

Šumski snegozaštitni pojasevi za zaštitu puteva: studija slučaja prevoj Čestobrodica

Mladen Marković^a, Sara Lukić^a, Aleksandar Baumgertel^a, Marko Maslaković^a

^a Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Kneza Višeslava 1, 11030 Beograd, Srbija

PODACI O RADU

DOI: 10.31075/PIS.65.04.03
Stručni rad
Primljen: 05/10/2019
Prihvaćen: 10/12/2019
Koresponding autor:
mladenmarkovic88@gmail.com

Ključne reči:

Šumski snegozaštitni pojasevi
Snežni nanosi
Zaštita puta
Bezbednost saobraćaja

REZIME

Snežni smetovi izazvani udarima vetra smanjuju vidljivost na putu, čime je ugrožena bezbednost saobraćaja, povećava se vreme putovanja i troškovi održavanja puta. Na osnovu dosadašnjeg iskustva i istraživanja, dokazano je da su šumski snegozaštitni pojasevi ekonomična, ekološka i efikasna rešenja zaštite saobraćajnica od snežnih nanosa. Šumski snegozaštitni pojasevi svojim nadzemnim delom utiču na smanjenje brzine vetra, deluju kao mehanička prepreka za sneg i u njima se akumulira određena količina snega. U radu je prikazana primena i efikasnost šumskih snegozaštitnih pojaseva u kontroli snežnih nanosa na deonici puta Paraćin-Zaječar, lokalitet – prevoj Čestobrodica. Analiza uslova sredine koji predstavljaju glavni faktor ugroženosti snežnim nanosom i zavejavanjem, obuhvatila je određivanje pokazatelja mogućnosti zavejavanja: količine padavina u vidu snega (vodni ekvivalent snega - Swe), količine transportovanog snega (Q) i sposobnosti šumskog snegozaštitnog pojasa da spreči zavejavanja: kapacitet zadržavanja snega snegozaštitnim šumskim pojansom (Qc). Efikasnost šumskog snegozaštitnog pojasa je analizirana tokom desetogodišnjeg vremenskog perioda. Koristeći jednačinu za procenu dužine snežnog smeta sa zavetrinske strane šumskog snegozaštitnog pojasa, određena je promena dužine snežnog smeta tokom istraživanog vremenskog perioda i pocenjena je efikasnost pojasa u zaštiti puta od zavejavanja sa povećanjem starosti. Rezultati ovog rada predstavljaju doprinos mogućnosti primene šumskih snegozaštitnih pojaseva u rešavanju problematike zaštite saobraćajnica od snežnih nanosa i povećavanju bezbednosti saobraćaja u zimskom periodu.

1. UVOD

Zimski uslovi na putu karakterišu se pojavama koje ugrožavaju bezbednost saobraćaja, kao što su: magla, poledica, snežni nanosi i dr. Snežni smetovi izazvani udarima vetra smanjuju vidljivost na putu, uzrokuju saobraćajne nezgode, povećava se vreme putovanja i troškovi održavanja puta [1;2]. Velike količine snežnog nanosa u vidu snežnih smetova predstavljaju fizičke prepreke za kretanje motornih vozila i dovode do obustave saobraćaja. Pravovremena i dobra projektna rešenja mogu zaštititi ugrožene puteve od snežnih nanosa. Šumski snegozaštitni pojasevi su efikasna rešenja zaštite puteva od smetova [3;4] jer, između ostalog, smanjuju troškove održavanja puta u zimskim uslovima [5].

Šumski snegozaštitni pojasevi fizički presecaju pravac duvanja vetra, uzrokujući akumuliranje snega u pojasu i sa zavetrinske strane pojasa van saobraćajnice. Integriranje šumskih snegozaštitnih pojaseva kao bio-inženjerske mere sa tehnikama niskogradnje [6] predstavlja ekonomsku, ekološku i dugoročnu strategiju upravljanja oblastima ugoženim zavejavanjem [7]. Osim osnovne funkcije zaštite od smetova, zbog biološke komponente koju sadrže, povoljno utiču na životnu sredinu. Šumski pojasevi predstavljaju multifunkcionalne objekte, osim zaštite saobraćajnica, redukuju emisije CO₂ [8], smanjuju pojavu magle, popravljaju fizičko-mehaničke osobine zemljišta, smanjuju površinsko oticanje, pospešuju brže otapanje snega [9], unapređuju biodiverzitet. Dobro dimenzionisani, u skladu sa uslovima sredine, šumski snegozaštitni pojasevi mogu obezbediti višedecenijsku zaštitu od snežnih nanosa/smetova.

U radu su prikazane analize primene i efekata šumskih snegozaštitnih pojaseva (u daljem tekstu ŠSP) u uslovima na lokalitetu prevoj Čestobrodica. Istraživanje je sprovedeno sa ciljem pronalazjenja adekvatnog rešenja zaštite puta od snežnih smetova. Prikazani rezultati predstavljaju doprinos pronalaznju adekvatnih rešenja u zaštiti puteva od snežnih nanosa i mogućnosti primene ŠSP kao multifunkcionalnih objekata za kontrolu zavejavanja na putevima u Republici Srbiji.

2. MATERIJAL I METOD RADA

2.1. Područje istraživanja

Saobraćajnica Paraćin-Zaječar je glavni put koji povezuje centralni i istočni deo Republike Srbije i značajan je tranzitni put ka Republici Bugarskoj. U toku zime, zbog nepovoljnih vremenskih uslova (snega, leda, vetra i dr.), prevoj Čestobrodica predstavlja jednu od crnih tačaka za bezbednost saobraćaja. Godinama unazad, na ovom delu puta su česte zabrane saobraćaja zbog velikih količina snežnih nanosa. Prevoj je poznat kao nesavladiva prepreka za sve vrste drumskih vozila, a naročito za teretni saobraćaj. U takvim vremenskim uslovima otežano je odvijanje saobraćaja, upravljanje vozilom i ugrožena je bezbednost učesnika u saobraćaju. Prevoj Čestobrodica se nalazi u istočnom delu Srbije, na deonici državnog puta I B reda broj 36 Paraćin-Zaječar (koordinate N: 43° 50' 40.95'', E: 21° 40' 38.07''). Na osnovu dostupnih podataka [10], dužina ugroženog dela puta zavejavanjem iznosi 600 m.



Slika 1. Istraživano područje – prevoj Čestobrodica
Izvor: (Google Earth)

2.2. Uslovi sredine

Izvršeno je rekognosciranje i dodatna snimanja terena zbog razumevanja problematike i uslova sredine. Prema pedološkoj karti [11], na području istraživanja je kiselo smeđe zemljište. Vegetacija područja istraživanja je determinisana na terenu i formiran je herbarijum drvenastih i zeljastih vrsta. Na celom području istraživanja, prirodna vegetacija je veoma

oskudna, prevladuje nisko rastinje i žbunaste vrste sa obe strane puta (slika 2). Crni bor je široko rasprostranjen, dobro se razvija na osami ili u sastojini. Na osnovu karte potencijalne vegetacije [12] i rezultata terenskih istraživanja, vegetacija područja istraživanja pripada asocijaciji *Quercetum frainetto-cerris* - tipična šuma sladuna i cera. Na terenu su zabeležene vetroizvale i deformacije na stablima, koji su indikatori vetrova velikih jačina na području istraživanja. Prosečna brzina vetra za područje istraživanja, određena iz baze podataka Wind Atlas Balkan (<https://balkan.wind-index.com>) za period 1979-2010. godine, iznosi 5,33 m s-1. Vetar svojom energijom transportuje sneg i deluje na stvaranje i oblikovanje smetova. Podaci uslova sredine predstavljaju značajne informacije za projektovanje i izbor vrsta za ŠSP. Velike jačine vetra i oskudnost vegetacije na prevoju Čestobrodica su glavni faktori ugroženosti deonice Paraćin-Zaječar snežnim smetovima.

Analiza uslova sredine koji predstavljaju glavni faktor ugroženosti snežnim nanosom i zavejavanjem, obuhvatila je određivanje pokazatelja mogućnosti zavejavanja: količine padavina u vidu snega (vodni ekvivalent snega - Swe), količine transportovanog snega (Q) i sposobnosti ŠSP da spreči zavejavanja: kapacitet zadržavanja snega snegozaštitnim šumskim pojasom (Qc).



Slika 2. Oskudna vegetacija na širem području prevoja Čestobrodica
Izvor: (autor)

Vodeni ekvivalent snega, tj. količina vode koja je sadržana u snežnom pokrivaču, izražava se formulom [13]:

$$S_{we} = (-695,4 + 0,076 \cdot Elev + 17,108 \cdot Lat) \cdot (0,0254) \cdot (0,10) \quad (1)$$

Gde je: *Elev* – nadmorska visina ugrožene deonice puta, *Lat* – geografska širina ugrožene deonice

Godišnja količina transportovanog snega, tj. transportni kapacitet za područje proučavanja dobijena je sledećom formulom [13]:

$$Q = (1500) \cdot (0,2) \cdot (S_{we}) \cdot (1 - 0,14^{F/3000}) \quad (2)$$

Gde je: *Q* – godišnja količina transportovanog snega t m⁻¹, 0,2 – koeficijent realokacije za Srbiju, *F* – prenosno rastojanje snega

Kapacitet zadržavanja snega ŠSP zavisi od koeficijenta neproduvnosti (P) i visine pojasa (H) [5]:

$$Q_c = (3 + 4P + 44P^2 - 60P^3) \cdot H^{2,2} \quad (3)$$

Oblik i dužina snežnog smeta zasniva se na aerodinamici suspendovanih čestica snega, koje dolaze u kontakt sa ŠSP. Koristeći jednačinu za procenu dužine snežnog smeta [5] sa zavetrinske strane snegozaštitnog šumskog pojasa, određena je promena dužine snežnog smeta tokom istraživanog vremenskog perioda. Na osnovu analize promene dužine snežnog smeta, procenjena je efikasnost šumskog snegozaštitnog pojasa u zaštiti puta od zavejavanja sa povećanjem starosti.

$$L = \left\{ \frac{10,5 + 6,6 \left(\frac{Q}{Q_c} \right) + 17,2 \left(\frac{Q}{Q_c} \right)^2}{34,3} \right\} \cdot (12 + 49P + 7P^2 + 37P^3) \cdot (H) \quad (4)$$

Gde je: L – dužina snežnog smeta, Q – godišnja količina transportovanog snega, Q_c – kapacitet zadržavanja snega ŠSP, P – neproduvnost ŠSP, H – visina pojasa

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Faktori ugroženosti snežnim nanosom i zavejavanjem

Količina snega koju prenosi vetar zavisi od vodenog ekvivalenta snega (S_{we}) i prenosnog rastojanja snega (F). Vodeni ekvivalent u zimskom periodu za područje proučavanja iznosi 0,218 m. Prenosno rastojanje snega niz vetar, mereno od ivice postojeće šume do saobraćajnice je 196 m. Godišnja količina transportovanog snega za lokalitet Čestobrodica iznosi $Q=7,88 \text{ t m}^{-1}$. Prema tome, na ugroženoj deonici puta (prevoju Čestobrodica) potrebno je podići snegozaštitni šumski pojas koji treba da dostigne kapacitet zadržavanja snega veći ili jednak transportnom kapacitetu na proučavanom lokalitetu.

3.2. Projektovani ŠSP

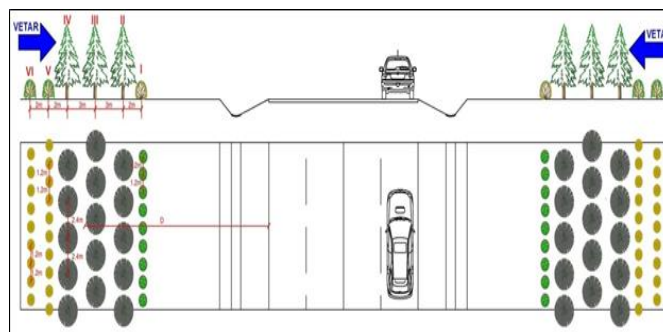
Dimenzije ŠSP su određene elementima pojasa koji utiču na njegov kapacitet zadržavanja snega (Q_c) i dužinu snežnog smeta (L). Funkcija mehaničke prepeke za sneg i vetar, predstavlja primarnu funkciju projektovanog ŠSP na proučavanom lokalitetu. Na proučavanom lokalitetu predviđeno je podizanje dva identična šumska snegozaštitna pojasa sastavljenog od 6 redova drveća i žbunja (slika 3). Predložene vrste drveća i žbunja, izabrane na osnovu bioloških karakteristika i ekoloških uslova na terenu, prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Predložene vrste drveća i žbunja za ŠSP

| Vrsta | Tip vegetacije | Red u ŠSP |
|--------------------------|----------------|-------------|
| <i>Rosa canina</i> | Žbunasta | I |
| <i>Pinus nigra</i> | Visoko drveće | II, III, IV |
| <i>Lonicera tatarica</i> | Žbunasta | V, VI |

Izvor: (autor)

Rosa canina i *Lonicera tatarica* pokazale su izuzetan uspeh u ŠSP [14], osim zaštite imaju i dekorativnu vrednost. Crni bor je izrazito prisutan na celom lokalitetu i adaptiran na uslove sredine na proučavanom području, podnosi ekstremne uslove suše, sneg i jake vetrove. Projektovani ŠSP je širine 14 m, dužine 635 m, sastavljen od tri reda žbunastih vrsta i tri reda visokog drveća. Visina pojasa je uslovljena razvojem i visinom izabranih vrsta. Pravilno je snegozaštitne pojaseve postavljati što upravnije na pravac duvanja dominantnog vetra [15], ali zbog nedostatka podataka pravca duvanja vetra za prevoj Čestobrodica, kao efikasno rešenje projektovana su dva identična ŠSP. Pojasevi se nalaze sa leve i desne strane deonice, postavljeni paralelno u odnosu na osovину puta. Zbog mogućnosti pojave „efekta zaobljenih krajeva“ snežnih smetova na krajevima pojasa [16], snegozaštitni pojasevi su produženi u odnosu na dužinu ugrožene deonice. Nakon podizanja ŠSP, veoma je bitno spovesti mere održavanja i negovanja biljaka [17]. Redovnim održavanjem ŠSP-a znatno brže se postižu projektovani parametri zaštite. Razvojni plan u cilju uspešne integracije elemenata ŠSP je podjednako važan kao i sama implementacija.



Slika 3. Poprečni presek i osnova predloženih snegozaštitnih pojaseva na prevoju Čestobrodica

Izvor: (autor)

3.3. Efikasnost ŠSP pri kontroli snežnih nanosa

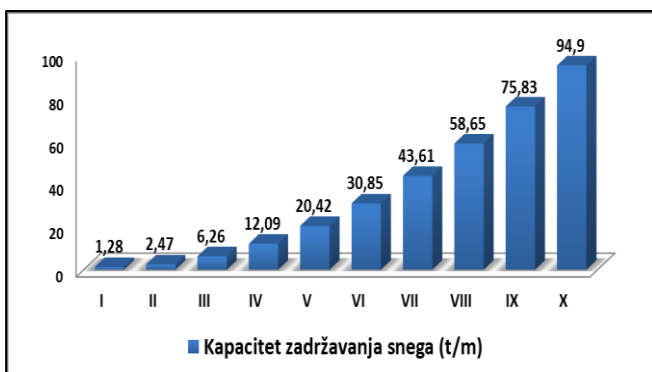
3.3.1. Kapacitet ŠSP za zadržavanje snega

Šumski snegozaštitni pojasevi su sastavljeni od živih komponenata razvijenih u vremenu i prostoru. Sa razvojem ŠSP povećava se visina i neproduvnost, koje su u direktnoj korelaciji sa kapacitetom zadržavanja snega. Prikazana analiza kapaciteta zadržavanja snega ŠSP za područje proučavanja za vremenski period od deset godina, urađena je usvajanjem sledećih postavki:

- 1) Pod pretpostavkom da će se za podizanje pojaseva koristiti mlađe sadnice koje su pokazale bolji uspeh i ekonomski su isplativije [5], usvaja se da:
 - (a) U prvoj godini početna visina pojasa je 30 cm.
 - (b) U prve dve godine visina pojasa se povećava za 15 cm, svake naredne godine visina pojasa se povećava za 30 cm.

- 2) Gustim rasporedom sadnje između redova i unutar njih, pojas veoma brzo postiže koeficijent neproduvnosti od 0,4 do 0,6. U prvoj godini koeficijent neproduvnosti ŠSP je 0,4.
- 3) Koeficijent neproduvnosti se povećava za 0,01 sa porastom visine pojasa na svakih 15 cm.

U prvim godinama ŠSP-a, glavnu ulogu u zaštiti od snežnih nanosa imaju žbunaste vrste koje se brzo razvijaju, prave gust sklop i postižu veći koeficijent neproduvnosti, u odnosu na drvenaste vrste. Faktor neproduvnosti se povećava sa razvojem vegetacije i rasporedom sadnje u ŠSP. Gusti redovi sa koeficijentom neproduvnosti $> 0,5$ akumuliraju sneg blizu pojasa na strani uz vetar [18]. U narednim godinama ulogu zaštite preuzimaju drvenaste vrste, koje povećavaju akumulaciju snega u pojasu i ublažavaju bočne udare vetra. Brzina vetra se smanjuje za 78% na udaljenosti od 5 puta visine pojasa [19]. Projektovani ŠSP u prvoj godini ima kapacitet zadržavanja snega od 0,55 do 1,28 t m⁻¹, u drugoj i trećoj godini kapacitet zadržavanja snega je od 1,36 do 6,26 t m⁻¹ (slika 4). U četvrtoj godini, pojas ispunjava uslov $Q_c=Q$, sa visinom od 0,99 m i koeficijentom neproduvnosti 0,44. U slučaju ekstremne količine padavina u vidu snega jednom u hiljadu zima, kada je godišnja količina transportovanog snega dva puta veća ($2Q$) [20], u petoj godini projektovani ŠSP postiže potpun efekat zaštite ($Q_c>2Q$). Analiza kapaciteta zadržavanja snega ŠSP-a je pokazala da se u prvih nekoliko godina nakon podizanja pojasa ne može očekivati potpun efekat zaštite. Svake naredne godine, sa razvojem ŠSP-a, može se očekivati veći kapacitet zadržavanja u odnosu na količinu transporta snega ($Q_c>Q$).

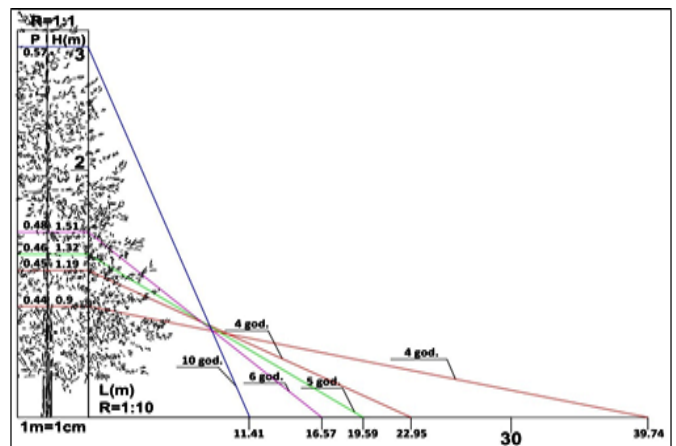


Slika 4. Promena kapaciteta zadržavanja snega tokom vremena sa porastom šumskog snegozaštitnog pojasa
Izvor: (autor)

3.3.2. Dužina snežnog smeta

Dužina snežnog smeta zavisi od odnosa količine transportovanog snega i kapaciteta ŠSP za zadržavanje snega. Efikasnost delovanja ŠSP predstavlja se promenama dužina snežnog nanosa sa zavetrinske strane pojasa.

Pojas treba postaviti što bliže zoni zaštite, ali dovoljno daleko da nanosi snega ne ugrožavaju zonu zaštite. ŠSP postavljen suviše blizu zone zaštite, može da pospeši akumulaciju snega [21] i ostvari suprotan efekat od planiranog. Dužinu snežnog smeta (L) i udaljenost (D) od zone zaštite (puta) moramo pažljivo analizirati pre podizanja ŠSP-a. Analizom dužine snežnog smeta, prikazane su promene dužine smeta u zavetrinskoj strani projektovanog ŠSP-a, od četvrte godine do desete godine (slika 5). U četvrtoj godini pojas ispunjava uslov zaštite ($Q_c=Q$), dužina smeta se kreće od 39,74 m do 22,95 m. Visinom 1,32 m i koeficijentom neproduvnosti 0,46 (P) ŠSP-a, u petoj godini ŠSP postiže potpun efekat zaštite ($Q_c>2Q$), dužina smeta je 19,59 m. U vremenskom periodu od šeste do desete godine ŠSP-a, dužina snežnog nanosa je u rasponu od 16,57 m do 11,41 m. Poznavanjem dužine snežnog smeta, u svakom vremenskom periodu može se odrediti udaljenost pojasa od zone zaštite. Udaljenost projektovanog ŠSP od ivice puta do sredine pojasa iznosi $D=19,59\text{ m} \approx 19,6\text{ m}$. Najveće promene dužine snežnog smeta u zavetrinskoj strani pojasa su u prvih šest godina. Od šeste do desete godine veća količina snežnog nanosa se akumulira na strani ŠSP-a uz vetar. Veći kapacitet zadržavanja u odnosu na količinu transporta snega ($Q_c>Q$) skraćuje dužina snežnog smeta u zavetrinskoj strani pojasa, dok se akumulacija snega povećava na strani uz vetar.



Slika 5. Promena dužine snežnog smeta niz vetar sa promenom visine i neproduvnosti pojasa
Izvor: (autor)

Primena ŠSP-a, kao ekološkog rešenja zaštite od snežnog nanosa na području istraživanja, povoljna je sa aspekta unapređenja stanja životne sredine i prirodnog izgleda predela, nasuprot upotrebi snegobrana od veštačkih materijala koji imaju samo jednu funkciju. Dugovečnost ŠSP u odnosu na veštačke materijale je 2-3 puta veća [22]. Koliko je prirodni ambijent prevoja Čestobrodica bitan, govori i to da je upravljač puta predvideo ovo mesto za odmor i izletnike. Izbor ŠSP ne treba da bude alternativno rešenje na prevoju Čestobrodica, već jedino rešenje eliminisanja/ublažavanja uticaja snežnih nanosa na saobraćajnicu.

4. ZAKLJUČAK

Velike jačine vetra i oskudnost vegetacije na prevoju Čestobrodica glavni su faktori ugroženosti deonice Paraćin-Zaječar snežnim smetovima.

Na proučavanom lokalitetu predviđeno je podizanje dva identična šumska snegozaštitna pojasa sastavljenih od 6 redova drveća i žbunja. Desetogodišnja analiza šumskog snegozaštitnog pojasa, za konkretne uslove na proučavanom lokalitetu, pokazuje da sa povećanjem visine i neproduktivnosti pojasa, povećava se kapacitet zadržavanja snega i smanjuje se dužina snežnog smeta. U svakoj narednoj analiziranoj godini, sa razvojem šumskog snegozaštitnog pojasa povećava se efikasnost zaštite. Dužina snežnog smeta sa zavetrinske strane u četvrtoj godini se kreće od 39,74 m do 22,95 m, dok u desetoj godini dužina smeta se kreće od 16,57 m do 11,41 m. Projektovani šumski snegozaštitni pojas postiže potpun efekat zaštite deonice puta u petoj godini, sa visinom 1,32 m, neproduktivnosti 0,46 i dužinom smeta od 19,59 m sa zavetrinske strane pojasa.

Može se zaključiti da će projektovani šumski snegozaštitni pojas svojim multifuncionalnim efektima pružiti višedecenijsku i efikasnu kontrolu snežnih smetova na proučavanom lokalitet – prevoj Čestobrodica.

living snow fence in controlling snowdrifts on the road section Paraćin-Zaječar, locality – crest Čestobrodica. Analysis of environmental conditions, which are resented main endangering factor for snowdrifts, included the determination of indicators of possibility of snowdrifts: snowfall water equivalent (S_{we}), snow transport (Q) and ability of living snow fence to prevent snowdrifts: snow storage capacity of the fance (Q_c). Snow storage capacity for living snow fence is analyzed for ten year period. Using equation for estimation of length of snowdrifts on downwind side of fance, a change in length of snowdrifts during the analyzed period are determin, and the efficiency of living snow fence in protection of the road from snowdrifts with increasing age. The results of this study represent a contribution to using living snow fence in solving the problem of roads protection from snowdrifts and increasing traffic safety during winter conditions.

Key words: living snow fence, snowdrifts, roads protection, traffic safety

Living snow fences for protection of roads: case study crest Čestobrodica

Mladen Marković, M.Sc. F.E.

University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia,
mladenmarkovic88@gmail.com

Sara Lukić, Ph.D. F.E.

University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia,
sara.lukic@sfb.bg.ac.rs

Aleksandar Baumgertel, M.Sc. F.E.

University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia,
aleksandar.baumgertel@sfb.bg.ac.rs

Marko Maslaković, B.Sc. F.E.

University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia,
markomaslakovic984@gmail.com

Abstract: Snowdrifts caused by wind gusts reduce visibility on the road which endangers traffic safety, increases travel time and road maintenance costs. Based on previous experience and research it has been proven that living snow fence is an economical, ecological and efficient solution for protection of roads from snowdrifts. Living snow fences with their above-ground part, reduce the wind speed, act as a mechanical barrier for the snow and accumulate a certain amount of snow. This study presented use and efficiency of

LITERATURA

- [1] Glavic, D., Mladenovic, M. N., & Stevanovic, A. (2016). Policy Improvements for winter road maintenance in South-East Europe: case study of Serbia. *Public Works Management & Policy*, 21(2), 173-195.
- [2] Glavić, D., Milenković, M., Nikolić, M., & Mladenović, M. N. (2018). Determining the number and location of winter road maintenance depots—a case study of the district road network in Serbia. *Transportation planning and technology*, 41(2), 138-153.
- [3] Goodwin, L.C. (2003) *Best practices for road weather management*. Mitretek Systems Inc, Falls Church.
- [4] Lashmet, M. (2013) *Snow and ice control in New York State*. Presentation from Lake George Park Commission Forum, April, 2013. New York State Department of Transportation *snow with snow fences and road design*. National Cooperative Highway Research Program Project 20-7(147). Tabler and Associates, Niwot, CO.
- [5] Tabler, R.D. (2003). Controlling blowing and drifting snow with snow fences and road design. National Cooperative Highway Research Program Project 20-7(147). Tabler and Associates, Niwot, CO.
- [6] Stokes, A; Mickovski, S.B.; Thomas, B.R. (2004). *Eco-engineering for the long-term protection of unstable slopes in Europe: developing management strategies for use in legislation*. IX International Society of Landslides conference, 2004, Rio de Janeiro, Brazil.
- [7] Coppin, N.J.; Richards. I.J. (1990). *Use of Vegetation in Civil Engineering*. CIRIA, Butterworths, London.
- [8] Wyatt, G.; Zamora, Z.; Smith, D.; Schroder, S.; Paudel, D.; Knight, J.; Kilberg, D.; Taff, S. (2012). *Research and Assess the Farmer and MnDOT Economic and Environmental Costs and Benefits of Living Snow Fences, Including Carbon Impacts*. University of Minnesota; Minnesota Department of Transportation.
- [9] Velizar, V.; Miroљub, Đ.; (1998). *Uticaj šumskih ekosistema na životnu sredinu*. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.
- [10] Đurđević, V.; Filipović, D.; Milosavljević, G.A.; Sekulović, J.; Vulović, A.; Šenica, G.; Jevremović, S.R.; Dragović, N. (2016). *Studija istraživanja snežnih nanosa na državnim putevima I reda*. Prilozi-Evidencija snežnih nanosa na putevima od strane angažovanih PZP, Institut za puteve a.d., Beograd.
- [11] Nejgebauer, V.; Ćirić, M.; Živković, M. (1961). *Pedološka karta Jugoslavije R 1:1.000.00*. posebne publikacije, Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, Beograd.
- [12] Lakušić, D.; Blažević, J.; Randelović, V.; (2005). *Staništa Srbije – priručnik sa opisima i osnovnim podacima*. Institut za Botaniku i Botanička Bašta „Jevremovac” Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- [13] Tabler, R.D. (2000). *Climatological analysis for snow mitigation in New York State*. Tabler and Associates, Niwot, CO.
- [14] Velašević, V. (1967). *Prilog proučavanju optimalnih konstrukcija šumskih snegobranih pojaseva*. magistarski rad, Šumarski fakultet u Beogradu.
- [15] Tabler, R. D. (1991). *Snow fence guide*. Strategic highway research program, National research council, Washington.
- [16] Tabler, R. D. (1973). *New engineering criteria for snow fence systems*. Transpostations research record 506, Washington, 65-68 p.
- [17] Tamang, B.; Andreu, M.G.; Friedman, M.H.; Rockwood, D.L. (2009). *Management of field windbreaks*. University of Florida.
- [18] Shaw, D.L. (1988). *The design and use of living snowfences in North America*. *Agr Ecosyst Environ* 22/23: 351-362.
- [19] Brandle, J.R.; Hodges, L.; Zhou, X.H. 2004. *Windbreaks in North American Agricultural Systems*. Published in *Agroforestry Systems*, 61: 65-78.
- [20] Tabler, R.D. (1994). *Design guidelines for the control of blowing and drifting snow*. Strategic highway research program, National research council, Washington, 243 p.
- [21] Sundstrom, G. (2015). *Assessment and placement of living snow fences to reduce highway maintenance costs and improve safety (living snow fences)*, study no: 047-10 report no. cdot-2015-01, Colorado Department of Transportation – Research.
- [22] Shaw, D.L. (1991). *Living Snow Fences: Protection That Just Keeps Growing*. Fort Collins, Co: Colorado State University.