

POVRŠINSKO OTJECANJE OBORINA I GUBICI TLA U OPOŽARENIM KULTURAMA ALEPSKOG BORA (*Pinus halepensis* Mill.) NA KOLUVIJU

SUFRAFACE RUNOFF AND SOIL LOSS IN BURNT STANDS OF ALEPPO PINE (*Pinus halepensis* Mill.) GROWING ON COLLUVIAL SOILS

Lukrecija BUTORAC¹, Vlado TOPIĆ¹, Goran JELIĆ¹

SAŽETAK: U radu su prikazani rezultati istraživanja površinskog otjecanja oborinske vode i erozije tla na opožarenoj površini alepskog bora te progresija vegetacije nakon požara i njen utjecaj na zaštitu tla od erozije. Stacionarni šumski pokus postavljen je u kolovozu 2002. godine u okolici Splita, u slivu Žrnovnice, na opožarenoj površini alepskog bora, koju je požar zahvatio 11. kolovoza 2001. godine. Ploha se nalazi na koluviju s pretežno detritusim kamenja, na nadmorskoj visini od 83 m i nagibu od 30° (GPS koordinate: N 43° 31', E 16° 22'). Istraživanja su obuhvatila razdoblje od kolovoza 2002. godine do kraja prosinca 2005. godine, tijekom koje je registrirano 265 kišnih dana. Površinsko otjecanje oborina i gubici tla zabilježeni su u 53 kišna dana, a izazvale su ih oborine od 8,2 mm (visok intenzitet) do 133,7 mm (vrlo visok intenzitet). Mjesečne vrijednosti površinskog otjecanja oborina u istraživanom razdoblju kreću od nule do maksimalno 3,03 mm/m² u rujnu 2002. godine. Godišnje vrijednosti površinskog otjecanja oborina na ovoj plohi iznosile su: 4,71 mm/m² u 2002. godini, 2,08 mm/m² u 2003., 4,40 mm/m² u 2004. i 3,41 mm/m² u 2005. godini. Srednji koeficijent površinskog otjecanja oborina iznosio je 0,0042. Postotak površinskog otjecanja oborinske vode je nizak, intercepcija, isparavanje i infiltracija vode u tlo iznosi i do 99,6 %. Mjesečne vrijednosti gubitaka tla kreću od nule u ljetnim mjesecima, do maksimalno 9,50 g/m² u rujnu 2002. godine. Godišnje vrijednosti erozijskog nanosa na ovoj plohi iznosile su: 10,83 g/m² u 2002. godini, 0,016 g/m² u 2003., 0,123 g/m² u 2004., 0,246 g/m² u 2005. godini. Koeficijent površinskog otjecanja u erodibilnim danima kretao se od 0,0020 do maksimalno 0,1165. Sukcesija prirodne vegetacije prisutna je na opožarenoj površini, na njoj se obilno razvijaju travni pokrov, dok se alepski bor jako slabo obnavlja, javlja se samo u tragovima.

Uz travni pokrov razlog ovako malim gubicima tla su i geološke i pedološke karakteristike plohe, koja je postavljena na izrazito skeletnom koluviju, on je izrazito vodopropusan i djeluje kao "sito", pa su gubici zanemarivi, gotovo ih i nema. Uz ovakva obilježja tla i vegetacije na ovoj površini nisu izražena površinska otjecanja i erozija tla.

Ključne riječi: erozija tla, površinsko otjecanje, padaline, koluvij, krš, alepski bor, opožarena površina

¹ Mr. sc. Lukrecija Butorac, dr. sc. Vlado Topić,
Goran Jelić, dipl. ing. šum., Samostalni odjel za šumarstvo,
Institut za jadranske kulture i melioraciju krša – Split,
Put Duilova 11, HR – 21000 Split,
e-mail: Lukrecija.Butorac@krs.hr

UVOD – Introduction

Prvi put riječ “erozija” spominje se u *Plutarhovim* zapisima (cit. prema Kolbu, 1881. u Kisić, 2005) u kojima se upozorava na potrebu obustavljanja krčenja šumskih tala zbog povećanog površinskog otjecanja na tim površinama. Već tada je uočeno da je biljni pokrov najdjelotvorniji čimbenik u sprječavanju štetnog djelovanja erozijskih procesa. Stalni vegetacijski pokrov smanjuje površinsko otjecanje oborina i intenzitet erozije tla. To je razlog što u očuvanim šumskim ekosustavima praktički nema ubrzane (ekscesne) erozije. Javlja se samo normalna geološka erozija, pri kojoj je ispiranje i odnošenje tla i humusa iz njegova površinskog sloja u pravilu manje od tvorbe tla uvjetovane pedogenetskim procesima. Regresijski razvoj vegetacije prati ubrzana erozija tla i obrnuto, progresijski razvoj vegetacije prati samo “normalna” erozija koju nadvladava tvorba tla (Martinović, 1997).

Šumski ekosustavi na mediteranskom krškom području Hrvatske jako su degradirani, a s time je smanjena i njihova protuerozijska funkcija. Gotovo 60 % površine pokrivaju panjače, šikare, makije i goleti, dok visoke šume, uglavnom alepskog i crnog bora, zauzimaju samo 9,9 % obraslih šumskih površina. (Topić, 1994).

Požari su također na ovom području poprimili zabrinjavajuće razmjere i postali gotovo “prirodna pojava”. U eumediteranskom dijelu Dalmacije utvrđene su promjene u površinskom sloju tla koje se mogu ocijeniti kao jak stupanj degradacije tla, a mogu se pripisati utjecaju šumskih požara i eroziji tla. (Martinović i dr., 1978).

Ovom problemu se odavnina poklanja velika pozornost i od samog stanovništva, pogotovo njegovog priobalnog i otočnog dijela, gdje su uslijed nepovoljnih prirodnih karakteristika (fliš) izraženi oštri erozijski procesi. Da bi se sačuvalo tlo, podizane su uske terase na obradivim površinama, koje su odigrale značajnu ulogu u razvoju poljoprivrede ovog područja, a njihovim podizanjem spriječeno je odnošenje plodnog tla u more.

Posljednjih godina sve je više radova kod nas i u svijetu posvećenih proučavanju uloge vegetacije, posebno šume, na zaštitu tla od erozije (Elwell i dr., 1976., Morgan, 1986., Topić, 1987., 1988., 1994., 1995., 2003., Topić i dr., 1991., Trimble, 1988., Andreu i dr. 1997., Teixeira i Misra, 1997., Albadaleji i dr., 1998., Vacca i dr. 2000). Topić i dr. (2005., 2006.), Kamara (1986.), Pabat i dr. (1976) utvrdili su da su površinsko otjecanje vode i gubici tla, neznatni pod travnim pokrovom, dok su njihove najveće vrijednosti zabilježene na “golom” tlu. Autori iznose mišljenje da se odabirom odgovarajućeg vegetacijskog pokrova može utjecati na smanjenje površinskog otjecanja, a time i na smanjenje erozije tla, odnosno da se pomoću odgovarajućeg vegetacijskog pokrova može do određene mjere kontrolirati erozija tla.

U ovom radu prikazani su rezultati istraživanja erozije i površinskog otjecanja oborina na opožarenim površinama alepskog bora na koluviju, s pretežito detritusom kamenja.

MATERIJAL I METODA RADA – Material and methods

Složena priroda erozije od samog početka ima bitnog utjecaja na sve mjerne aktivnosti. Egzaktne podatke o eroziji tla mogu dati samo njena stvarna mjerenja. U tu je svrhu u sklopu Instituta za jadranske kulture i melioraciju krša u Splitu, u kolovozu 2002. god., u slivu rijeke Žrnovnice, u gospodarskoj jedinici Mosor-Perun, odjelu 32a, postavljen stacionarni šumski pokus. Pokusna ploha nalazi se na opožarenoj površini alepskog bora koju je požar zahvatio 11. kolovoza 2001. godine, na nadmorskoj visini od 83 m i nagibu od 30° (GPS kordinate: N 43° 31', E 16° 22').

Pokus je postavljen na području koje karakterizira sredozemna klima i prema Köppenovoj klasifikaciji, koristeći se podacima Seletkovića i Katušina (1992.), pripada Csa tipu klime. Osnovno obilježje te klime je ljetna suša s visokim temperaturama, dok su zime u prosjeku relativno blage, s mnogo kiše. Prema podacima meteorološke postaje Split-Marjan srednja godišnja temperatura zraka iznosi 15,9 °C, sa srednjom godišnjom količinom oborina od 826 mm. Godišnja količina oborina nije jednako raspoređena na sve mjesece, niti na godišnja doba. Na promatranom području, u hladni-

jem dijelu godine padne oko 63 % srednje godišnje količine oborina.

Pokusna ploha čini okosnicu istraživanja. Na njoj je tijekom 2002., 2003., 2004. i 2005. godine praćena progresija vegetacije nakon požara i njen utjecaj na zaštitu tla od erozije i površinsko otjecanje oborina. Mjerena je količina i intenzitet oborina, površinsko otjecanje oborinske vode te količina erozijskog nanosa, koja je temeljni pokazatelj djelovnja šumske vegetacije i vegetacije uopće. Na plohi je otvoren pedološki profil iz kojega su uzeti uzorci tla, koji su laboratorijski analizirani.

Pokusna ploha postavljena je paralelno s nagibom. Ima dimenzije 20 m x 5 m, spremnik za prikupljanje erozijskog nanosa i ograđena je limenom ogradom. Ograda je postavljena tako da pokusna ploha ne može primati vodu i/ili suspenziju tla sa strane ili nekontrolirano gubiti vodu, odnosno suspenziju tla.

Ploha je opremljena potrebnim mjernim instrumentima (kišomjer, ombrograf) s kojih su se svaki dan u 7 sati prikupljali podaci, a u erodibilnim danima mjerila se količina vode u spremnicima te uzimali uzorci koji su se u laboratoriju filtrirali, sušili i mjerila se njihova težina.

Količina erozijskog nanosa (t/ha/god, g/m²/dan) utvrđena je iz suspenzije tla koja se nalazila u spremniku. Uzorci su uzimani svaki erodibilni dan, na način da se suspenzija u spremniku dobro promiješa i uzme prosječni uzorak u količini od 1 litre. Proračun je vršen na temelju količine suhog tla, istaloženog iz uzetog uzorka suspenzije, na filter papiru.

Površinsko otjecanje utvrđeno je množenjem oborina koje su pale po metru kvadratnom, s reduciranom

površinom erozijske parcele i stavljen u odnos prema količini vode u bazenu, gdje se prikupljaju oborine.

Mjera povezanosti površinskog otjecanja i gubitka tla s karakteristikama oborina procijenjena je Pearsonovim koeficijentom korelacije (Sokal, 1995).

Za sve statističke analize razina značajnosti od 5 % smatrala se statistički značajnom. Sve statističke analize napravljene su koristeći statistički paket STATISTICA 7.1 (StatSoft, Inc., 2006.).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA – Results and discussion

Prije požara na pokusnoj plohi nalazila se kultura alepskog bora prosječne kvalitete i uzrasta te rijetkog i na više mjesta prekinutog sklopa. Starost sastojine bila je neujednačena i kretala se između 30 i 40 godina, ponegdje je bilo i mlađih stabala. Mjestimično se pojavljivao čempres. U sloju drveća bili su zastupljeni: *Pinus halepensis* Mill. i *Cupressus sempervirens* L., a u sloju grmlja: *Paliurus spina-cristi* L., *Spartium junceum* L., *Rosa sempervirens* L., *Olea europea* L., *Celtis australis* L., *Smilax aspera* L., *Asparagus acutifolius* L., *Rubus ulmi-*

folius Schott. (Program gospodarenja Gospodarskom jedinicom Mosor-Perun, razdoblje 2001. – 2010. Zagreb). Šuma na ovom području imala je ponajprije zaštitnu funkciju zbog obližnjeg kamenoloma i bujičnih nanosa.

Požar je površinu zahvatio 11. kolovoza 2001. godine.

Sanacija opečarene površine izvršena je 2002. godine, a obuhvatila je uklanjanje izgorjele drvene mase i uspostavljanje šumskog reda. Nikakvih dodatnih meliorativnih bioloških zahvata i aktivnosti nije bilo (slika 1). Kako je nakon požara razvijen gust travni pokrov, izostalo je prirodno pomlađivanje alepskog bora (slika 2).



Slika 1. Opečarena površina alepskog bora na predjelu Žrnovnice prije sanacije, 2002. g.

Figure 1 Burnt stand of Aleppo pine before sanation in 2002, Žrnovnica area

(Foto: V. Topić)



Slika 2. Opečarena površina alepskog bora na predjelu Žrnovnica nakon sanacije, 2003. g.

Figure 2 Burnt stand of Aleppo pine after sanation, Žrnovnica area 2003 year

(Foto: V. Topić)

Pokusna ploha u Žrnovnici nalazi se na karbonatnom koluviju s prevagom detritusnih stijena.

U neposrednoj blizini pokusne plohe otvoren je pedološki profil (slika 3) iz kojega su uzeti uzorci tla koji su analizirani u pedološkom laboratoriju Šumarskog instituta u Jastrebarskom.

Analitički podaci pokazuju da se pokusna ploha nalazi na karbonatnom koluviju s pretežitom detritusom kamenja (Vrbek 2002.). Tlo je neutralne do vrlo slabo alkalne reakcije, jako humozno, bogato dušikom te fi-

ziološki aktivnim kalijem i fosforom (tablica 1). Analiza mehaničkog sastava pokazuje da tlo pripada teksturnoj klasi lakih glina.

Vegetacijski sastav na istraživanom području nije se bitnije mijenjao više od tri godine koliko traju istraživanja (2002–2005), tek što je na početku istraživanja pokrovnost bila nešto manja. U sloju grmlja ona je 2003. i 2004. godine iznosila 5 %, a 2005. godine 10 %; u sloju prizemnog rašća pokrovnost je u 2003. god. bila 70 %, u 2004. god. 85 %, a u 2005. god. 90 %.

Od flornih elemenata u sloju grmlja nakon požara pridolazi: *Myrtus communis* L., *Pistacia lentiscus* L., *Paliurus spina-crisa* L., *Rosa sempervirens* L., *Smilax aspera* L., *Spartium junceum* L., *Cystus salviifolius* L., *Rubus dalmatinus* Tratt., u sloj prizemnog rašća *Sesleria autumnalis* Scop., *Asparagus acutifolius* L., *Solidago virgaurea* L., *Brachypodium ramosum* L., *Dorycnium hir-*



Slika 3. Pedološki profil na pokusnoj plohi Žrnovnica

Figure 3 Pedological profile in experimental plot Žrnovnica

(Foto: B. Vrбек)

Tablica 1. Mehanički sastav i neka kemijska svojstva tla na pokusnoj plohi Žrnovnica

Table 1 Mechanical structure and some chemical characteristic on experimental plot Žrnovnica

Kemijske analize										
lokacija	dubina	pH		CaCO ₃ (%)	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g	N (%)	Humus (%)	C (%)	C/N
		H ₂ O	n-KCl							
Žrnovnica	0-3	7,7	7,5	17,93	25,4	48,4	0,51	11,97	6,96	13,65
	8-35	7,8	7,3	31,59	4,0	11,7	0,11	2,00	1,16	10,55
Mehanički sastav										
lokacija	dubina	KP 2,0-0,2	SP 0,2-0,02	prah 0,02-0,002	glina >0,002	teksturna oznaka				
Žrnovnica	0-3	3,0	29,3	34,5	33,2	laka glina				
	8-35	7,3	28,1	32,3	32,3	laka glina				

sutum L., *Geranium purpureum* Vill., *Filipendula vulgaris* Moench, *Plantago lanceolata* L., *Inula verbascifolia* Willd., *Taraxacum officinale* Weber.

Tri godine nakon požara na ovom strmom i krševitom terenu razvila se relativno oskudna vegetacija. Alepski bor se vrlo rijetko pojavljuje nakon požara, dok je jesenska šašika gotovo u potpunosti osvojila opožarenu površinu.

Površinsko otjecanje i gubici tla na pokusnoj plohi

Tijekom istraživanog razdoblja (2002–2005. godine) na pokusnoj plohi registrirano je 265 kišnih dana, tijekom kojih je palo ukupno 3.244,1 mm oborina. Srednja godišnja količina oborina iznosila je 973,2 mm. Količina oborina manja od 10 mm s niskim i srednjim intenzitetom i kratkog trajanja zabilježena je u 80 % kišnih dana, dok one s količinom većom od 10,1 mm (20 % kišnih dana) predstavljaju 80 % ukupne količine. Najveća količina oborina koncentrirana je u jesenskim i zimskim mjesecima, osim 2005. godine kada je ljeto bilo izrazito kišovito.

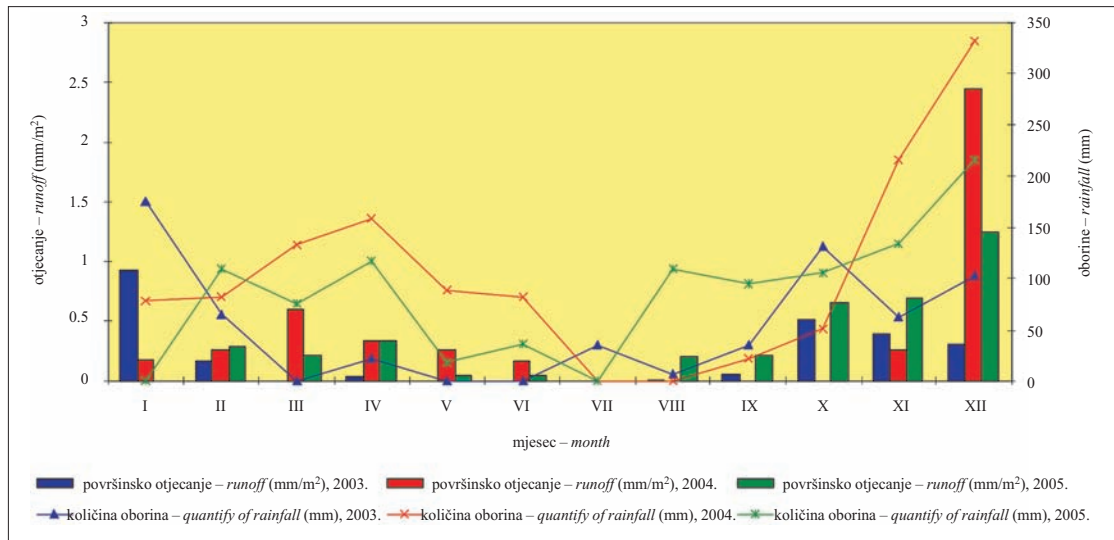
Površinsko otjecanje oborina i gubici tla zabilježeni su u 63 kišna dana, a uzrokovale su ga 24 oborine s nis-

kim, 20 s umjerenim, 9 s visokim i 2 s vrlo visokim intenzitetom. Podatke o intenzitetu oborina za 8 dana u kojima se javilo otjecanje nemamo, jer u samom početku praćenja na plohi nije bio postavljen ombrograf.

Površinsko otjecanje oborinske vode izazvale su oborine od 8,2 mm (visok intenzitet) do 133,7 mm (vrlo visok intenzitet). Oborine manje od 10 mm izazvale su površinsko otjecanje samo u 2 slučaja. U gotovo 50 % slučajeva količina površinskog otjecanja bila je jednaka ili manja od 0,1 mm/m². Na Grafikonu 1 prikazani su podaci o mjesečnim vrijednostima oborina i površinskog otjecanja za svaku godinu istraživanja, osim 2002. godine koja je prikazana u tablici 2.

Ploha je 2002. godine uspostavljena, ali bez mjernih instrumenata, pa nismo raspolagali s oborinskim podacima s plohe već smo koristili podatke meteorološke postaje Split-Marjan. To je razlog zbog kojega ćemo rezultate istraživanja iz 2002. godine u ovom radu prikazivati odvojeno od razdoblja 2003–2005.

Iz navedenih podataka vidljivo je da se mjesečne vrijednosti površinskog otjecanja u istraživanom razdoblju kreću od nule do maksimalno 3,03 mm/m² u rujnu 2002. godine.



Grafikon 1. Mjesečne vrijednosti oborina i površinskog otjecanja na pokusnoj plohi Žrnovnica (2003 – 2005.)
Graph 1 Monthly values of rainfall and surface runoff in experimental plot Žrnovnica (2003 – 2005.)

Tablica 2. Mjesečne vrijednosti oborina, površinskog otjecanja i gubitaka tla na pokusnoj plohi, 2002. godina
Table 2 Monthly values of rainfall, surface runoff and soil loss on experimental plot Žrnovnica (2002 year)

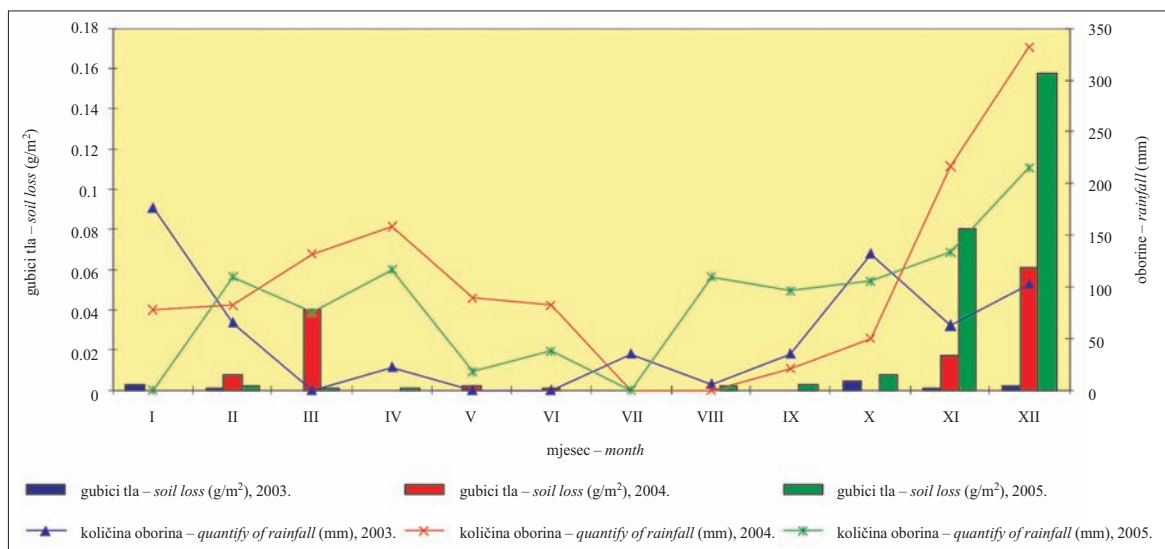
2002. godina Mjesec Month	Oborine Rainfall (mm)	Otjecanje Runoff mm/m ²	Gubici tla Soil loss g/m ²
Kolovoz August	14,1	0,35	0,425
Rujan September	150,6	3,03	9,500
Listopad October	46,1	0,52	0,626
Studeni November	41,6	0,61	0,265
Prosinac December	60,2	0,20	0,013
Σ	312,6	4,71	10,829

Ukupna količina površinskog otjecanja oborina za istraživano razdoblje (2002–2005.godine) na ovoj plohi iznosila je 14,6 mm/m²; (4,71 mm/m² u 2002. godini, 2,08 mm/m² u 2003., 4,40 mm/m² u 2004. i 3,41 mm/m² u 2005. godini). Srednji koeficijent površinskog otjecanja oborina iznosio je 0,0042.

Vidljivo je kako je nizak postotak površinskog otjecanja oborinske vode na opožarenoj površini na skeletnom koluviu i kako intercepcija, isparavanje i infiltracija vode u tlo iznosi i do 99,6 %

U tablici 2 i grafikonu 2 prikazani su podaci o mjesečnim vrijednostima oborina i gubitaka tla, iz kojih je vidljivo da se mjesečne vrijednosti gubitaka tla kreću od nule u ljetnim mjesecima, do maksimalno 0,095 t/ha u rujnu 2002. godine.

Ukupna količina erozijskog nanosa na istraživanom području, u razdoblju od 2002. do 2005. godine iznosila



Grafikon 2. Mjesečne vrijednosti oborina i gubitaka tla na pokusnoj plohi Žrnovnica (2003.-2005. god.)
Graph 2 Monthly values of rainfall and soil loss in experimental plot Žrnovnica (2003. – 2005.)

je 11,22 g/m² (10,83 g/m² u 2002. godini, 0,016 g/m² u 2003., 0,123 g/m² u 2004., 0,246 g/m² u 2005. godini).

Koeficijent površinskog otjecanja se u erodibilnim danima kretao od 0,0020 do maksimalno 0,1165.

Najveća količina površinskog otjecanja i gubitaka tla koncentrirana je u jesenskim i zimskim mjesecima,

što se poklapa sa sezonskim rasporedom oborinama na istraživanom području.

U tablici 3 prikazane su dnevne vrijednosti površinskog otjecanja oborina i gubici tla na pokusnoj plohi, iz koje je vidljivo da je najveća količina erozijskog nanosa iznosila 9,500 g/m² (0,095 t/ha). Prema podacima meteorološke postaje Split-Marjan, taj erozijski nanos

Tablica 3. Dnevne vrijednosti površinskog otjecanja oborina i gubici tla na pokusnoj plohi Žrnovnica, na opožarenoj površini alepskog bora (2002. – 2005. god.)

Table 3 Daily values of surface runoff and soil loss in experimental plot Žrnovnica, on burnt stand of Aleppo pine (2002. – 2005.)

Datum pojave erozije <i>Date of erosion occurrence</i>	Količina oborina <i>Quantity of rainfall mm/m²</i>	Trajanje oborina <i>Duration of rainfall h</i>	Intenzitet oborina <i>Intensity of rainfall mm/h</i>	Ocjena intenziteta	Opožarena površina alepskog bora <i>Burnt stand of Aleppo pine (nagib – inclination 30°)</i>	
					Otjecanje <i>Runoff (mm/m²)</i>	Gubici tla <i>Soil loss (g/m²)</i>
22.8.2002.	14,1				0,35	0,425
22.-24.9.2002.	150,6				3,03	9,5
11.10.2002	25,5	3,17	8,05	umjeren	0,35	0,494
12.10.2002	20,6	9,83	2,09	nizak	0,17	0,132
3.11.2002	20,4	3,83	5,32	umjeren	0,52	0,257
23.11.2002	21,2	4,58	1,82	umjeren	0,09	0,008
4.12.2002	19,7	10,83	1,82	umjeren	0,12	0,013
7.1.2003	27,6	8,00	3,5	nizak	0,09	0,001
9.1.2003	21,8	8,92	2,4	nizak	0,17	0,001
10.1.2003	25,3	5,00	5,1	visok	0,17	0,003
22.1.2003	32,3	6,50	5,0	umjeren	0,17	0,001
5.2.2003	65,7	15,50	4,2	visok	0,17	0,001
9.10.2003	29,9	2,50	12,0	visok	0,17	0,002
23.10.2003	47,4	-	-	-	0,21	0,004
28.11.2003	27,4	5,83	4,7	umjeren	0,17	0,001
1.12.2003	30,4	8,42	3,6	umjeren	0,14	0,002
24.2.2004	38,9	10,67	3,7	nizak	0,19	0,002
24.3.2004	81,5	22,00	3,7	nizak	0,43	0,028
13.4.2004	79,5	9,83	8,1	umjeren	0,21	0,009
19.4.2004	34,3	5,17	6,6	umjeren	0,12	0,001
8.6.2004	46,2	16,42	2,8	nizak	0,17	0,001
15.11.2004	128,0	7,67	16,7	visok	0,26	0,019
1.12.2004	73,5	9,08	8,1	umjeren	0,35	0,021
6.12.2004	81,7	8,50	9,6	umjeren	0,87	0,039
18.12.2004	84,6	12,83	6,6	umjeren	1,04	0,001
27.12.2004	58,1	9,58	6,1	umjeren	0,21	0,002
23.2.2005	78,6	9,58	8,2	umjeren	0,17	0,002
5.3.2005	46,2	20,42	2,3	nizak	0,17	0,001
10.4.2005	43,8	4,58	9,6	umjeren	0,14	0,001
22.4.2005	56,7	6,08	9,3	umjeren	0,17	0,001
23.8.2005	69,5	-	-	-	0,17	0,005
19.9.2005	51,4	4,83	10,6	visok	0,19	0,003
5.10.2005	83,4	3,92	21,3	vrlo visok	0,48	0,007
29.11.2005	133,7	4,17	32,1	vrlo visok	0,69	0,082
2.12.2005	49,4	8,83	5,6	umjeren	0,52	0,121
5.12.2005	29,2	5,67	5,2	umjeren	0,29	0,022
Σ	2711,2				13,14	11,214

izazvale su oborine od 150,6 mm, koje su trajale tri dana uzastopno (22., 23. i 24. rujna 2002. god.), a prouzročile su ga kiše od 42,0 mm, 68,6 mm i 40,0 mm. Koje su od ove tri kiše prouzročile jaču eroziju ne možemo utvrditi, jer je ploha bila tek uspostavljena ali bez mjernih instrumenata. To je razlog da sve tri kiše skupa uzimamo kao uzročnike ovog erozijskog nanosa koji iznosi 85,4 % ukupnog nanosa, za promatrano razdoblje od 3,3 godine.

Razlog za gubitke tla nalazimo u trenutnom stanju vegetacijskog pokriva. Na tlu, ostalom bez šumske vegetacije nakon požara, kiše koje su padale tijekom rujna zasitile su tlo i stvorile preduvjete za površinsko otjecanje i eroziju tla.

Na opožarenoj površini u drugoj i trećoj godini istraživanja, trećoj i četvrtoj nakon požara, površinska otjecanja

Tablica 4. Korelacijska matrica karakteristika oborina, površinskog otjecanja i gubitaka tla na pokusnoj plohi Žrnovnica (2003. – 2005. god.)

Table 4. Correlations coefficients of characteristics of rainfall, runoff and soil loss on experimental plot Žrnovnica (2003.– 2005.)

Variable	Correlations (2003–2005)				
	Količina oborina <i>Quantity of rainfall</i> (mm)	Trajanje oborina <i>Duration of rainfall</i> (h)	Intenzitet oborina <i>Intensity of rainfall</i> (mm/h)	Z – otjecanje <i>Z – runoff</i> (mm/m ²)	Z – gubici tla <i>Z – soil loss</i> (g/m ²)
Količina oborina – <i>Quantity of rainfall</i> (mm)	1.00	0.39	0.71	0.69	0.48
Trajanje oborina – <i>Duration of rainfall</i> (h)	0.39	1.00	-0.21	0.25	0.09
Intenzitet oborina – <i>Intensity of rainfall</i> (mm/h)	0.71	-0.21	1.00	0.49	0.44
Z – otjecanje – <i>Z – runoff</i> (mm/m ²)	0.69	0.25	0.49	1.00	0.59
Z – gubici tla – <i>Z – soil loss</i> (g/m ²)	0.48	0.09	0.44	0.59	1.00

Z – otjecanje = površinsko otjecanje oborina na pokusnoj plohi Žrnovnica

Z – runoff = surface runoff of rainfall on experimental plot Žrnovnica

Z – gubici tla = gubici tla na pokusnoj plohi Žrnovnica

Z – soil loss = soil loss on experimental plot Žrnovnica

logična povezanost. Površinsko otjecanje je u jakoj korelaciji s količinom oborina ($r = 0,69$), dok je s intenzitetom oborina korelaciji srednje jakosti ($r = 0,49$). Što je veća količina i intenzitet oborina, to će i otjecanje po površini biti veće.

Gubici tla pokazuju korelaciju srednje jakosti s količinom i intenzitetom oborina ($r = 0,48$ odnosno $r = 0,44$)

canja oborinske vode jako su mala, a gubitaka tla praktički nema, javljaju se u tragovima pri većim količinama oborina, jačeg intenziteta. Izuzetak su slučajevi kada oborine traju nekoliko dana i zasite tlo vodom, pa su i manje količine oborina dovoljne za produkciju nanosa i površinskog otjecanja. Razlog tomu je zasićenost tla vodom i prevlast preuzimaju procesi filtracije, pa je i relativno manja količina oborina većeg intenziteta dovoljna za produkciju nanosa.

Korelacijska matrica ovisnosti površinskog otjecanja i gubitaka tla o karakteristikama oborina na plohi Žrnovnica, na opožarenoj površini alepskog bora na koluviju, prikazana je za razdoblje od 2003. do 2005. godine, tablica 4.

Ukoliko se obrati pozornost na gubitke tla, površinsko otjecanje te količinu i intenzitet oborina, uočava se

i jaku korelaciju s površinskim otjecanjem ($r = 0,59$). Što je veća količina i intenzitet oborina te površinsko otjecanje, to će i gubici tla biti veći.

Na plohi nije utvrđena korelacija površinskog otjecanja oborinske vode i gubitaka tla s trajanjem oborina u razdoblju istraživanja od 3 godine.

ZAKLJUČCI – Conclusions

Tijekom istraživanog razdoblja na pokusnim plohamo registrirano je 265 kišnih dana, tijekom kojih je palo ukupno 3 244,1 mm oborina. Srednja godišnja količina oborina iznosila je 973,2 mm. Količina oborina manja od 10 mm s niskim srednjim intenzitetom i kratkog trajanja zabilježena je u 80 % kišnih dana, dok one s količinom većom od 10,1 mm (20 % kišnih dana) predstavljaju

80 % ukupne količine. Najveća količina oborina koncentrirana je u jesenskim i zimskim mjesecima, osim 2005. godine, kada je ljeto bilo izrazito kišovito.

Na opožarenoj površini alepskog bora (Žrnovnica), na koluviju s pretežito detritusom kamenja, na nagibu od 30°, oborine manje od 10 mm izazvale su površinsko otjecanje samo u 2 slučaja. U gotovo 50 % slučajeva ko-

ličina površinskog otjecanja bila je jednaka ili manja od 0,1 mm/m².

Gubici tla na istraživanim plohama pokazuju veliki varijabilitet po godinama. Godišnje vrijednosti gubitaka tla, kreću se od 0,016 g/m² u 2003. godini do 10,829 g/m² u 2002. godini, a koeficijent površinskog otjecanja se u erodibilnim danima kretao od 0,0020 do 0,1165.

Srednja godišnja količina gubitaka tla pokazuju male vrijednosti, iznosi svega 3,398 g/m² (0,03 t/ha), s prosječnom vrijednosti površinskog otjecanja od 4,42 mm/m².

Dnevne količine površinskog otjecanja i gubitaka tla na pokusnoj plohi Žrnovnica pokazuju da su na koluviju, s pretežito detritusom kamenja površinsko otjecanje i gubici tla izrazito mali, iako se radi o opožarenoj površini. U prvoj godini istraživanja, drugoj nakon požara, pokazivali su nešto veće vrijednosti, ali nisu prelazili erozijsku toleranciju. U drugoj i trećoj godini istraživanja, trećoj i četvrtoj nakon požara, površinska otjecanja oborinske vode jako su mala, a gubitaka tla praktički nema, javljaju se u tragovima pri većim količinama oborina jačeg intenziteta.

Površinsko otjecanje je u jakoj korelaciji s količinom oborina ($r = 0,69$), dok je s intenzitetom oborina u korelaciji srednje jakosti ($r = 0,49$). Što je veća količina i inten-

zitet oborina, to će i otjecanje po površini biti veće. Gubici tla pokazuju korelaciju srednje jakosti s količinom i intenzitetom oborina ($r = 0,48$ odnosno $r = 0,44$) i jaku korelaciju s površinskim otjecanjem ($r = 0,59$). Što je veća količina i intenzitet oborina te površinsko otjecanje, to će i gubici tla biti veći. Na plohi nije utvrđena korelacija površinskog otjecanja oborinske vode i gubitaka tla s trajanjem oborina u razdoblju istraživanja od 3 godine.

Sukcesija prirodne vegetacije prisutna je na opožarenoj površini, na kojoj se razvijaju travni pokrov, a alepski bor jako se slabo obnavlja, javlja se samo u tragovima. Upravo je travni pokrov koji se javlja već u prvoj godini nakon požara, te karakteristike tla na kojemu je ploha postavljena, razlog ovako malim vrijednostima površinskog otjecanja i gubitaka tla. Travni pokrov štiti tlo od udara kišnih kapi i svojim gustim korijenjem čuva ga od erozije. Uz travni pokrov razlog ovako malim gubicima tla su i geološke i pedološke karakteristike plohe koja je postavljena na izrazito skeletnom koluviju, koji je izrazito vodopropustan i djeluje kao "sito", pa su gubici zanemarivi, gotovo ih i nema. Uz ovakva obilježja tla i vegetacije na ovoj površini nisu izražena površinska otjecanja i erozija tla.

LITERATURA – References

- Albadalejo, J., M. Martínez - Mena, A. Rolandán, V. Castillo, 1998: Soil degradation and desertification induced by vegetation removal in semiarid environment, *Soil Use Manage.* 14, pp. 1–5.
- Andreu, V., J. L. Rubio, E. Gimeno - García, J. V. Llinares, 1998: Testing three Mediterranean shrub species in runoff reduction and sediment transport. *Soil and Tillage Research*, 45: 441–454.
- Elwell, H. A., M. A. Stocking, 1976: Vegetal cover to estimate soil erosion hazard in Rhodesia, *Geoderma* 15, pp. 61–70.
- Kamara, C. S., 1986: Mulch tillage effects on Soil loss and soil properting on ultisol in the humid tropic. *Soil and Tillage Research* 8: 131–134, Elsevier, Amsterdam.
- Kisić, I., F. Bašić, A. Butorac, M. Mesić, O. Nestroy, M. Sabolić, 2005: Erozijska tla vodom pri različitim načinima obrade: 1–95, Zagreb.
- Komlenović, N., P. Rastovski, B. Mayer, 1992: Suzbijanje erozije na flišu Istre uzgojem alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) i brnistre (*Spartium junceum* L.), *Radovi*, Vol. 27, br. 1, 5–14, Jastrebarsko.
- Martinović, J., N. Komlenović, D. Jedlowski, 1978: Utjecaj požara vegetacije na tlo i ishranu šumskog drveća, *Šumarski list*, (4–5): 139–148, Zagreb.
- Martinović, J., 1997: Tloznanstvo u zaštiti okoliša: 1–287, Zagreb.
- Matić, S., 1986: Šumske kulture alepskog bora i njihova uloga u šumarstvu Mediterana. *Glas. šum. pokuse*, posebno izdanje 2: 125–145, Zagreb.
- Matić, S., I. Anić, M. Oršanić, 1997: Podizanje, njega i obnova šuma kao temeljni preduvjeti ekološkog, društvenog i gospodarskog napretka Mediterana. *Šumarski list* br. 9–10, 463–472, Zagreb.
- Morgan, R.P.C., 1986: *Soil Erosion and Conservation*, Longman Scientific and Technical, Essex.
- Pabat, I. A., N. F. Benedičuk, V. M. Krut, 1976: Poverhnostni tok vodi in smiv počni na sklonah v završnosti ot vazdeljvaeno kultur. *Počvevodanie* vol. 2: 107–114.
- Petraš, J., F. Bašić, 1993: Metode istraživanja erozije tla vodom i zaštita voda. *Hrvatske vode*, 99–105, Zagreb.
- Prpić, B., P. Jurjević, H. Jakovac, 2005: Procjena vrijednosti protuerozijske, hidrološke i vodozaštitne uloge šume. *Međunarodni znanstveni skup: Protuerozijska i vodozaštitna uloga šume i postupci njezina očuvanja i unapređenja*. *Šumarski list*, posebno izdanje, 186–194, Zagreb.

- Seletković, Z., Z. Katušin, 1992: Klima Hrvatske. U: Đ. Rauš (ur.), Šume u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Zagreb i Hrvatske šume, p.o. Zagreb, 13–18, Zagreb.
- Sokal, R.R., F. J. Rohlf, 1995: Biometry. Freeman and Company. New York.
- Teixeira, P. C., R. P. Misra, 1997: Erosion and sediment characteristics of cultivated forest soil as effected by the mechanical stability of aggregates, *Catena* 30, pp. 119–134.
- Topić, V., 1987: Erozijska u slivu bujice Suvave, *Erozijska 15*: 120–127, Beograd.
- Topić, V., I. Leko, 1987: Erozijska i bujice na krškom području Dalmacije. Prvo jugoslavensko savjetovanje o eroziji i uređenju bujica, 29–38, Beograd.
- Topić, V., 1988: Zaštita tla od erozije na mediteranskom području Hrvatske, rukopis, Split.
- Topić, V., R. Kadović, 1991: Flowing away and erosion damage in the basin of Suvava independence with the way of the utilisation of soil. 10-th World Forestry Congress, Paris.
- Topić, V., 1994: Ekološka obilježja mediteranskog područja Republike Hrvatske. 100-ta obljetnica znanstvenoistraživačkog rada poljodjelsko prehrambenog sustava i šumarstva mediterana Republike Hrvatske, Split.
- Topić, V., 1995: Utjecaj šumske vegetacije na suzbijanje erozije u bujičnim slivovima mediteranskog područja Hrvatske, *Šumarski list*, 9–10: 299–304, Zagreb.
- Topić, V., 2003: Šumska vegetacija na kršu kao značajan čimbenik zaštite tla od erozije. *Šumarski list*, posebni broj: 51–64, Zagreb.
- Topić, V., L. Butorac, 2005: Utjecaj šikare bijelog graba (*Carpinus orientalis* Mill.) na zaštitu tla od erozije u Hrvatskoj. Međunarodni znanstveni skup: Protuerozijska i vodozaštitna uloga šume i postupci njezina očuvanja i unapređenja. *Šumarski list*, posebno izdanje, 40–50, Zagreb.
- Topić, V., L. Butorac, 2006: Protuerozijska i hidrološka uloga šumskih ekosustava na kršu. Zbornik radova – akademik Josip Roglić i njegovo djelo, 193–213, Zagreb.
- Topić, V., L. Butorac, 2006: Uloga i značaj šumske vegetacije u zaštiti tla od erozije. Uloga tla u okolišu: Kisić, I. (ur.). Šibenik.
- Topić, V., L. Butorac, G. Jelić, 2006: Površinsko otjecanje padalina i erozijska tla u šumskim ekosustavima alepskog bora. Radovi – Šumarski institut Jastrebarsko. Izvanredno izdanje 9, 127–137, Jastrebarsko.
- Topić, V., I. Anić, L. Butorac, 2008: Effects of stands of black pine (*Pinus nigra* Arn.) and aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) on the protection of soil from erosion. *Ekologia*. Bratislava vol. 27, No. 3, p. 287–299.
- Trimble, S. W., 1988: The impact of organisms on overall erosion rates within catchment in temperature regions. In: H.A. Viles, Editor, *Biogeomorphology*, Blackwell, Oxford, pp. 83–142.
- Vacca, A., S. Loddo, G. Ollesch, R. Puddu, G. Serra, D. Tomasi, A. Aru, 2000: Measurement of runoff and soil erosion in three areas under different land use in Sardinia (Italy). *Catena*, Vol. 40: 69–92.
- Vrbek, B., 2002: Pedološka karakterizacija tala na pokusnim plohama (Rupotine, Žrnovnica, Kučine), rukopis, Zagreb.
- *** Program gospodarenja Gospodarskom jedinicom Mosor-Perun (2001–2010.) Zagreb.
- <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>. StatSoft, Inc. (2006). Electronic Statistics Textbook Tulsa, OK: StatSoft. WEB.(ElectronicVersion).

SUMMARY: Severe degradation of forest ecosystems in the Mediterranean karst area is largely responsible for their lessened anti-erosion function. Almost 60% of the area is covered with coppices, scrub, maquis and bare land, while high forests of mostly Aleppo and black pine account for only 9.9 % of the forested area (Topić, 1994). In addition, fires in this area are generally of alarming proportions, making it possible to attribute soil erosion, to a certain extent, to the impact of forest fires.

This paper presents the results of research into erosion and surface runoff in the Aleppo pine area burnt in a fire on 11 August 2001. Post-fire vegetation progression was monitored and so was its impact on soil protection from erosion and surface runoff.

Research was conducted in the Žrnovnica river in a wider area of the town of Split. This is the eu-Mediterranean phytogeographic region characterized by the Mediterranean climate with distinct oscillations of monthly temperatures and precipitation. Mean annual air temperature is 15.9 °C and mean monthly precipitation is 826 mm. Annual precipitation is not uniformly distributed across all the months and

seasons. The cold part of the year is responsible for 63 % of the mean annual precipitation quantity.

A stationary forest experiment, set up in August 2002, involved a burnt area of Aleppo pine growing on colluvial soil with predominant stone detritus at an altitude of 83 m and slope of 30° (GPS coordinates: N 43° 31', E 16° 22'). Research encompassed a period spanning from August 2002 to the end of December 2005.

Research was centered round a 20 m x 5 m experimental plot set up parallel with the slope. The plot was furnished with an erosion collection tank and fenced off with a tin fence. The positioning of the fence prevented the reception of lateral water and/or soil suspension, as well as uncontrolled water or soil suspension loss. Precipitation quantity, precipitation intensity and surface runoff were measured in the plot, and so was the quantity of erosion sediment as the basic indicator of the effect of forest vegetation and vegetation in general. A pedological profile opened in the plot provided soil samples that were analyzed in the laboratory.

The measure of the association between surface runoff, soil loss and precipitation characteristics was estimated with Pearson's correlation coefficient (Sokal, 1995). A significance level of 5 % was considered statistically significant for all statistical analyses. All statistical analyses were made using the STATISTICA 7.1 software (StatSoft, Inc. (2006)).

During the study period (2002 – 2005) there were 265 rainy days with total precipitation of 3,244.1 mm. Mean annual precipitation reached 973.2 mm. Surface runoff and soil losses were recorded in 63 rainy days. They were caused by 24 low-intensity precipitation events, 20 moderate intensity events, 9 high intensity events and 2 very high intensity precipitation events. No data on precipitation intensity for 8 days with runoff are available because there was no ombrograph in the plot at the very beginning of monitoring.

Surface runoff was caused by precipitation between 8.2 mm (high intensity) and 133.7 mm (very high intensity). Precipitation less than 10 mm caused surface runoff in only two cases. In almost 50 % of the cases the quantity of surface runoff was equal to or less than 0.1 mm/m².

Total surface runoff in this plot for the study period (2002–2005) was 14.6 mm/m²; (4.71 mm/m² in 2002, 2.08 mm/m² in 2003, 4.40 mm/m² in 2004 and 3.41 mm/m² in 2005). Monthly values of surface runoff ranged from zero to maximal 3.03 mm/m² in September 2002. The mean surface runoff coefficient was 0.0042. It is evident that the surface runoff percentage in the burnt area on skeletal colluvial soil was low and that interception, evaporation and infiltration of water in the soil reached as much as 99.6 %.

The total erosion sediment quantity in the study area in the period 2002 to 2005 was 11.22 g/m²; (10.83 g/m² in 2002, 0.016 g/m² in 2003, 0.123 g/m² in 2004, and 0.246 g/m² in 2005). Monthly soil loss values ranged from zero in summer months to maximal 9.50 g/m² in September 2002. The surface runoff coefficient ranged from 0.0020 to maximal 0.1165 in erodible days. The highest surface runoff and soil loss was concentrated in autumn and winter months, which coincides with the seasonal distribution of precipitation in the study area.

The burnt area is covered with natural grass vegetation. In contrast, Aleppo pine regenerates poorly and occurs only in traces. It is the grass cover, occurring as early as the first year after the fire, and the features of the soil in which the plot was set up that are responsible for such low surface runoff and soil loss values. The grass cover protects the soil from raindrops hitting the ground, while its dense roots guard it against erosion. Such low soil losses can also be attributed to the geological and pedological characteristics of the plot, which was set up in distinctly skeletal colluvial soil that is exceptionally water permeable and acts as a "sieve", thus making the losses negligible or almost non-existent. Surface runoff and soil erosion in such soil and vegetation are not distinct.

Key words: soil erosion, surface runoff, precipitation, colluvial soil, karst, Aleppo pine, burnt area