6	22	34
Meža pod Koprivno	23,2	23	51	78
Meža do Janžekovega gr. (v Šumelu)	24,8	25	55	83
Meža pod Janžekovim gr. (v Šumelu)	27,7	27	61	93
Meža do Rožančevega gr.	28,1	28	62	94
Meža pod Rožančevim gr.	29,9	30	67	101
Meža do Tople	36,5	35	79	120
Meža pod Toplo	50,1	40	87	128
Meža do Helenskega p.	52,9	41	89	132
Meža pod Helenskim p.	63,9	45	99	147
Meža do Bistre	65,2	46	100	148
Meža pod Bistro	93	65	139	205
Meža do Javorskega p.	94,7	65	140	207
Meža pod Javorskim p.	127,1	89	192	281
Meža do levega pritoka (v Mušeniku)	128	89	192	282
Meža pod levim pritokom (v Mušeniku)	131	90	195	286
Meža do Jazbinskega p.	133,7	91	197	290
Meža pod Jazbinskim p.	158,1	100	217	312
Meža do Junčarjevega p.	167,5	103	224	319
Meža pod Junčarjevim p.	170	104	226	321
Meža do Šumca	175,3	106	230	328
Meža pod Šumcem	178,7	107	232	331
Meža do Škratkovca (Senčna vas)	179	107	232	331
Meža pod Škratkovcem (Senčna vas)	180,7	108	234	333

Primarni višek doseže pomladi (april, maj) in je posledica taljenja snega ter ga je v povirju Meže veliko, sekundarni višek nastopi v mesecu novembru kot posledica jesenskega deževja. Izjemoma se dogaja, da so jesenske padavine zelo izrazite, takrat prevlada jesenski višek (npr. poplave 1990). Nižka 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) in sekundarni zimski nižek kot posledica snežne retinence, ko v snežni odeji zadržana voda šele s taljenjem snega preide v vodni odtok (Stopar, 2004).

3.2 ZAJEM IN PRIPRAVA PODATKOV

Terensko zajemanje in priprava podatkov sta vključevala izdelavo popisnega obrazca ter ocenjevanje parametrov lesenega plavja. Dodatno smo vsak kos lesenega plavja tudi geolocirali v Gauß-Krügerjev koordinatni sistem. Oprema in pripomočki, ki smo jih uporabljali pri zbiranju podatkov, so bili: sekaški meter, premerka, GNSS-naprava (instrument za geolociranje), popisni obrazci in pisalo.

3.2.1 Terenski popis lesenega plavja

Terenski popis lesenega plavja smo pričeli na drugem izviru Meže (Slika 30D), kjer reka na slovenskem ozemlju ponovno privre na površje (1247 m). Raziskava je od tu potekala po celotni strugi Meže vse do njenega sotočja s potokom Bistra (602 m). V tem delu površina prispevnega območja Meže znaša 65,2 km² (Preglednica 1). Trasa struge je v tem odseku dolga 11,64 km.

Kot leseno plavje smo v tej raziskavi obravnavali:

- vse oblike lesenega materiala, katerega dolžina je znašala najmanj 0,5 m in premer najmanj 10 cm,
- vse oblike lesenega materiala, ki je bil prisoten v strugi in na njenih pobočjih v horizontalni oddaljenosti 10 m od roba struge na vsako stran.
- vsa podrta drevesa s koreninami in panji, katerih koreninski sistem je bil samo še delno vraščen v strugo ali pobočje in za katera smo predvidevali, da jih lahko tok ob pojavu visokih vod odplavi oz. lahko povečajo možnost za zamašitev struge (Slika 26A/B),
- izključena so bila vsa živa drevesa ter drevesa in panji, ki so zakoreninjeni v zemlji,
- izključeni so bili vsi kupi drv na pobočju struge, ki so bili kot posledica snegoloma, ki je območje prizadel tri tedne pred našo raziskavo, tam začasno deponirani in za katere smo predvidevali, da bodo v najkrajšem možnem času odstranjeni (Slika 4C),

- izključena so bila tista začasna skladišča gozdnih lesnih sortimentov, ki so bila v času raziskave zapolnjena in za katera smo predvidevali, da bodo njihovi sortimenti v najkrajšem možnem času odstranjeni (Slika 3D),
- izključeni so bili tudi hlodi, ki so bili v strugo umetno vneseni zaradi tehnične ureditve struge oz. stabilizacije brežin in ki kljub svoji dotrajanosti še vedno opravljajo svojo funkcijo. Vključili pa smo tiste, ki več ne opravljajo svoje funkcije in niso nameščeni na mestih, kjer bi morali biti.

3.2.1.1 Parametri za ocenjevanje lesenega plavja

Vsakemu kosu lesenega plavja smo ocenili naslednje parametre:

- dolžino (l): s sekaškim metrom smo izmerili dolžino kosa na 0,1 m natančno,
- premer ($2r$): s premerko smo izmerili premer na sredini kosa na 1 cm natančno (Slika 33B),
- lokacijo (x in y koordinate v Gauß-Krügerjevem koordinatnem sistemu): uporabili smo GNSS-napravo Leica Viva CS 10. Na vsakih približno 10 m struge smo na GNSS-napravi odčitali trenutne Gauß-Krügerjeve koordinate in jih zabeležili poleg kosov lesenega plavja, ki so ležali v neposredni bližini izmerjenih koordinat (Slika 33A). Pri tem smo dodatno zabeležili oddaljenost kosov lesenega plavja od položaja GNSS-naprave,
- stopnja razkroja po Zielonka in sod. (2009), ki predvideva 5 razredov (Slika 32):
 - 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 1–5 cm globoke razpoke, veje niso več prisotne,
 - razred 5: prisotno je izrazito pomanjkanje zunanjih plasti lesenega plavja, razpoke so globoke več kot 5 cm;



Slika 32: Leseno plavje po stopnjah razkroja. 1. razred (A). 2. razred (B). 3. razred (C). 4. razred (D). 5. razred (E). Foto: Tadej Lamprecht.

- ukoreninjenost lesenega plavja:
 - da: sem smo uvrstili podrta drevesa s koreninami ter izrjavane panje, katerih koreninski sistem je bil še delno vraščen v strugo ali pobočje (26A/B),
 - ne: sem smo uvrstili vse druge oblike lesenega plavja;
- pozicijo lesenega plavja:
 - leva: leseno plavje, ki je bilo locirano na levi strani struge ali pobočja, dolvodno,
 - sredina: leseno plavje, ki je ležalo v ali nad samo strugo,
 - desna: leseno plavje, ki je bilo locirano na desni strani struge ali pobočja, dolvodno;
- izvor lesenega plavja:
 - na samem mestu: leseno plavje, ki je bilo v strugo ali na pobočje vključeno iz neposredne bližine (26A/B), predvsem zaradi bočne erozije in podrtic,
 - iz pobočja: leseno plavje, ki se je zaradi različnih vzrokov v strugo ali pobočje vključilo iz višje ležečih delov pobočja,

- po vodi: leseno plavje, za katerega smo predvidevali, da je bilo do mesta trenutnega nahajališča v času visokih vod transportirano po vodi (Slika 33B),
- skladišče lesa: leseno plavje, ki se je nahajalo 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 (Slika 4A/B),
- ostalo: vso leseno plavje antropogenega izvora, kot so različni leseni drogovi, tramovi, stari vodni objekti, ostanki lovske preže, ograje, dotrajani deli mostnih konstrukcij (Slika 3C) itd.;
- raba tal oz. prisotnost gozda ob strugi:
 - gozd desno: ob strugi se gozd nahaja samo na njeni desni strani,
 - gozd levo: ob strugi se gozd nahaja samo na njeni levi strani,
 - gozd: gozd se nahaja na obeh straneh struge,
 - brez gozda: ob strugi ni grmovne ali drevesne vegetacije,
 - omejek: ob strugi je prisoten ozek pas drevja in grmovja;
- položaj lesenega plavja v strugi:
 - struga: sem smo vključili leseno plavje, ki je že prisotno v sami strugi, in tisto, za katerega smo predvidevali, da ga lahko ob pojavu visokih vod tok doseže in odplavi,
 - pobočje: sem smo vključili leseno plavje, ki se lahko v času poplavnih dogodkov iz pobočja zaradi erozijskih procesov in plazanja iz brežin struge vključi v vodotok.

3.2.2 Vnos podatkov, izračun količine in njihova analiza

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., 2008a; Zielonka in sod., 2009). Pri tem je treba omeniti, da v popis ni bila vključena dolžina koreninskega sistema pri kosih lesenega plavja, kjer je bil ta prisoten (panji, podrta drevesa s koreninami). Zaradi tega tudi izračunana prostornina plavja ne predstavlja mase korenin. V Excelu smo izdelali tudi vse analize in grafikone.



Slika 33: Geolociranje lesenega plavja z napravo GNSS v povirju Meže (A). Foto: Milan Kopal. Kos lesenega plavja, ki ga je v času visokih vod tok transportiral in odložil na prodišče v enem od zavojev Meže. S premerko smo mu na polovici njegove dolžine izmerili premer (B). Foto: Tadej Lamprecht.

3.2.2.1 Geolociranje lesenega plavja v trasi struge

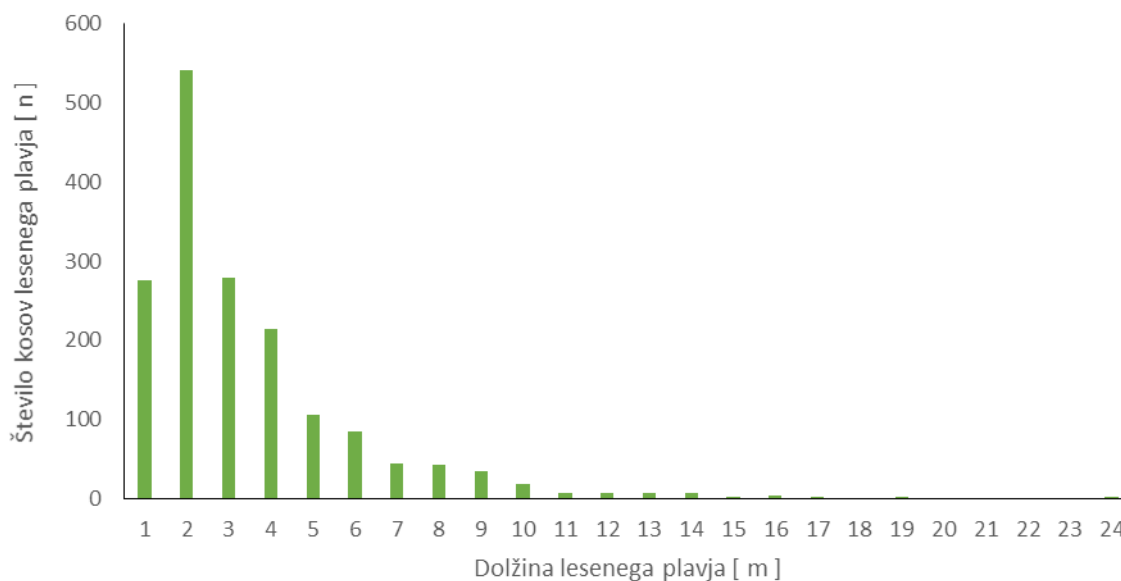
Geolociranje lesenega plavja v strugi je potekalo v dveh korakih. Koordinatam, določenim pri terenskem popisu lesenega plavja (Slika 33A), smo najprej odšteli oz. prišteli oddaljenost lesenega plavja od izmerjenih Gauß-Krügerjevih koordinat GNSS-naprave. Koordinate in vse na terenu popisane parametre 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 Bistrom; 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 (v programu R smo uporabili funkcijo *snapPointsToLines*). Oddaljenost lesenega plavja od izvira reke Meže smo izračunali v programu R (uporabili smo funkcijo *get.shortest.paths*).

4 REZULTATI

V raziskavo je bilo vključenih 1673 kosov lesenega plavja, ki so ustrezali kriterijem, opisanim v poglavju 3.2.1. Skupna količina lesenega plavja v območju raziskave je znašala 145,15 m³. Pri tem je potrebno poudariti, da raziskovalno območje (struga in 10 m horizontalni pas na vsako stran struge) ne predstavlja vseh enot lesenega plavja, ki se lahko ob ekstremnih dogodkih vključijo v vodotok. Zavedati se moramo, da se v odvisnosti od nagiba terena, geoloških in pedoloških lastnosti tal ter značilnosti sestojev, leseno plavje lahko vključi v strugo tudi iz precej bolj oddaljenih pobočij. Povprečna gostota lesenega plavja na 100 m struge je bila ocenjena na 14,4 kosa oz. 1,25 m³ na 100 m struge. Največja izmerjena dolžina posameznega kosa je bila 24 m, volumen največjega kosa je bil 3,8 m³. Sicer je povprečni premer znašal 18 cm, povprečna dolžina 3 m in povprečen volumen 0,09 m³.

4.1 FREKVENČNA PORAZDELITEV DOLŽINE LESENEGA PLAVJA



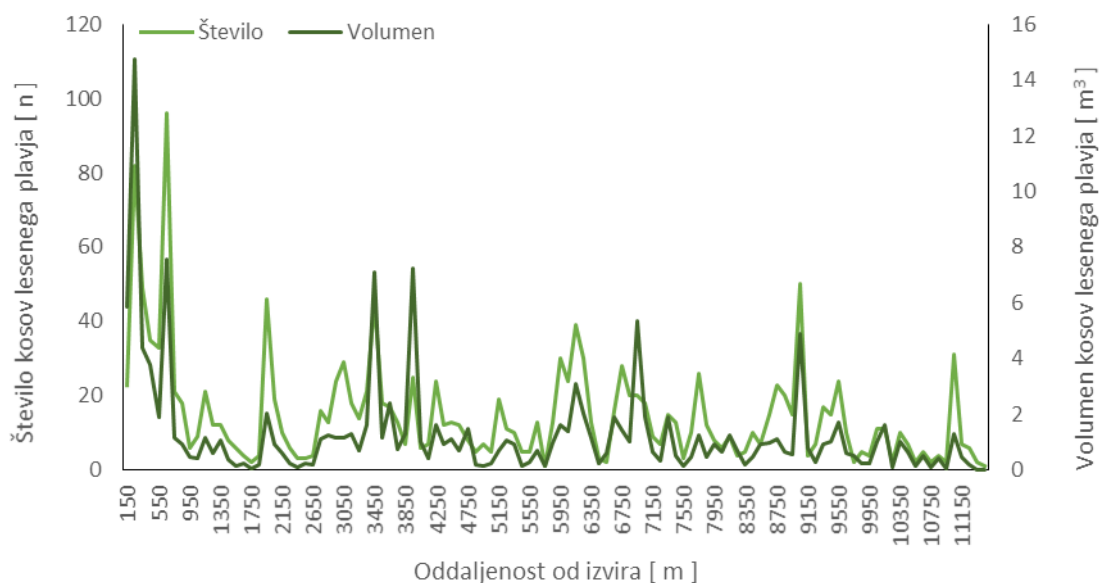
Slika 34: Frekvenčna porazdelitev dolžin kosov lesenega plavja v zgornjem toku Meže v maju 2016.

Število kosov lesenega plavja je izrazito največje v 2. razredu, kjer so vključeni kosi, katerih dolžina znaša od 1,5 do 2,5 m (Slika 34). Tako 2. razred po številu predstavlja skoraj tretjino vsega lesenega plavja v raziskovalnem območju. V 1. (0,5–1,5 m) in 3. (2,5–3,5 m) razredu je delež približno enak, nato pa je opazno zmanjševanje števila kosov glede na dolžino

lesenega plavja. Skupno število kosov lesenega plavja, ki so krajši od 4 m, je 1310, kar predstavlja 78,3 % oz. 46.6 % celotnega volumna.

4.2 PROSTORSKA RAZPOREDITEV LESENEGA PLAVJA

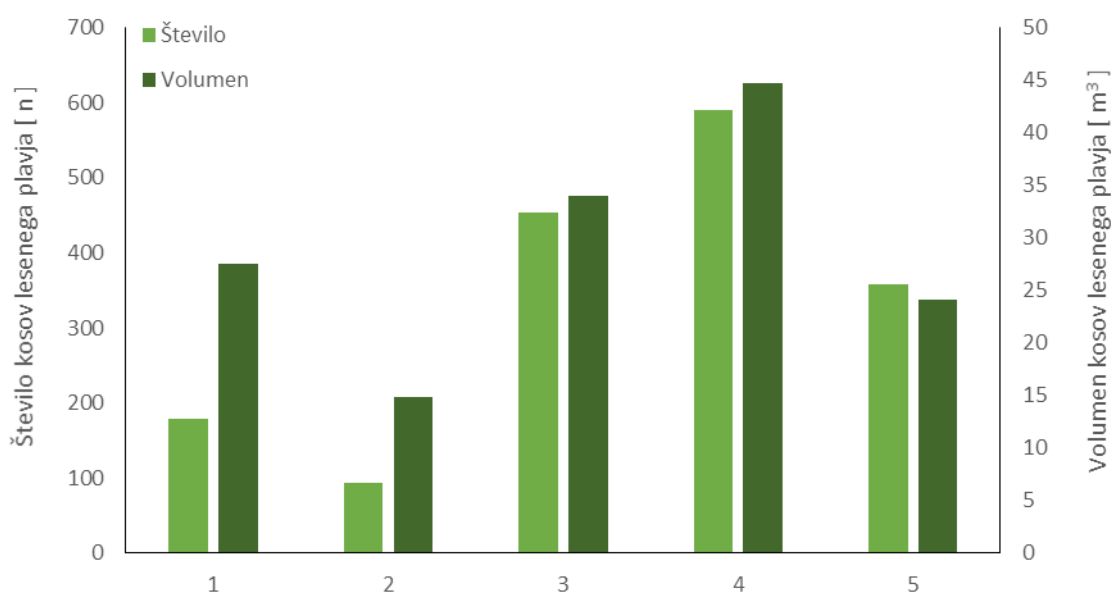
Iz grafikona prostorske razporeditve lesenega plavja (Slika 35) je razvidno, da se leseno plavje v strugi in na njenih pobočjih pojavlja v neenakomernih intervalih. Povsem v zgornjem delu, v območju, ki je od izvira oddaljeno v razmaku med 100 in 200 m, leseno plavje doseže svoj volumenski maksimum, ki znaša 14,72 m³ na 100 m struge. Od tega volumna 7,98 m³ predstavljajo gozdni lesni sortimenti, ki niso bili odpeljani iz začasnega skladišča in bodo glede na stopnjo razkroja predvidoma tam tudi ostali. Največje število kosov se prav tako pojavi v zgornjem delu, in sicer v pasu, ki je od izvira oddaljen od 500 do 600 m in znaša 96 kosov na 100 m struge. Volumenski in numerični minimum se pojavi skoraj na koncu raziskovalnega območja, malo pred sotočjem z Bistro, in znaša 1 kos oz. 0,018 m³ na 100 m struge.



Slika 35: Prostorska razporeditev števila kosov in volumen lesenega plavja glede na vzdolžni profil (niveleto) struge Meže od izvira do Črne na Koroškem v maju 2016.

4.3 RAZKROJENOST LESENEGA PLAVJA

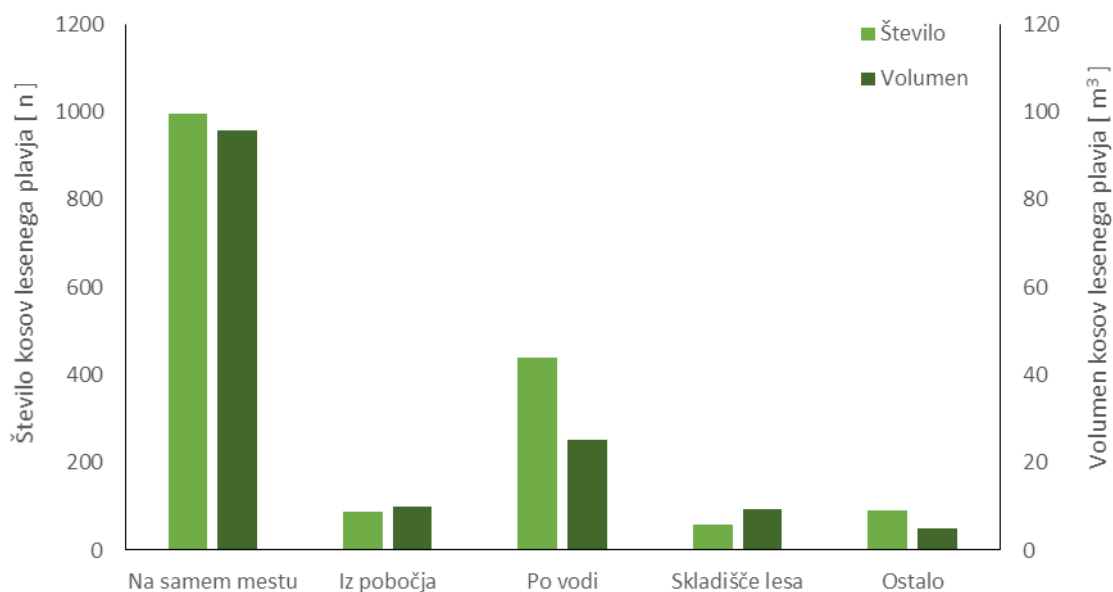
Iz grafikona (Slika 36) je razvidno, da se v zgornjem toku Meže najpogosteje pojavljajo kosi, ki so bili uvrščeni v 4. razred razkroja in predstavljajo skoraj tretjino vsega lesenega plavja. Nekoliko manjši delež predstavljata 3. in 5. razred. Skupno ti trije razredi predstavljajo 83,7 % glede na število, ter 70,9 % glede na volumen. V 1. in 2. razred razkroja, je bilo uvrščeno precej manj kosov lesenega plavja, ki skupaj predstavljata 16,3 % oz. 29,1 % celotnega volumna, zato sklepamo, da gre za večje kose plavja.



Slika 36: Število in volumen lesenega plavja v zgornjem toku Meže maja 2016 glede na razred razkroja.

4.4 IZVOR LESENEGA PLAVJA

Največji delež predstavljajo kosi, ki so bili v strugo ali na pobočje vključeni iz neposredne bližine (Slika 37) in zajemajo skoraj dve tretjini vsega lesenega plavja (996 kosov oz. 59,5 %). Povprečen volumen teh kosov je znašal 0,10 m³. Drugačno podobo predstavljajo kosi, ki jih je vodni tok transportiral do mesta trenutnega nahajališča; tu je opazno, da gre za manjše kose plavja, povprečen volumen je 0,06 m³. Opazno manjši delež (16,7 % glede na volumen) predstavljajo kosi, ki so se vključili iz višje ležečih delov pobočja in/ali zaradi posledic skladiščenja lesa in/ali ostalih antropogenih vplivov. Vidimo tudi, da gre pri skladiščih lesa za večje kose (povprečni volumen kosa je 0,16 m³), medtem ko ostalo plavje prestavlja manjše kose.



Slika 37: Izvor lesenega plavja v zgornjem toku Meže glede na popis maja 2016.

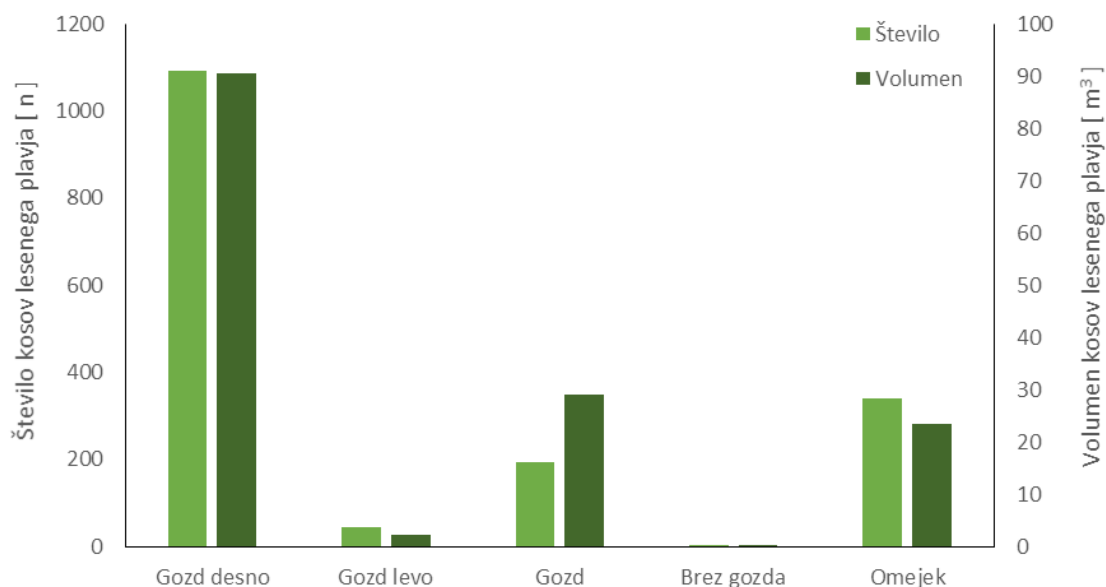
4.5 ZNAČILNOSTI RAZPOREDITVE LESENEGA PLAVJA

4.5.1 Vpliv rabe tal (prisotnost gozda) na količino lesenega plavja

Preglednica 2: Dolžina posameznih odsekov struge Meže glede na rabo tal oz. prisotnost gozda.

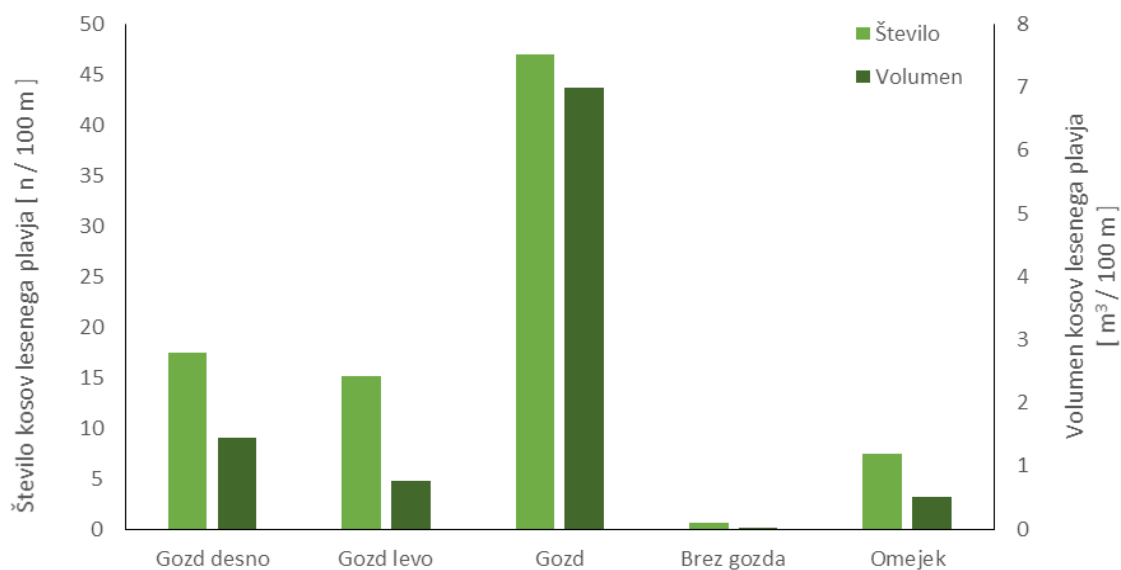
Raba tal	Dolžina [m]
Gozd desno	6242
Gozd levo	298
Gozd	415
Brez gozda	150
Omejek	4537
Skupna dolžina analizirane struge	11642

Iz grafikona na naslednji strani (Slika 38) vidimo, da se izrazito največje število kosov lesenega plavja v in ob strugi Meže pojavlja tam, kjer je gozd prisoten samo na desni strani struge. Tu smo izmerili 1092 kosov oz. malo manj kot dve tretjini vsega lesenega plavja. V znatno manjši meri so zastopani kosi plavja, kjer je ob strugi prisoten omejek in gozd z obeh strani. V območju, kjer je gozd prisoten na obeh straneh struge, je opazno, da gre za večje kose plavja. Še v precej manjši meri je zastopano leseno plavje, kjer se gozd pojavlja na levi strani struge, minimalen delež pa predstavljajo kosi plavja v območju struge, kjer ni prisotne grmovne in drevesne vegetacije. Na tem območju smo izmerili samo en kos lesenega plavja.



Slika 38: Absolutna količina lesenega plavja v zgornjem toku Meže glede na rabo tal, stanje maj 2016.

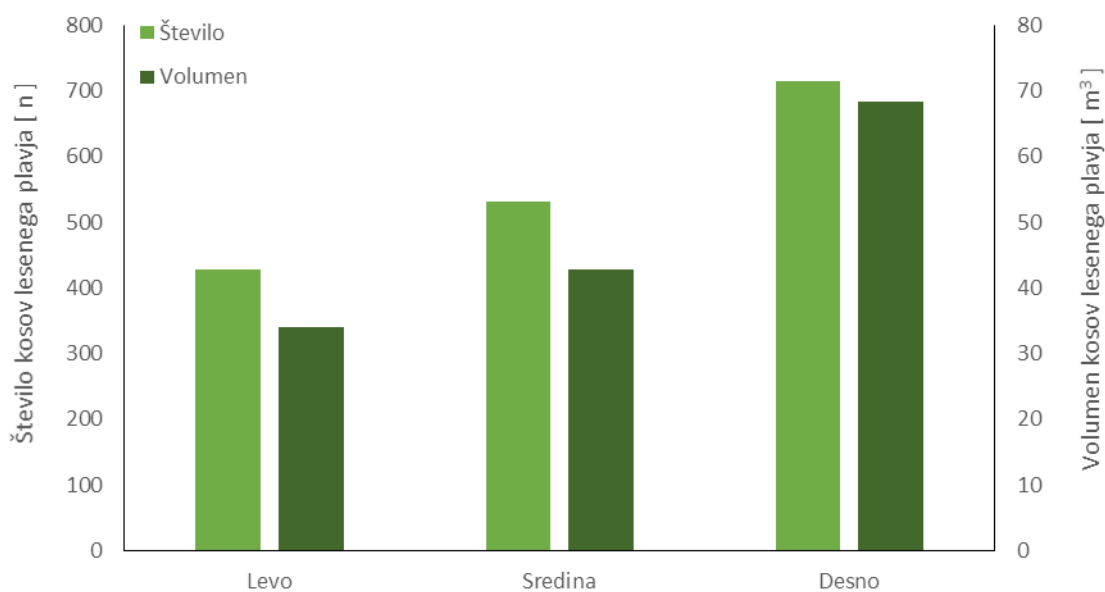
Iz grafikona, ki prikazuje količino lesenega plavja v zgornjem toku Meže glede na rabo tal, preračunano na 100 m odseke (Slika 39), je razvidno, da je količina (tako po številu kosov kot po volumnu) precej podobna, kjer se gozd pojavlja na desni oz. levi strani. Precej večja je preračunana količina lesenega 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 gozd ni prisoten.



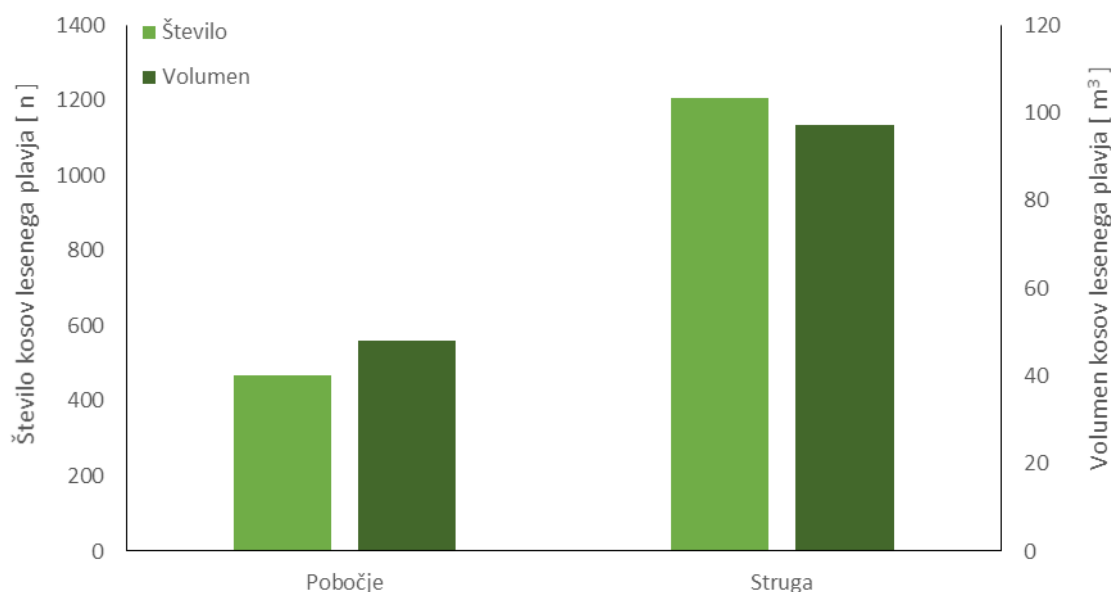
Slika 39: Količina lesenega plavja v zgornjem toku Meže glede na rabo tal, preračunano na 100 m odseke. Stanje maj 2016.

4.5.2 Količina lesenega plavja glede na položaj v strugi

Razvidno je (Slika 40), da se največ kosov plavja (struga + 10 m pas na vsako stran) pojavlja na desni strani struge ali pobočja, ta delež predstavlja slabih 43 %. Leseno plavje, ki se nahaja v ali nad strugo, predstavlja 31,7 % vseh kosov. Tako po številu kot po volumnu plavja predstavlja leva stran najmanjši delež, ki znaša 428 kosov oz. 34 m³.



Slika 40: Pozicija lesenega plavja v strugi Meže v njenem zgornjem toku maja 2016.

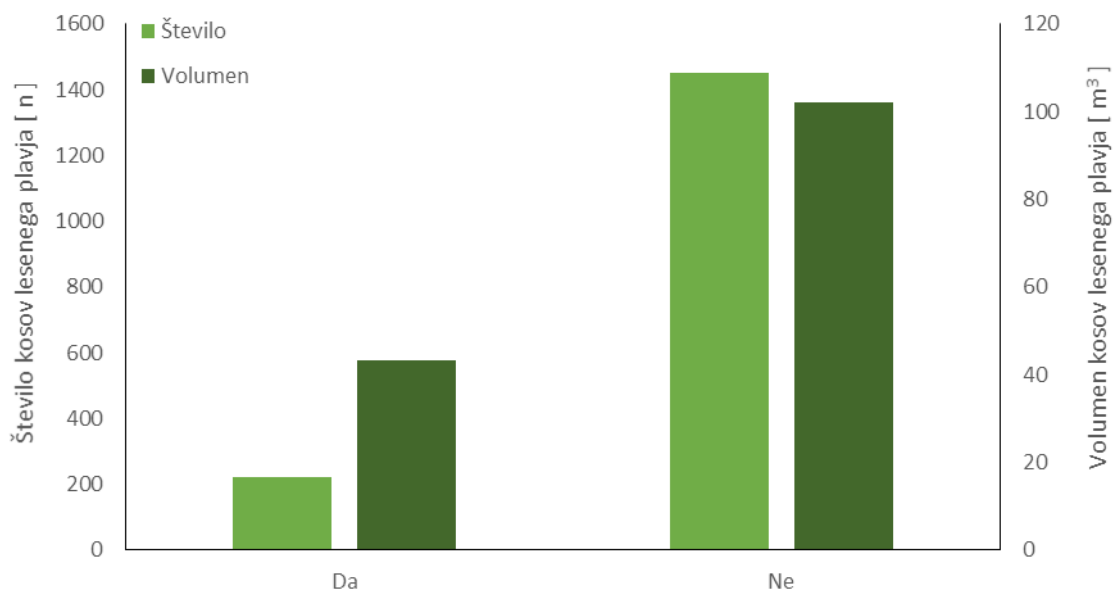


Slika 41: Količina lesenega plavja v strugi Meže glede na to, ali se plavje pojavlja neposredno v strugi ali v območju zunaj struge (10 m pas), maja 2016.

Grafikon (Slika 41) prikazuje, da se leseno plavje večinoma nahaja v strugi in na območjih, za katera smo predvidevali, da jih lahko ob pojavu visokih vod tok doseže in odplavi, to predstavlja 72 % vseh kosov. Manjši delež oz. 28 % pa predstavlja leseno plavje, ki se lahko v času poplavnih dogodkov v vodotok vključi iz pobočij zaradi erozijskih procesov in plazenja.

4.5.3 Količina lesenega plavja glede na ukoreninjenost

Iz grafikona (Slika 42) je razvidno, da ukoreninjeno leseno plavje, ki ga predstavljajo vsa podrta drevesa s koreninami ter panji, katerih koreninski sistem je še delno vraščen v strugo ali pobočje, po številu kosov zastopa le dobrih 13 % plavja. Njegov prostorninski delež pa je bistveno večji in znaša skoraj 30 %, kar nakazuje na to, da gre za precej večje kose plavja. Predvsem večji kosi še delno ukoreninjenega lesenega plavja lahko imajo pomemben vpliv na zadrževanje ostalega plavja v času visokih vod in formiranje naravnih pregrad, ki lahko vodi do zamašitev in povzroči dodatno nevarnost.



Slika 42: Količina lesenega plavja v strugi Meže glede na ukoreninjenost maja 2016.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

5.1.1 Frekvenčna porazdelitev dolžine lesenega plavja

Naša raziskava kaže, da je izrazito največje število lesenega plavja, katerega dolžina znaša med 1,5 in 2,5 m (Slika 34). Ti kosi predstavljajo več kot 32 % vsega lesenega plavja. Povprečna dolžina plavja znaša 3 m. Precej podobno frekvenčno porazdelitev glede na dolžino so v Andih ugotovili tudi Comiti in sod. (2008a), prav tako v Dolomitih (Comiti in sod., 2006), kjer v obeh območjih prevladuje plavje dolžin med 1 in 2 m. Pri tem je treba opozoriti, da so bili dolžinski razredi zaradi različnih kriterijev oblikovani nekoliko drugače kot v naši raziskavi. V Andih (Comiti in sod., 2008a) so v raziskavo vključili kose, daljše od 1 m, v Dolomitih (Comiti in sod., 2006) pa kose, večje od 0,3 m. V naši raziskavi smo popisali kose, daljše od 0,5 m. Na Kitajskem otoku Taiwan sta Chen in Chao (2010) izmerila povprečno dolžino plavja, ki znaša 5,13 m, medtem ko so Costigan in sod. (2015) v Severni Ameriki (gorovje Apalači) prišli do povprečnega rezultata 4,7 m.

Povprečen volumen kosa lesenega plavja v območju naše raziskave je znašal $0,09 \text{ m}^3$, kar pomeni $1,25 \text{ m}^3/100 \text{ m}$ struge. Do zelo podobnih rezultatov so prišli tudi Comiti in sod. (2006), ki so opravljali meritve v petih različnih italijanskih gorskih hudournikih. Najnižja povprečna izmerjena količina lesenega plavja v hudourniku je bila $0,5 \text{ m}^3/100 \text{ m}$. V treh hudournikih so se vrednosti gibale med $1,5$ in $1,9 \text{ m}^3/100 \text{ m}$. V hudourniku, kjer so izmerili največ lesenega plavja, je ocena znašala $3,5 \text{ m}^3/100 \text{ m}$ struge. Tu je treba poudariti, da struge hudournikov, ki so bili vključeni v raziskavo, potekajo na višjih nadmorskih višinah (do 2000 m) in po zelo strmih terenih. Posledica tega je omejeno izkoriščanje gozdov, saj se na večini teh območij zaradi nerentabilnosti sečnja ne izvaja. Costigan in sod. (2015) so v Apalačih na gorskih vodotokih (povprečna širina struge 5,8 m) namerili $3,69 \text{ m}^3/100 \text{ m}$ in povprečen premer 14 cm. Ta območja večinoma niso odprta s prometnicami, zaradi česar je tudi vpliv človeka na gozdove precej omejen. Chen in Chao (2010) sta na Taiwanu ocenila povprečno $21,5 \text{ m}^3/100 \text{ m}$, kar gre pripisati predvsem temu, da njihov povprečni ocenjeni premer lesenega plavja znaša 34 cm, saj vodotoki tečejo med gorskimi subtropskimi gozdovi in so hkrati precej večji (širina 13–47 m).

5.1.2 Prostorska razporeditev lesenega plavja

Leseno plavje je izrazito neenakomerno porazdeljeno po celotnem raziskovalnem območju vzdolž profila struge reke Meže (Slika 35). Do enake ugotovitve so v svojih raziskavah prišli tudi v ostalih primerljivih 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) se razlikuje od raziskave, ki so jo na Poljskem (nacionalni park Tatra) opravili Zielonka in sod. (2009). V dveh gorskih potokih so popisali približno 60 kos/100 m struge. Kot razlog navajajo predvsem zelo omejeno človeško dejavnost znotraj raziskovalnega območja. Drevesa se tu v vodotok vključujejo predvsem zaradi naravnih procesov, leseno plavje je potem prepuščeno naravi, saj s strani človeka iz strug in pobočij ni odstranjeno.

Podobno lahko razložimo višje količine lesenega plavja v krajšem zgornjem toku reke Meže, zato sklepamo, da je količinski višek lesenega plavja v naši raziskavi (96 kos/100 m struge) predvsem posledica strmega terena in težje dostopnosti za bolj aktivno gospodarjenje na takšnih območjih. Primerljivo so v Ameriki (Costigan in sod., 2015) v več različnih vodotokih povprečno namerili 38 kosov, na Kitajskem pa (Chen in Chao, 2010) v povprečju 18,7 kos/100 m struge. Opazimo lahko, da v primerjavi s kitajsko raziskavo ni bistvene razlike, če primerjamo število kosov na 100 m, gre pa tam za precej debelejše in daljše kose plavja, ki posledično predstavljajo tudi precej večji volumen. V Apalačih so sicer ocenili približno trikrat več m^3 in kosov plavja na 100 m kot mi, če pa bi se v njihovem vplivnem območju raziskovanih vodotokov izkoriščalo gozdove, sklepamo, da bi prišlo do manjših odstopanj med raziskavama.

5.1.3 Razkrojenost lesenega plavja v zgornjem toku Meže

Največ lesenega plavja v reki Meži predstavlja z dobro tretjino 4. razred razkroja, sledi ji s 27 % 3. razred, z 21 % 5. razred, z 10 % 1. razred in s 5 % 2. razred razkroja (Slika 36). Drugačne rezultate so v Tatrah ugotovili Zielonka in sod. (2009), kjer je z dobrimi 40 %

najbolj zastopan 3. razred, ki ji sledi 2. razred z 28 %, najmanj kosov lesenega plavja pa je bilo uvrščenih v 5. razred razkroja.

Podobno kot Zielonka in sod. (2009) smo ugotovili tudi v naši raziskavi, da je stopnja razkroja povezana z dolžino hlodov in da 1. razred predstavlja najdaljše kose lesenega plavja (povprečje 5 m) (Slika 36). Z večjo dolžino lesenega plavja se med pojavom visokih vod poveča tudi verjetnost zamašitev, podoben učinek predstavljajo večji kosi plavja, kjer so prisotne tudi veje in/ali koreninski sistem (Gschnitzer in sod. 2015). Ker so v 1. razred uvrščeni prav takšni kosi plavja, je njihova pravočasna odstranitev še toliko bolj pomembna (snegolom 2016). Hkrati rezultati kažejo, da se z višjo stopnjo razkroja zmanjšuje povprečna dolžina lesenega plavja. Tako povprečna dolžina v 2. razredu znaša 4 m, v 3. razredu 2,8 m, v 4. razredu 2,6 m in v 5. razredu 2,4 m. Prav tako so v poljski raziskavi ugotovili, da najkrajše kose lesenega plavja predstavlja 5. razred razkroja. Pri tem je treba poudariti, da leseno plavje, ki je bilo uvrščeno v 5. razred razkroja in v raziskovalnem območju reke Meže predstavlja 24 m³, z vidika poplavne ogroženosti ne predstavlja več nevarnosti, saj so takšni kosi že tako močno razkrojeni, da se tekom transporta v času poplavnih dogodkov razbijejo in razpadejo.

5.1.4 Izvor lesenega plavja v zgornjem toku Meže

Leseno plavje v območju naše raziskave v največji meri predstavljajo kosi, ki so se na trenutna nahajališča vključili iz neposredne bližine (59,5 %) (Slika 37), 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 sod., 2008a; Zielonka in sod., 2009; D Agostino in sod., 2012). 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 m³, kar predstavlja približno 15 % celotne količine plavja, ki je bilo vključeno v raziskavo. Predvidevamo, da ima delež lesenega plavja, ki je vključen v vodotok kot posledica ekstremnih meteoroloških pojavov (vetrolom, snegolom, žledolom), ki so v slovenskem prostoru vse pogostejši, pomemben vpliv na količino plavja. Zgornje ugotovitve potrjuje tudi dejstvo, da se je poškodovana drevnina zaradi posledic snegoloma v raziskovalnem območju

pojavnala le do nadmorske višine približno 850 m. Tako lahko sklepamo, da bi bil ta delež v nižjih hudourniških strugah še višji.

Lesene ostanke, ki jih je po naši oceni do mesta trenutnega nahajališča transportiral vodni tok (Slika 37), predstavljajo 26 % vsega lesenega plavja. Pri tem lahko opazimo, da gre za krajše kose nižjega volumna. Plavje, ki je bilo v raziskavo vključeno zaradi neprimerne skladiščenja gozdnih lesnih sortimentov ter drugih antropogenih vplivov, skupaj predstavlja nezanemarljivih 10 % volumna vsega lesenega plavja.

5.1.5 Količina lesenega plavja glede na prisotnost gozda

V zgornjem delu Meže, kjer se gozd pojavlja samo na desni strani struge (Preglednica 2), to je na 53,6 % celotne dolžine struge v raziskovalnem območju, smo izmerili 65 % vsega lesenega plavja (Slika 38). Tu, na njeni levi strani, večino časa vzporedno poteka lokalna cesta, ki je v času visokih vod, s katerimi je povezan prenos večjih količin lesenega plavja in plavin, pogosto poškodovana in včasih na določenih delih tudi povsem uničena (Slika 8A).

Območja, kjer je ob strugi prisoten omejek, predstavljajo 39 % celotne dolžine struge in 20 % enot lesenega plavja. Kjer se gozd pojavlja z obeh strani struge, to je na 3,5 % dolžine raziskovalnega območja, leseno plavje predstavlja 11,6 % vseh kosov, njihov volumen pa 20 %. Na območjih, kjer ob strugi ni prisotne grmovne in drevesne vegetacije, to je na 1,2 % dolžine struge raziskovalnega območja, pa leseno plavje predstavlja le 0,06 % vseh kosov, ki so bili vključeni v raziskavo.

Rezultati nazorno kažejo, da ima prisotnost ali odsotnost gozda ob strugi Meže velik vpliv na količino lesenega plavja, kar je povsem razumljivo. Zanimiva je ugotovitev, da v območjih, kjer se gozd nahaja na obeh straneh struge, predstavlja število kosov lesenega plavja preračunano na 100 m odseke približno trikrat več enot kot v območjih, kjer se gozd nahaja samo na desni oz. levi strani struge (Slika 39). 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 bolj

izrazita je razlika med območji, kjer se gozd nahaja na obeh straneh struge, saj preračunano na 100 m odseke predstavljajo približno šestkrat več enot lesenega plavja kot območja, kjer je ob strugi prisoten omejek. Še bistveno večja razlika pa je na območjih ob strugi, kjer ni prisotne drevesne in grmovne vegetacije, saj je tu preračunano na 100 m odseke skoraj petdesetkrat manj kosov lesenega plavja, kot v območjih, kjer se gozd pojavlja na obeh straneh struge.

Iz navedenih ugotovitev sklepamo, da v primerljivih sredogorskih hudourniških območjih v Sloveniji, kjer je ob strugi prisoten večji delež gozda in/ali kjer je zaradi različnih vzrokov izkoriščanje gozdov bolj omejeno, lahko v njihovih vodotokih pričakujemo večje količine lesenega plavja.

5.1.5.1 Predlogi za optimalno ukrepanje v zgornjem delu struge reke Meže

Bistvo naše raziskave predstavlja leseno plavje in z njim povezana poplavna ogroženost v povirju Meže. Posebnih meritev in ocenjevanj z geomorfološkega in ekološkega vidika nismo opravljali, lahko pa na podlagi opažanj podamo mnenje, da leseno plavje v zgornjem toku Meže na geomorfološke procese nima posebnega vpliva, saj smo v celotnem raziskovalnem območju zasledili le eno večjo naravno stopnjo, ki jo ustvarjajo leseni ostanki (Slika 21A). Tudi v Dolomitih so Comiti in sod. (2006) v raziskavi ugotovili, da leseno plavje predstavlja zelo šibek vpliv na morfologijo hudourniške struge. Pravo nasprotje pa po našem mnenju predstavlja ekološki vidik, kjer smo na/v skoraj vsakem naključno izbranem kosu lesenega plavja odkrili številne rastlinske in/ali živalske vrste v različnih življenjskih stadijih.

Pri upravljanju vodotokov je vsekakor nujen integralen pristop, zato je treba upoštevati tako geomorfološki in ekološki vidik, kot 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 gospodarski interesi so pogosto v nasprotju s potrebo po zaščiti. Lesene ostanke je potrebno zaradi njihovih številnih pozitivnih učinkov puščati v vodotokih, razen če obstaja močan in podprt razlog za njihovo odstranitev. Glede na pretekle poplavne dogodke na reki Meži in njenih pritokih pa je očitno, da se pogosto pojavlja problematika, povezana z nevarnostjo, ki jo predstavlja leseno plavje. Na podlagi opažanj s terena smo prišli do nekaterih podobnih ugotovitev, ki jih po vzoru iz 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:

- 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;
- potrebno je odstraniti vso neprimerno drevnino (drevesa, ki koreninijo na območju pretoka visokih vod – nevarnost zamašitve in zmanjšana pretočna zmogljivost, drevesa na nestabilnih delih brežin ali na pobočju nad strugo, kjer so prisotni znaki plazjenja ali erozijske zajede. Predlagamo, da se v odvisnosti od nagiba terena ter geoloških in pedoloških lastnosti tal, na območjih, kjer obstaja verjetnost za vključitev drevnine v strugo Meže, v oddaljenosti vsaj ene drevesne višine ne pušča nobenih lesenih ostankov, ki lahko ogrozijo poplavno varnost. Na strmejših naklonih (nad 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);
- čimprejšnje 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 se zaradi posledic aprilskega snegoloma 2016 še vedno nahajajo v vplivnem območju struge Meže;
- iz vplivnega območja je treba odstraniti ves odpadni material antropogenega izvora (Slika 5), 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;
- ustrezno dimenzionirani prepusti na primernih lokacijah, morajo imeti tudi ustrezno zaščiten vtok in iztok, kjer zaradi velikih količin naplavin ni možno preprečiti zamašitve prepustov, je smiselno razmišljati o primernih tehničnih hudourniških ukrepih;
- za večjo poplavno varnost v povirju Meže in za zmanjšanje škod v prihodnosti, je nujno tudi redno in kakovostno vzdrževanje cest in vseh njenih pripadajočih objektov;
- potencialno nevarnost predstavljajo 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.

5.1.5.2 Predlogi za nadaljnje raziskave

Zavedamo se, da je s skrajno omejenimi sredstvi, ki jih država namenja za poplavno varnost, nemogoče v zadovoljivi meri zmanjšati erozijsko in hudourniško ogroženost v slovenskem prostoru. Zato na tem področju Slovenija zagotovo potrebuje takojšen in konkreten premik v razmišljanju in ukrepanju. Strinjamo se z ugotovitvijo (Brilly, 2012), da je nujno potreben preliminarno pripravljen načrt za zmanjševanje poplavne ogroženosti, ob nujno potrebnem povečanju kadra, ustrežnejši organizaciji vseh vodarskih in gozdarskih (opomba avtorja) služb ter na novo vzpostavljenem in bolj učinkovitem sistemu financiranja protipoplavnih ukrepov.

Naša raziskava nakazuje, da obstajajo rešitve, ki lahko v Sloveniji občutno zmanjšajo ogroženost pred naravnimi nesrečami. Gozdarska stroka bi lahko pri tem odigrala še pomembnejšo vlogo. Zato se strinjamo s pobudami, ki v veliki meri izhajajo iz Tirolskih izkušenj ter prakse (Stohr, 2011) in jih predlaga Papež (2011a): da je potrebno čim prej sistemsko urediti terenski nadzor na določenih kritičnih odsekih hudournikov, z namenom pravočasnega zaznavanja in dokumentiranja neželenih pojavov – nemih prič (dokazi in sledovi o preteklih in aktualnih erozijskih in hudourniških procesih), poškodb na hudourniških varovalnih objektih in neustreznih antropogenih vplivov. Pri tem bi lahko

pomembno vlogo opravljali revirni gozdarji in gozdarski inšpektorji. Gozdarska stroka naj zato prevzame glavno pobudo, nadgradi sistem (metodologijo) načrtovanja, izvajanja in kontrole gozdarskih del z vidika upoštevanja hudourniške problematike.

Upamo, da bo to diplomsko delo vsaj malo pripomoglo k boljšemu razumevanju in zavedanju glede pomena lesenega plavja v hudourniških strugah, ki je v slovenskem prostoru po krivici vse preveč zapostavljena tema. Kljub rezultatom in ugotovitvam, do katerih smo prišli, 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. Zato bi bilo zelo zanimivo ponoviti raziskavo na povsem enakem odseku Meže, kar se da hitro po naslednjem večjem poplavnem dogodku, ki bo povezan s prenosom večjih količin in vključevanjem novih kosov lesenega plavja. S takšno primerjavo bi lahko prišli do določenih pomembnih ugotovitev glede dinamike lesenega plavja v zgornjem toku Meže. Smiselno bi bilo razmišljati tudi o raziskavah, ki jih v tujini že uspešno izvajajo z radijskimi oddajniki, sledilnimi napravami ipd. Npr. v Švici so Jochner in sod. (2015) izbrane kose lesenega plavja opremili s transponderji z radijsko identifikacijo, katerim potem sledijo prek različnih dogodkov sprostitve in s tem pridobijo pomembne podatke o njihovi dinamiki med pojavom visokih vod, kar je velik korak na poti k izboljšanju upravljanja celotnega rečnega sistema.

Podobne raziskave bi bilo smiselno v enakem, ali še boljše v širšem obsegu (dodatni parametri, ki med drugim vključujejo tudi ekološki in geomorfološki vidik), opraviti na različnih hudourniških strugah v visokogorju, sredogorju in gričevju, predvsem na območjih, kjer leseno plavje pomembno vpliva na poplavno ogroženost. S tem, ko bomo pridobili podatke o količini in značilnostih lesenega plavja (porazdelitev, dolžina, premer itd.) za različna hudourniška območja, ter bolje spoznali določene povezave vključevanja in prenosa lesenega plavja v času visokih vod, bomo sposobni tudi izboljšati ustrezne zaščitne/varovalne ukrepe, s katerimi bo možno povečati poplavno varnost v širšem slovenskem prostoru. Rezultati takšnih raziskav bi lahko med drugim pomembno vplivali tudi na razvoj in gradnjo novejših ter učinkovitejših zadrževalnih pregrad za zaustavitev

lesenega plavja, ki v preteklosti svojih funkcij na slovenskih hudourniških strugah niso opravljale optimalno.

Zaradi opažanj in sklepov, do katerih smo prišli tekom raziskave, v prihodnje pri popisu lesenega plavja vsekakor predlagamo, da se kot dodaten parameter vključi rubrika, kjer se označujejo kosi, za katere je očitno, da so bili prežagani oz. da se v vplivnem hudourniškem območju nahajajo kot posledica gospodarjenja z gozdovi. Ta podatek bi naše ugotovitve, glede možnosti za izboljšanje gospodarjenja v širšem območju struge Meže in s tem vpliv na zmanjšanje količine lesenega plavja, zagotovo še dodatno podkrepil. Predlagamo tudi, da se takšni popisi opravljajo v pozno jesenskem, v kopnem zimskem ali zgodnjem spomladanskem času, ko grmovna in zeliščna vegetacija dopuščata bistveno lažjo prehodnost in identifikacijo posameznih kosov lesenega plavja.

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). Zato je naša želja, da bi raziskave na to temo čim prej prišle do točke, ko bodo njihovi rezultati vključeni v postopke izdelave kart ogroženosti, ki bi po našem mnenju morale postati tudi obvezen del gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtov.

Prav tako predlagamo, da bi na hudourniških območjih v sečno pravilni načrt vključili tudi organizacijska navodila (določila o nujnih ukrepih v območju hudourniških strug), ki bi lahko pomembno vplivala na zmanjšanje vnosa lesenega plavja. Sečno pravilni načrt bi moral vsebovati tudi presojo tveganja zaradi delovanja erozije na hudourniško in erozijsko ogroženih območjih. Zaradi doslednih ukrepov pri gospodarjenju z gozdovi, ki so za varnost na ogroženih območjih nujno potrebni, priporočamo tudi ustreznejše vrednotenje gozdarskih normativov. Po našem mnenju bi bilo smiselno razmišljati o prilagoditvi gozdarskih normativov na območjih, kjer sta valorizirani funkcija varovanja gozdnih zemljišč in sestojev ter zaščitna funkcija in na vseh ostalih hudourniških območjih, kjer leseno plavje pomembno vpliva na poplavno ogroženost. 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 v ta namen črpajo tudi evropska sredstva. Smatramo tudi, da je potrebno lastnike gozdov bolj informirati o pomenu varovalnih gozdov in še posebej o problematiki, ki jo leseno plavje predstavlja v hudourniških strugah. Država bi morala lastnike gozdov na različne načine bistveno bolj motivirati, ter težiti k optimalnejšem stanju državnih in zasebnih gozdov.

Vsi naštetih predlogi bi lahko pomembno vplivali na varnost prebivalcev in zmanjšali obseg škode v prihodnosti. Hkrati se moramo zavedati, da varnost pred erozijo in hudourniki ni omejena zgolj na fizično varnost prebivalcev na ogroženih območjih, ampak ima bistveno širšo gospodarsko in demografsko razsežnost (Kajfež Bogataj, 2006).

Ogroženost pred naravnimi nesrečami v slovenskem prostoru bi morala gozdarski stroki predstavljati izziv in razvojno priložnost, zato upamo, da bomo to znali v največji možni meri tudi izkoristiti.

5.2 SKLEPI

V raziskavi smo preverili naslednje hipoteze:

- H1: V zgornjem delu struge Meže prevladuje leseno plavje krajših dolžin (pod 4 m).
- H2: Leseno plavje je v zgornjem delu struge Meže razporejeno neenakomerno.
- H3: V zgornjem delu struge Meže prevladuje leseno plavje nižjih stopenj razkroja.
- H4: Največji delež lesenega plavja v zgornjem delu struge Meže predstavljajo kosi, ki so bili v strugo vključeni iz neposredne bližine.
- H5: Na količino lesenega plavja v zgornjem delu struge Meže vpliva raba tal, zlasti prisotnost gozda.

Rezultati raziskave kažejo, da se največ kosov lesenega plavja nahaja v 2. razredu (1,5–2,5 m) sem spada 32 % vseh kosov, ki so bili vključeni v raziskavo. V 1. (0,5–1,5 m) in 3. (2,5–3,5 m) razredu je delež približno enak in skupno znaša 33,1 %, nato je opazno zmanjševanje števila kosov glede na dolžino lesenega plavja. Skupno število kosov lesenega plavja, ki so krajši od 4 m, je 1310, kar predstavlja 78,3 %. Prvo hipotezo smo tako v celoti potrdili.

Na podlagi geolociranja posameznih kosov lesenega plavja smo ugotovili, da se leseno plavje v strugi in na njenih pobočjih pojavlja v neenakomernih intervalih, saj je že na krajših razdaljah opazno izrazito povečanje oz. zmanjšanje njihovega števila. Največje število kosov se pojavi v zgornjem delu raziskovalnega območja in znaša 96 kosov na 100 m struge. Numerični minimum pa se pojavi malo pred sotočjem z Bistro in znaša 1 kos na 100 m struge. Drugo hipotezo smo tako v celoti potrdili.

Glede na stopnjo razkrojenosti smo v raziskavi leseno plavje najpogosteje uvrstili v 4. razred, ki predstavlja 35 % vseh kosov. Sledita mu 3. razred, kjer so vključeni kosi s srednjo stopnjo razkroja in znaša 27 %, ter 5. razred, ki predstavlja 21,4 %. 1. in 2. razred, kjer so vključeni kosi nižjih stopenj razkroja in skupaj znašata dobrih 16 %, torej predstavljata najmanjši delež lesenega plavja. Tretjo hipotezo smo tako v celoti zavrnil.

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 predstavlja 59,5 % kosov lesenega plavja. Za 26,3 % enot lesenega plavja smo ocenili, da so bile v času visokih vod do mesta trenutnega nahajališča transportirana po vodi. Ostali izvori lesenega plavja so zastopani v manjših deležih. Četrto hipotezo smo tako v celoti potrdili.

Ugotovitve naše raziskave nakazujejo na to, da ima prisotnost ali odsotnost gozda ob strugi Meže velik vpliv na količino lesenega plavja. Tako območja, kjer se gozd nahaja na obeh straneh struge, predstavljajo, preračunano na 100 m odseke, približno trikrat več enot lesenega plavja kot območja, kjer se gozd nahaja samo na desni oz. levi strani struge. Še bolj izrazita je razlika med območji, kjer se gozd nahaja na obeh straneh struge, saj preračunano na 100 m odseke predstavljajo približno šestkrat več enot lesenega plavja kot območja, kjer je ob strugi prisoten omejek. Še bistveno večja razlika pa je na območjih ob strugi, kjer ni prisotne drevesne in grmovne vegetacije. Peto hipotezo smo tako v celoti potrdili.

6 VIRI

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.

http://evode.arso.gov.si/direktive/FD_P/2014/2014_I_2_11_P_10.pdf (4. mar. 2016)

Arhiv površinskih voda: Meža. 2012. Ljubljana, Agencija RS za okolje.

http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php?p_vodotok=Me%C5%BEa&p_posta_ja=2220&p_let=2012&b_arhiv=Prika%C5%BEi (10. maj 2016)

Atlas okolja.

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (3. mar. 2016)

Bisson P.A., Bilby R.E., Bryant M.D., Dolloff C.A., Grette G.B., House R.A., Murphy M.L., Koski K.V., Sedell J.R. 1987. Large woody debris in forested streams in the Pacific Northwest: past, present, and future. V: Streamside management forestry and fishery implications. Washington, ZDA, University of Washington, Institute of forest resource: 143–190.

<http://andrewsforest.oregonstate.edu/pubs/pdf/pub1316.pdf> (15. maj 2016)

Brilly M., Mikoš M., Šraj M. 1999. Vodne ujme – varstvo pred poplavami, erozijo in plazovi. Ljubljana, Komisija za tisk FGG: 186 str.

Brilly M., Šraj M. 2005. Osnove hidrologije. 1. izd. Ljubljana, Komisija za tisk UL FGG: 309 str.

Brilly M. 2012. Ogroženost zaradi poplav v Republiki Sloveniji. V: I. Kongres o vodah Slovenije 2012. Ljubljana, : 139-150

Chen S.C., Chao Y.C. 2010. Locations and orientations of large woody debris in Chichiawan Creek. V: *Interprevent 2010, International Symposium in Pacific Rim, Taipei, Taiwan*: 107-113.

http://www.interpraevent.at/palm-cms/upload_files/Publikationen/Tagungsbeitraege/2010__107.pdf (15. jun. 2016)

Coe H.J., Kiffney P.M., Pess G.R., Kloehn K.K., Mchenry M.L. 2009. Periphyton and invertebrate response to wood placement in large pacific coastal rivers. *River Research and Applications*, 25, 8: 1025–1035.

https://www.researchgate.net/publication/229695291_Periphyton_and_Invertebrate_Response_to_Wood_Placement_in_Large_Pacific_Coastal_Rivers (11. apr. 2016)

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.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X06000286> (15. apr. 2016)

Comiti F., Andreoli A., Mao L., Aristide Lenzi M. 2008a. Wood storage in three mountain streams of the Southern Andes and its hydro-morphological effects. *Earth Surface Processes and Landforms*, 33: 244–262. DOI: 10.1002/esp.1541

http://www.geo.oregonstate.edu/classes/geo582/articles_2010/Comiti_EtAl_wood_streams_ESPL_2008.pdf (8. maj 2016)

Comiti F., Mao L., Preciso E., Picco L., Marchi L., Borga M. 2008b. Large wood and flash floods: evidences from the 2007 event in the the Davca basin (Slovenia). V: *Monitoring, simulation, prevention and remediation of dense and debris flow II*, 60. WIT press, UK: 173–182.

<http://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/DEB08/DEB08018FU1.pdf> (15. apr. 2016)

Comiti F., D Agostino V., Moser M., Aristide Lenzi M., Bettella F., Dell Agnese A., Rigon E., Gius S., Mazzorana B. 2012. Preventing Wood-related hazards in mountain basins:

from wood load estimation to designing retention structures. V: 12th Congress Interpraevent 2012 – Grenoble / France: 651–662

http://www.interpraevent.at/palm-cms/upload_files/Publikationen/Tagungsbeitraege/2012_2_651.pdf (15. apr. 2016)

Costigan K.H., Soltesz 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. DOI: 10.1002/esp.3751

https://www.researchgate.net/profile/Kristin_Jaeger2/publication/276150739_Large_wood_in_central_Appalachian_headwater_streams_controls_on_and_potential_changes_to_wood_loads_from_infestation_of_hemlock_woolly_adelgid_WOOD_CHARACTERISTICS_IN_HWA_INFESTED_STREAMS/links/55d2000108ae7fb244f40cc1.pdf?origin=publication_detail (5. avg. 2016)

Čampa L. 1994. Vrednotenje hidrološke funkcije gozdnega prostora. V: *Gozd in voda: XVI. Gozdarski študijski dnevi, Poljče*, 11–13 okt. 1994. Anko B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 39–50.

Čas M. 2013. Problematika gozdarstva in lovstva na območju občine Črna na Koroškem. *Črjanske cajtnge*, dec. 2013, 54: 8–9.

http://www.crna.si/images/dokumenti/cajtnge/CRJANSKE_CAJTNGE_dec13.pdf (2. mar. 2016)

D Agostino V., Bertoldi G., Rigon E. 2012. On the measure of large woody debris in an alpine catchment. *Geophysical Research Abstracts*, 14: EGU2012-13009.

<http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2012/EGU2012-13009.pdf> (27. apr. 2016)

Diaci J., Rugani T., Firm D. 2012. Drevesa so učinkovitejša in cenejša kot ograje. *Delo*, 28. jun. 2012.

<http://www.delo.si/arhiv/drevesa-so-ucinkovitejsa-in-cenejsa-kot-ograje.html> (5. mar. 2016)

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.

<http://tn.water.usgs.gov/publications/abstracts/debpoar2.html> (7. maj. 2016)

Dimnik M. 2010. »Zapisnik o ogledu komisije za ocenjevanje škode ob poplavah, september 2010 – občina Črna na Koroškem«. mojca.dimnik@crna.si (osebni vir, 5. maj 2016).

Dimnik M. 2012. »Analiza dela v novembrskih poplavah 2012 – občina Črna na Koroškem«. mojca.dimnik@crna.si (osebni vir, 5. maj 2016).

Dimnik M. 2014. »Poročilo o ogledu in ocenitvi škode po poplavah z dne 13.09.2014 - občina Črna na Koroškem«. mojca.dimnik@crna.si (osebni vir, 5. maj 2016).

Dimnik M. 2016. »Fotografije poplavnih dogodkov v občini Črna na Koroškem.« mojca.dimnik@crna.si (osebni vir, 5. maj 2016).

Dolgan N. 1995. Povodnji ob izrednih nalivih se bodo žal še ponavljale. V: Pogubna razigranost: 110 let organiziranega hudourničarstva na Slovenskem: 1884–1994. Jesenovec S. (ur.). Ljubljana, PUH – Podjetje za urejanje hudournikov: 64–66.

Ekstremni vremenski dogodki. 2014. Ljubljana, Agencija RS za okolje.

http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=630 (28. feb. 2016)

Fajon Š. 2007. Gozd in voda, rezultati projekta Interreg III A. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije: 40 str.

http://www.gozdis.si/data/publikacije/3_gozd_voda.pdf (24. feb. 2016)

Fetherston K.L., Naiman R.J., Bilby R.E. 1995. Large woody debris, physical process, and riparian forest development in montane river networks of the Pacific Northwest. *Geomorphology*, 13, 1–4: 133–144.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169555X95000332> (10. maj 2016)

Godfrey A. 2003. A review of the invertebrate interest of coarse woody debris in England. Natural England Research Report, 513.

<http://publications.naturalengland.org.uk/publication/132018> (18. maj 2016)

Gozdnogospodarski načrt za GGE Mežica 2010–2019: št.: 11 – 07/10. Slovenj Gradec, ZGS-OE Slovenj Gradec.

Gozdnogospodarski načrt za GGE Črna – Smrekovec 2012-2021: št.: 11 – 08/12. Slovenj Gradec, ZGS-OE Slovenj Gradec.

Gschnitzer 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.

http://www.sedalp.eu/events/dwd/proceedings_WWR32015.pdf (17. maj 2016)

Guček M., Bončina A., Diaci J., Firm D., Poljanec A., Rugani T. 2012. Gozdovi s poudarjeno zaščitno in varovalno funkcijo: značilnosti, valorizacija in gospodarjenje. Gozdarski vestnik, 70, 2: 59–71.

<http://web.bf.uni-lj.si/go/varovalnigozd/material/Gozdovi%20s%20poudarjeno%20zasciitno%20in%20varovalno%20funkcijo.pdf> (3. mar. 2016)

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.

https://www.researchgate.net/publication/283556670_Large_Wood_Dynamics_Along_the_Tagliamento_River_Italy_Insights_from_Field_and_Remote_Sensing_Investigations (15. mar. 2016)

Hidrotehnik izvaja interventno čiščenje lesenega plavja in vzdrževanje pretočnosti strug vodotokov na območju porečja Srednje Save in povodja Soče. 2014. Ljubljana, Hidrotehnik.

<http://www.hidrotehnik.si/ostalo-za-medije/hidrotehnik-izvaja-interventno-ciscenje-lesenega-plavja-vzdrzevanje-pretocnosti> (9. mar. 2016)

Hladnik D., Skvarča A. 2006. Slovenija na satelitskih posnetkih Landsat ETM+ 189/28, 190/28, 191/28.

Horvat A., 1994. Gospodarjenje s hudourniški območji. V: Gozd in voda: XVI. Gozdarski študijski dnevi, Poljče, 11.–13. okt. 1994. Anko B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 145–152.

Horvat A. 1995. Na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani predavamo. V: Pogubna razigranost: 110 let organiziranega hudourničarstva na Slovenskem: 1884–1994. Jesenovec S. (ur.). Ljubljana, PUH – Podjetje za urejanje hudournikov: 9.

Horvat A. 1998. Sistem okolje (vodni sistem), pogl. 1.4 Erozijska območja in transport plavin: metodologija za umestitev vodnogospodarskih sestavin v PPRS: ekspertni prispevek (gradivo za končni elaborat). Ljubljana, MOP RS: 12 str.

Horvat A. 2007. Vpliv klimatskih sprememb na varstvo pred erozijo in hudourniki. V: Podnebne spremembe: vpliv na gozd in gozdarstvo: konferenčni zbornik. Jurc M. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 191–201.

Horvat A., Zemljič M. 1998. Protierozijska vloga gorskega gozda. V: Gorski gozd. XIX: Gozdarski študijski dnevi, Logarska dolin, mar. 1998. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 411–424.

Horvat A., Jeršič T., Papež J. 2008. Varstvo pred hudourniki in erozijo ob vse intenzivnejših vremenskih ekstremih. Ujma 22: 200–208.

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2008/200.pdf> (28. feb. 2016)

Integral natural hazard risk management: recommendatios – Platform on Natural Hazards of the Alpine Convention. 2010. Bern, National platform on Natural Hazards PLANAT c/o Federal Office for the Environment FOEN: 32 str.

http://www.planat.ch/fileadmin/PLANAT/planat_pdf/alle_2012/2006-2010/Greminger_2009_-_Integral_Natural_Hazard_Risk_Management_01.pdf (3. mar. 2016)

Jesenovec S. 1995. Pogubna razigranost: 110 let organiziranega hudourničarstva na Slovenskem: 1884-1994. Jesenovec S. (ur.). Ljubljana, PUH – Podjetje za urejanje hudournikov: 276 str.

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.

<http://www.earth-surf-dynam.net/3/311/2015/esurf-3-311-2015.pdf> (24. feb. 2016)

Kajfež Bogataj L. 2006. Podnebne spremembe in nacionalna varnost. *Ujma*, 20: 170-176.

Kajfež Bogataj L. 2008. Kaj nam prinašajo podnebne spremembe? 1. Izd. Ljubljana, Pedagoški inštitut: 134 str.

Kienholz H., Perret S., Schmid F. 2008. Dokumentacija o naravnih nesrečah / nevarnih dogodkih: terenska navodila. PLANALP: Alpski signali 4: 64 str.

http://www.alpconv.org/sl/publications/alpine/Documents/AS4_sl.pdf?AspxAutoDetectCookieSupport=1 (9. mar. 2016)

Klabus A. 1999. Poškodbe cest zaradi visokih voda hudournikov. *Ujma* 13: 173–176.

http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2000/u_clanek22.pdf (24. feb. 2016)

Klabus A. 2007. Visoke vode 18. septembra 2007 – že četrte poplave v povodju Selške Sore v zadnjih 17 letih. V: 18. Mišičev vodarski dan 2007, Maribor, 10. dec. 2007: 15–21.

<http://www.mvd20.com/LETO2007/R3.pdf> (16. maj. 2016)

Kladnik Š. 2009. Primerjava aktualnega stanja okolja v Zgornji Mežiški dolini z razmerami v preteklih desetletjih: diplomsko delo (UL FF). Ljubljana, samozal.: 92 str.
http://geo.ff.uni-lj.si/pisnadela/pdfs/dipl_200905_spela_kladnik.pdf (3. mar. 2016)

Kobold M. 2010. Pojavljanje ekstremnih hidroloških pojavov v povezavi s podnebnimi spremembami. V: Od razumevanja do upravljanja. (Naravne nesreče, knjiga 1). Zorn M. (ur.), Komac B. (ur.), Pavšek M. (ur.) in Pagon P. (ur.). Ljubljana, Založba ZRC: 235–244.

<http://giam.zrc-sazu.si/sites/default/files/Naravne-nesrece-01.pdf> (27. feb. 2016)

Kočnik I. 2010. Nevihta. Črjanske cajtnge, 45: 48–49.

<http://www.crna.si/images/dokumenti/cajtnge/ccdecember.pdf> (2. mar. 2016)

Kogoj M. 2011. Hidravlične razmere zaradi plavja pri premostitvah: diplomska naloga. (UL FGG). Ljubljana, samozal.: 54 str.

http://drugg.fgg.uni-lj.si/1802/1/GRU_3190_Kogoj.pdf (10. mar. 2016)

Komac B., Natek K., Zorn M. 2008. Geografski vidiki poplav v Sloveniji. (Geografija Slovenije, 20). Ljubljana, Založba ZRC: 180 str.

<http://giam.zrc-sazu.si/sites/default/files/9789612540913.pdf> (28. feb. 2016)

Koroška pod vodo: razdejanje Meže in pritokov v Črni in okolici. 2012.

<http://www.bajta.si/osrednje-novice/koroska-pod-vodo-poplave-koroska-slovenija-november/vse-strani> (10. maj 2016)

Košir Ž., Zorn-Pogorelc M., Kalan J., Marinček L., Smole I., Čampa L., Šolar M., Anko B., Accetto M., Robič D., Toman V., Žgajnar L., Torelli N., Tavčar I., Kutnar L. 2007. Gozdnovegetacijska karta Slovenije. Ur. Kutnar L., Kralj A., Skudnik M., Kopal M. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije.

Kušlan R. 2013. Meža. Gea, 23, 7: 56–59.

Kuzmič R., Suhadolnik A. 2005. Urejanje voda kot varstvo pred poplavami. V: 16. Mišičev vodarski dan 2005, Maribor, 9. dec. 2005: 65–71.

<http://mvd20.com/LETO2005/R9.pdf> (23. feb. 2016).

Maser C., Sedell J.R. 1994: From the forest to the sea: the ecology of wood in streams, rivers, estuaries and oceans. St. Lucies Press, Delray Beach, Fla.

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 hydromorfologicos. Bosque, 29, 3: 197–211.

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002008000300003 (3. maj. 2016)

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.

https://zidapps.boku.ac.at/abstracts/oe_list.php?paID=3&paSID=7450&paSF=1&paCF=0&paLIST=0&language_id=DE (28. apr. 2016)

Medved J. 1967. Mežiška dolina: socialnogeografski razvoj zadnjih 100 let. Ljubljana, Mladinska knjiga: 186 str.

Mikoš M. 1995. Soodvisnost erozijskih pojavov v prostoru. Gozdarski vestnik, 53: 342–351.

Mikoš M. 2012. Kako se varovati pred hudourniki in masnimi tokovi v gozdnem prostoru? V: Varovalni gozdovi: presoja naravnih nevarnosti, načrtovanje in gospodarjenje: posvetovanje z mednarodno udeležbo, Ljubljana, Soteska, 12. in 13. april 2012: zbornik razširjenih povzetkov. Diaci J. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 53–55.

<http://web.bf.uni-lj.si/go/varovalnigozd/material/Zbornik.pdf> (24. feb. 2016)

Mlačnik J. 2000. Lovljenje in zadrževanje plavljenega lesa na hudournikih. V: 11. Mišičev vodarski dan 2000, Maribor, 8. december 2000: 161–168.

<http://mvd20.com/LETO2000/R24.pdf> (1. mar. 2016)

Moč vode: kaj so povzročile najhujše poplave v zadnjih 25 letih. 2016.

<http://siol.net/novice/slovenija/moc-vode-kaj-so-povzrocile-najhujse-poplave-v-zadnjih-25-letih-foto-video-417594> (9. jul. 2016)

Molnar P., Densmore A. L., McArdeall B.W., Turowski J. M., Burlando P. 2010. Analysis of changes in the step-pool morphology and channel profile of a steep mountain stream following a large flood. *Geomorphology*, 124, 85–94.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X10003739> (5. maj 2016)

Montgomery D.R., Piegay H. 2003. Wood in rivers: interactions with channel morphology and processes. *Geomorphology*, 51, 1–5.

http://gis.ess.washington.edu/grg/publications/pdfs/Mont_Piegay.pdf (16. apr. 2016)

Mott N. 2006. *Managing Woody Debris in Rivers, Streams & Floodplains*. Staffordshire Wildlife Trust, UK: 18 str.

<http://www.staffs-wildlife.org.uk/sites/default/files/files/Managing%20Woody%20Debris.pdf> (9. apr. 2016)

Natek K. 2005. Poplavna območja v Sloveniji. *Geografski obzornik*, 52, 1: 13–18.

http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski_obzornik/go_2005_1.pdf (21. mar. 2016)

Načrt zmanjševanja poplavne ogroženosti, predlog – ver. 1.04 – dec. 2015

http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/nzpo/NZPO_SLO_2015_12_08.pdf (17. mar. 2016)

Opperman J., Merenleder A., Lewis D. 2006. *Maintaining Wood in Streams: A Vital Action for Fish Conservation*. ANR University of California Publication, 8157: 11 str.

<http://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8157.pdf> (12. maj. 2016)

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 hudourniškimi območji ter gospodarjenja z gozdovi na zmanjševanje škodnih učinkov lesenega plavja. V: 22. Mišičev vodarski dan 2011, Maribor, 6. dec. 2011: 224–229.

<http://mvd20.com/LETO2011/R29.pdf> (4. mar. 2016)

Papež J. 2015. Hudourniška erozija. Slovenski vodar, 27: 77–78.

http://www.drustvo-vodarjev.si/SLIKE/04_SLOVENSKI_VODAR/SV27.pdf (23. feb. 2016)

Papež J., Jeršič T., Černivec J. 2010. Strategija varstva pred erozijo in hudourniki v Sloveniji. V: Od razumevanja do upravljanja. (Naravne nesreče, knjiga 1). Zorn M. (ur.), Komac B. (ur.), Pavšek M. (ur.) in Pagon P. (ur.). Ljubljana, Založba ZRC: 113–124.

<http://giam.zrc-sazu.si/sites/default/files/Naravne-nesrece-01.pdf> (27. feb. 2016)

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.

<http://web.bf.uni-lj.si/go/gsd2011/> (22. feb. 2016)

Papež J., Steinman F., Krč J. 2011b. Vloga in pomen nemih prič erozijskih in hudourniških procesov pri načrtovanju, izvedbi in kontroli gozdarskih del.

<http://web.bf.uni-lj.si/go/gsd2011/predstavitve/5.blok/Pape%C5%BE,Steinman,Kr%C4%8D.pdf> (22. feb. 2016)

Papež J., Steinman F. 2012. Urejanje hudourniških območij v Sloveniji. V: Varovalni gozdovi: presoja naravnih nevarnosti, načrtovanje in gospodarjenje: posvetovanje z mednarodno udeležbo, Ljubljana, Soteska, 12. in 13. april 2012: zbornik razširjenih

povzetkov. Diaci J. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 56–58.

<http://web.bf.uni-lj.si/go/varovalnigozd/material/Zbornik.pdf> (24. feb. 2016)

Pintar J., Mikoš M. 1983. Izdelava smernic in normativov z globalno usmeritvijo urejanja po ekosistemih, pojavnostih in ekološki primernosti ter načinov gospodarjenja s povirji voda: Poročilo Vodnogospodarskega inštituta, C-432. Ljubljana: 133 str.

Planinšek Š., Pirnat J., Premrl T. 2013. Obvodna drevnina: varuh čistih voda in zemlje. *Gozdarski vestnik*, 71, 5–6: 291–301

Pravilnik o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravi in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov. 1994. Ur. l. RS št. 55/94, 95/04, 110/08 in 83/13.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV2997#> (23. mar. 2016)

Pregled stanja hudourniških strug Mislinje s pritoki s predlogi ukrepanj. 1999. Ljubljana, PUH.

Rudolf-Miklau F., Hübl J. 2010. Managing risk related to drift wood (woody debris). *Interpraevent 2010*: 868–878.

http://www.interpraevent.at/palm-cms/upload_files/Publikationen/Tagungsbeitraege/2010__868.pdf (18. apr. 2016)

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.

http://www.interpraevent.at/palm-cms/upload_files/Publikationen/Handbooks/Wildholz_2011.pdf (18. apr. 2016)

Ruiz-Villanueva V., Diez-Herrero J., Ballesteros A., Bodoque J.M. 2012. Potential large woody debris recruitment due to landslides, bank erosion and floods in mountain basins: A quantitative estimation approach. *River Research and Applications*, 30: 81–97 (2014).

https://www.researchgate.net/publication/256111276_Potential_large_woody_debris_recruitment_due_to_landslides_bank_erosion_and_floods_in_mountain_basins_A_quantitative_estimation_approach (5. jun. 2016)

S. P., Š. P. 2012. Zadnje vesti s poplavljenih območij. Delo, 5. nov. 2012.

<http://www.delo.si/novice/slovenija/zadnje-vesti-s-poplavljenih-obmocij.html> (2. mar. 2016)

Sediment management in Alpine basins. 2014. SedAlp: The challenge of Alpine sediment management. Newsletter, 2: 11 str.

http://www.sedalp.eu/newsletter/dwd/2014/newsletter_2.pdf (22. maj. 2016)

Sediment management in Alpine basins. 2015. SedAlp: WP6 Report, Interactions with structures: 191 str.

http://www.sedalp.eu/download/dwd/reports/WP6_Report.pdf (22. maj. 2016)

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.

Stele Jeglič M., Mazi T., Peček M., Klinc B., Damjanovič B. 2014. Hidravlična študija visokih vod na porečju Meže - za OPVP 25-Črna na Koroškem – Žerjav. Ljubljana, Inštitut za vode RS: 19 str.

http://evode.arso.gov.si/direktive/FD_P/2014/2014_I_2_11_P_04.pdf (24. feb. 2016)

Stohr D. 2011. Wildbachbetreuung Tirol. Innsbruck: 52 str.

Stopar M. 2004. Reka Meža.

http://www.koropedija.si/index.php/reka_Me%C5%BEa (9. mar. 2016)

Suda J., Skolaut C., Bergmeister K., Rudolf-Miklau F., Hübl J. 2008. Einsatz von Beton für Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren. Zement und Beton 3/2008: 6-16.

http://www.baunat.boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H87000/H87500/files/arbeitsgruppen/schutzbauwerke/bemessung/2008_02_Suda_etal.pdf (6. jun. 2016)

Šeme J. 1994. Ogroženost in varnost pred visokimi vodami na hudourniškem območju zgornje Drave. V: 5. Mišičev vodarski dan 1994, Maribor, 9. dec. 1994: 5–8.
<http://mvd20.com/LETO1994/R2.pdf> (11. mar. 2016)

Šifrer M. 1962. Geografski učinki neurja med Peco in Zgornjo Pako. *Acta geographica*, 7: 145–179.
<http://giam.zrc-sazu.si/sl/strani/acta-geographicageografski-zbornik#v> (15. maj 2016)

Štruel I. 1961. Rezultati najnovejših geoloških raziskav v širši okolici mežiškega rudišča 1961. *Geologija* 7: 43–53.
<http://www.geologija-revija.si/dokument.aspx?id=103> (5. maj. 2016)

Trdina V. 2016. »Fotografije poplavnih dogodkov v občini Mežica.« vesna.trdina@gmail.com (osebni vir, 15. mar. 2016).

Vončina M. 2013. Minilo je 52 let od velike poplave v Mežici. *Šumc - glasilo občine Mežica*, 32: 11–12.
http://www.mojaobcina.si/e_izdaje/mezica/sumc_april2013_update2.pdf (14. mar. 2016)

Zagorc K. 1964. Erozijski procesi in pojavi v povirju Meže: diplomsko delo (UL BF). Ljubljana, samozal.: 49 str.

Zemljič M. 1971. Erozijski procesi in plavine v povodjih Save, Drave in Pomurja ter Soče in drugih jadranskih pritokov. Trojni elaborat za potrebe vodnogospodarskih osnov SRS, z obdelavo 364 hudourniških zlivov. IGLG BF, Ljubljana: 16 str.

Zakon o gozdovih. Ur. l. RS št. 30/93, 56/99 – ZON, 67/02, 110/02 – ZGO-1, 115/06 – ORZG40, 110/07, 106/10, 63/13, 101/13 – ZDavNepr, 17/14, 24/15 in 9/16 – ZGGLRS
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO270> (24. mar. 2016)

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.

http://geoinfo.amu.edu.pl/sgp/LA/LA10/LA_10_21.pdf (5. maj. 2016)

Žabkar Š. 2008. V Železnikih leto po poplavah še vedno s strahom gledajo v nebo. *Delo*, 18. sept. 2008

<http://www.delo.si/novice/slovenija/v-zeleznikih-leto-po-poplavah-se-vedno-s-strahom-gledajo-v-nebo.html?iskalnik=Romana%20Dobnikar%20%C5%A0eruga> (9. jul. 2016)

ZAHVALA

Hvala mentorju doc. dr. Milanu Kobalu, ker mi je predlagal temo, katera me je tekom raziskave povsem prevzela in mi razširila pogled na številne pomembne povezave med gozdom in vodo. Hvala za spodbudo, vso strokovno pomoč in nasvete, ki so vplivali na izboljšanje diplomskega dela.

Hvala recenzentu prof. dr. Janezu Pirnatu, za konstruktivne pripombe in predloge.

Hvala mojim trem puncam, ki so v času zaključevanja mojega študija veliko časa preživele brez partnerja oz. očeta. Lili in Frida sta bili pri tem moja največja motivacija. Nataliji hvala predvsem za razumevanje, podporo in njen čas, ki ga je večinoma posvetila družini.

Hvala mami in atiju ter Meti in Miranu za vse dobro, kar so storili zame.

Hvala bratu Žigi ter Sari in vsem ostalim, ki so pripomogli, da je naloga takšna kot je.