

GDK 383.1

Prispelo / Received: 18. 11. 1999  
Sprejeto / Accepted: 20.12. 1999

Izvorni znanstveni članek  
Original scientific paper

## SPREMEMBE OBLIKE CESTIŠČA PRI RAZLIČNIH NAČINIH INVESTICIJSKEGA VZDRŽEVANJA GOZDNE CESTE

Robert ROBEK\*, Igor POTOČNIK\*\*, Darij KRAJČIČ\*\*\*

### Izvleček

Optimizacija vzdrževanja omrežja gozdnih cest narekuje oblikovanje mreže modelnih odsekov, na katerih je mogoče spremljati vlaganja in vrednotiti dolgoročne učinke opravljenih del. Na štirih modelnih odsekih gozdne ceste smo proučevali kratkoročne spremembe oblike prečnih profilov cestišča pri investicijskem vzdrževanju z minimalnim in optimalnim nasutjem posipnega materiala avtohtonega izvora ter dveh načinov utrditve materiala: dvakratnem prehodu valjarja in utrjevanje z vožnjo kamionov. Na podlagi numerične obdelave meritev prečnih profilov smo ugotovili značilno znižanje indeksa prečne neravnosti (IPN) pri tanko nasutih profilih in neznačilno povečanje IPN po simulaciji rabe na nevaljanih profilih. Povprečni prečni naklon vozišča, povprečna širina cestišča in povprečna globina jarka se niso značilno spremenili. Spremembe širine naprav za odvodnjavanje so v večini primerov nastale na račun zožitve vozišča, pri vseh načinih pa se je povečala relativna globina. Dolgoročne učinke proučevanih načinov vzdrževanja bo potrebno analizirati s ponovnimi meritvami in preveriti na primerljivih odsekih v različnih geoklimatskih razmerah, kar zahteva resno obravnavo koncepta modelnih odsekov.

Ključne besede: gozdna cesta, vzdrževanje cestišča, valjanje, indeks prečne neravnosti, modelni odsek

## THE ALTERATIONS OF ROADWAY SHAPE AFTER DIFFERENT MODES OF PERIODIC MAINTENANCE OF FOREST ROAD

### Abstract

Optimisation of the forest road network maintenance calls for a network of the model road sections where the inputs and long term effects of implemented measures can be monitored and evaluated. On four model sections of the forest road we investigated the short-term alterations of the roadway shape after periodic maintenance with minimal and optimal addition of autochthon gravel and the two methods of pavement: two passes of a roller and paving with truck traffic. On the basis of the numerical analysis of roadway cross-section data significant decrease of the transverse roughness index (TRI) for thin gravelled profiles and insignificant increase of TRI on unrolled profiles after road use were found. The average carriageway transverse gradient, the average roadway width and the average ditch depth have not significantly changed after applied maintenance modes. The width of longitudinal road drainage installations was in most cases altered at the expense of carriageway width, its depth increased in all applied modes. Long term effects of the implemented modes should be monitored and verified on similar model sections in various geological and climatic conditions, which requires serious consideration of the forest road model section network concept.

Key words: forest road, roadway maintenance, rolling, transverse roughness index, model sections

\* mag., univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, 1000 Ljubljana, Večna pot 2, SVN

\*\* doc. dr., univ. dipl. inž. gozd., BF – odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 1000 Ljubljana, Večna pot 83, SVN

\*\*\* asist. mag., univ. dipl. inž. gozd., BF – odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 1000 Ljubljana, Večna pot 83, SVN

**VSEBINA**  
**CONTENTS**

<b>1</b>	<b>UVOD IN CILJI</b>	
	INTRODUCTION AND OBJECTIVES .....	155
<b>2</b>	<b>DELOVNE METODE</b>	
	WORKING METHODS .....	157
<b>3</b>	<b>REZULTATI</b>	
	RESULTS .....	161
<b>4</b>	<b>RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI</b>	
	DISCUSSION AND CONCLUSIONS .....	169
<b>5</b>	<b>POVZETEK</b> .....	171
<b>6</b>	<b>SUMMARY</b> .....	172
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	
	REFERENCES .....	174
<b>8</b>	<b>ZAHVALA</b>	
	ACKNOWLEDGEMENTS .....	175

## **1 UVOD IN CILJI**

### **INTRODUCTION AND OBJECTIVES**

Osnovno odprtost gozdnega prostora v Sloveniji zagotavljamo z izgradnjo omrežja gozdnih cest in njegovim vzdrževanjem. Letni plan vzdrževanja gozdnih cest izdela Zavod za gozdove Slovenije, izbor izvajalca del pa opravi lokalna skupnost. Z naraščanjem količine zgrajenih cest se težišče vlaganj v infrastrukturo prenaša na področje vzdrževanja. V gozdarstvu razpoložljiva sredstva praviloma ne zadostujejo za optimalno izvedbo vseh vzdrževalnih del, zato se v fazi planiranja zastavlja vprašanje, ali sredstva usmeriti le v nekaj objektov, kjer izbrane odseke cest vzdržujemo optimalno, ali pa jih razporediti na celotno občino s površno izvedenimi vzdrževalnimi deli. To je vprašanje optimalne strategije vzdrževanja omrežja cest, ki je še posebej pomembno pri prometnicah z nižjimi gradbeno-tehničnimi standardi (KOSZTKA 1996). Ko je odločitev, kaj in kdaj bomo vzdrževali, za nami, se v fazi izbire izvajalca del poleg zakonsko določenih kriterijev odpre vprašanje optimalnosti tehnologije in kakovostne izvedbe del, saj le pravočasno in dobro opravljeno vzdrževanje omogoča prihranke v daljšem časovnem obdobju.

Odgovori na zastavljena vprašanja se oblikujejo v procesu odločanja pri optimizaciji ohranjanja cestnega omrežja. Ohranitev cest je pojem s področja gospodarjenja z javnimi cestami in zajema redno letno in investicijsko vzdrževanje cestišč, objektov in spremljajočih naprav, nadzor stanja prometnic ter zagotavljanje varnosti prometa in primernosti za okolje (Terminološki slovar za cestogradnjo 1994, Pravilnik o obnavljanju in rednem vzdrževanju in varstvu cest 1988). Pomembna značilnost ohranjanja javnih cest je tesna in neposredna povezanost med analizo stanja cest, tehnologijo izvedbe del in optimizacijo vlaganj v vzdrževanje (VODOPIVEC 1996), ki jo zagotavljajo ustrezni informacijski sistemi in orodja za podporo odločanju. Na omrežju javnih cest se v ta namen uporablja t.i. sisteme gospodarjenja z vozišči (PMS-Pavement Management Systems) (ŽMAVC 1999), ki povezujejo postopke spremljanja in vrednotenje stanja cestnega omrežja s postopki optimiranja dinamike in prioritete vlaganj.

Uporaba tovrstnih sistemov v gozdarstvu ni neznana (DOUGLAS / Mc CORMACK / WINTER 1999), vendar pa v neprilagojeni obliki ne daje primerne razmerja med vloženim delom in pričakovanimi rezultati pri optimizaciji vzdrževanja gozdnih cest. Zaradi kompleksnosti problematike in relativno velikih sredstev za vzdrževanje gozdnih cest uporaba

prilagojenih sistemov gospodarjenja z vozišči narašča tudi v gozdarstvu. Prevladujejo prilagoditve na področju spremljave stanja, kjer uvajajo poenostavljene metode ocenjevanja stanja javnih cest (DOUGLAS / Mc CORMACK / WINTER 1999, SCHMUCK 1987) ali pa uporabljajo modele za napovedovanje dinamike in vrste posegov v tipičnih razmerah ter tako zmanjšujejo intenziteto spremljanja stanja cest (KELLER 1991, KOSZTKA 1996).

V Sloveniji bi eno od pomembnih podlag za oblikovanje modelov vzdrževanja gozdnih cest in za optimiranje vlaganj pri vzdrževanju omrežja gozdnih cest lahko predstavljala tudi mreža stalnih – modelnih odsekov gozdnih cest v prostorsko najbolj pogostih geoklimatskih območjih (ROBEK 1997). Na modelnih odsekih bi usmerjali in dokumentirali vsa vzdrževalna dela ter spremljali posledice skozi daljše obdobje. Racionalno oblikovana mreža bi bila dopolnitev in poglobitev informacijskega sistema o gozdnih cestah v Sloveniji, njeno vlogo pa lahko primerjamo s pomenom, ki ga predstavlja mreža stalnih vzorčnih ploskev. Pogoj za oblikovanje mreže modelnih odsekov cest je razvoj racionalnih in objektivnih metod proučevanja stanja gozdnih cest.

Med metodami sistematičnega proučevanja stanja makadamskih cest prevladujejo ocene poškodb vozne površine. Redkeje merijo geometrijske značilnosti vozišč (vzdolžna in prečna ravnost), meritev deformabilnosti in defleksij vozišč (TEHNIČAR 1987) pa se v okviru rednega gospodarjenja z makadamskimi vozišči praviloma ne izvaja. V svetu (DOUGLAS / Mc CORMACK / WINTER 1999, DESCORNET 1998) in pri nas (LEBEN et al. 1996, LEBEN et al. 1999, ROBEK 1996) narašča zanimanje za uporabo meritev ravnosti vozniških površin, saj se večina poškodb na cestah pokaže v neravnosti vozišča, cestišča ali pa v spremembah oblike prečnega profila ceste. Meritve je mogoče z uporabo sodobnih tehnologij avtomatizirati ter tako pridobiti velike količine podatkov v relativno kratkem času. Pri obdelavi podatkov so izračunana sumarna relativna števila (indeksi) osnova za temporalne primerjave na analiziranih odsekih, za objektivno primerjavo odsekov v omrežju ali vrednotenje učinkovitosti tehnoloških postopkov.

V prispevku predstavljamo uporabnost meritev prečnih profilov za primerjavo učinkovitosti različnih tehnik vzdrževanja gozdnih cest ter opozarjamo na pomen modelnih odsekov za sistematično delo pri optimiranju vzdrževanja gozdnih cest. Učinke različnih tehnik vzdrževanja gozdne ceste smo proučevali na primeru ene ceste, zato ima raziskava značaj in omejitve študije primera, v kateri nas je zanimal kratkoročni učinek izbranih in pri nas uveljavljenih tehnik investicijskega vzdrževanja vozišča gozdne ceste.

## **2 DELOVNE METODE** **WORKING METHODS**

### **2.1 TEHNOLOGIJA VZDRŽEVANJA GOZDNIH CEST** **FOREST ROAD MAINTENANCE TECHNOLOGIES**

Poškodovanost makadamskih cestišč je odvisna od naravnih danosti (relief, geološka podlaga, klima), konstrukcijskih značilnosti (prečni in podolžni naklon, utrditev, odvodnjavanje), rabe ceste (frekvenca, prometna obtežba, sezona) in tehnologije vzdrževanja (vrsta, pogostost in kakovost del) (KUONEN 1983). Poškodbe so prostorsko neenakomerno razporejene, večina izmed njih pa se zrcali v spremembah oblike prečnega profila vozišča oziroma cestišča. Neprimerno načrtovanje vzdrževalnih del, neustrezna kakovost izvedenih del ali celo neizvedba potrebnih del povzročajo na posamezni cesti (ali celotnem omrežju) naslednje dolgoročne posledice (POTOČNIK 1993):

- višje skupne stroške vzdrževanja ceste, saj je primerneje redno vzdrževanje ceste z manjšimi vložki, kot pa jo popravljati, ko ni več varna za promet;
- višje stroške vožnje, saj se poveča čas vožnje, poraba goriva, obraba gum in vozila;
- omrežje gozdnih cest propada, enostavna reprodukcija ni zagotovljena, ohranjanje obstoječe ravni odprtosti postaja vse dražje in zato vse težavnejše;
- večji hrup in motnje naravnega okolja ter povečano nevarnost prometnih nesreč.

Tehnologija vzdrževanja vozišč gozdnih cest je različna pri tekočem in investicijskem vzdrževanju, vsako pa lahko opravljamo na različne načine, ki se med seboj razlikujejo tako po ekonomskih kazalcih in tudi po kratkočnih in dolgoročnih posledicah na cestah.

Pri tekočem letnem vzdrževanju gre za strojno vzdrževanje vozišča, koritnic in bankin ter drugih naprav za odvodnjavanje in objektov v cestnem telesu. Z njim ohranjamo raven prevoznosti, primerno kategoriji ceste. V premi mora vozišče imeti enostranski ali dvostranski naklon za dobro prečno odvodnjavanje, ki preprečuje nastanek kolesnic in udarnih jam, v katerih zastaja voda in mehča ustroj ceste. V krivinah mora vozišče imeti enostranski prečni naklon v smeri središča krivine zaradi odtekanja vode in varnosti prometa. Za oblikovanje prečnega profila makadamskega cestišča je najprimernejši stroj greder. Kolesa vozil v krivinah izrivajo posipni material na zunanji rob vozišča, zato ga je treba z grederjem enakomerno razgrniti na vso širino vozišča. Pri tekočem vzdrževanju materiala ne dodajamo, ampak oblikujemo profil z materialom iz cestišča.

Z investicijskim vzdrževanjem temeljito obnovimo vozišče in obrabno plast z navozom novega materiala in tako omogočamo ohranitev cestne substance. Pri investicijskem vzdrževanju gozdnih cest so zelo pomembni organizacija in priprava dela ter usklajenost med zmogljivostmi posameznih strojev (BITENC 1985). Mehanizirano skupino sestavljajo nakladalni stroj v peskokopu, kamioni prekucniki, greder za razgrinjanje in profiliranje posipnega materiala in vibracijski valjar za valjanje, med katerimi moramo pri izvedbi del zagotoviti primerno usklajenost. Obnovo obrabne plasti lahko začnemo na začetku ali pa na koncu gozdne ceste. Pri prvem načinu kamioni dovažajo material na gozdno cesto, kjer je z grederjem že razgrinjen in profiliran material, pripeljan v prejšnjih kamionskih ciklikih. Polno naloženi kamioni vozijo po odseku obnovljene gozdne ceste, zadnji del pa prevozijo vzvratno. Težava pri tem načinu nastane pri izogibanju med kamioni in grederjem. Delo vibracijskega valjarja je oteženo, ker ni dovolj prostora za vse stroje, pod kamioni pa nastajajo kolesnice. Pri obnovi obrabne plasti z začetkom na koncu ceste kamioni dovažajo material na konec ceste in se z grederjem in valjarjem ne srečujejo. To zmanjšuje zastoje pri delu in povečuje učinkovitost strojev. Vzdrževanje odsekov brez valjanja je primernejše začeti na začetku, kjer kamioni vozijo po neutrjenem profiliranem vozišču. S tem delno nadomeščamo valjanje obrabne plasti, pri delu pa se pokažejo tudi slabo utrjena mesta, ki jih takoj saniramo.

## **2.2 RAZISKOVALNI OBJEKTI – MODELNI ODSEKI GOZDNE CESTE** **RESEARCH SITES – FOREST ROAD MODEL SECTIONS**

Raziskovalni objekt smo izbrali na gozdni cesti Pusto polje - Farbanca - Gole vrtače - Srnjak (katastrska številka ceste 104 004, dolžina 10.600 m) v občini Nazarje. Uveljavljeno ledinsko ime ceste je Rio Bravo, leži pa v gozdnem predelu Krašica nazarskega gozdnogospodarskega območja (KE Nazarje, GGE Nazarje). Raziskave smo opravljali na odseku pobočne ceste Gole vrtače - Srnjak, ki je bil zgrajen sredi 80-ih let, z buldožerjem in z miniranjem v apnencu ter neznanu debelino in izvorom nasutih plasti.

Na tem cestnem odseku prevladuje gozdarska raba, delno jo uporabljajo tudi lovci. Odsek ne odpira višinskih kmetij niti ne povezuje zaselkov, kar je bil tudi eden od ključnih razlogov za izbor odseka, ker je omogočal zaporo ceste in nemoteno izvedbo poskusa. Drugi pomembni razlog pa je bil, da je odsek z obeh strani dostopen za transport nasipnega materiala in težke gradbene mehanizacije.

Proučevali smo spremembe oblike prečnih profilov pri dveh debelinah posipnega materiala in dveh načinih utrjevanja posipnega materiala. Zato smo na trasi izločili štiri modelne odseke v premi, vsakega z okvirno dolžino 100 m. Poiskali smo take odseke, da bi bili po terenskih in tehničnih značilnostih kar se da podobni. Odseka 1 in 2 sta si sledila drug za drugim, ostala dva pa sta bila prostorsko ločena. Vsak odsek je imel pred prvim in za zadnjim profilom 10 metrov prehodne cone, ki je bila tudi vzdrževana. Za poskus smo v maju leta 1999 na razdalji 2.100 metrov vzdrževali 530 m ceste. Na vsakem odseku smo izločili 5 profilov na približni razdalji 25 metrov. Vsakemu odseku smo priredili enega izmed naslednjih načinov vzdrževanja makadamskih cestišč:

- način 1: grediranje cestišča z minimalnim dodajanjem posipnega materiala brez valjanja (1. odsek- nevaljano tanko nasutje).
- način 2: grediranje cestišča z optimalnim dodajanjem posipnega materiala brez valjanja (2. odsek- nevaljano optimalno nasutje).
- način 3: grediranje cestišča z optimalnim dodajanjem posipnega materiala z dvakratnim valjanjem (6 prehodov valjarja) (3. odsek- valjano optimalno nasutje).
- Način 4: grediranje cestišča ob minimalnem dodajanju posipnega materiala z dvakratnim valjanjem (6 prehodov valjarja) (4. odsek- valjano tanko nasutje).

## **2.2 IZVEDBA VZDRŽEVALNIH DEL**

### **ROAD MAINTENANCE PERFORMANCE**

Vzdrževanje ceste je opravljala organizacijska enota Gradnje Gozdnega gospodarstva Nazarje, d.d., ki je dela pridobil na javnem razpisu v okviru vzdrževanja gozdnih cest občine Nazarje. Izvajalec, ki ima pri gradnji in vzdrževanju cest zelo dobre reference, je po natančnih navodilih na odseku opravljal:

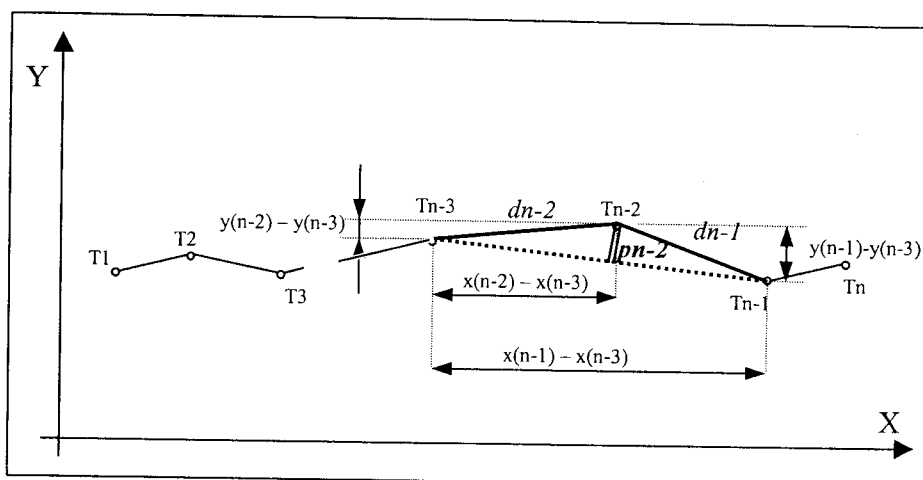
- izkop in nalaganje nesejanega posipnega materiala v lokalnem peskokopu (stranski odvzem) z bagrom RD B-600,
- prevoz posipnega materiala na razdalji 6 km z dvo- (3) in tro-osnimi (2) kamioni kapacitete 8 oziroma 10 m<sup>3</sup>,
- nasipanje posipnega materiala,
- razgrinjanje materiala in profiliranje vozišča z grederjem CHAMPION 726A,
- utrjevanje cestišča z vibrovaljarjem CATERPILLAR 433-C,
- simulacijo rabe ceste s šestkratnim preходом polno naloženega 18 tonskega kamiona preko vseh odsekov en dan po izvedbi vzdrževalnih del (ob enakih vremenskih pogojih).

### 2.3 MERITVE OBLIKE PREČNIH PROFILOV ROAD CROSS-SECTION SHAPE MEASUREMENTS

Za ponovljive meritve oblike prečnih profilov cestišča z absolutno natančnostjo  $\pm 5$  mm smo uporabili metodo dvajsetih točk (ROBEK 1996) in rotirajoči laserski nivelir. Bistvo metode je posnetek osmih fiksnih točk cestišča (jarka ali koritnice in hodnika), do deset prostih točk vozišča in dveh točk okolice prometnice v smeri pravokotnice na os prometnice, pri čemer ena točka leži ob vznožju reperja. Reper je bil v večini primerov drevo z diskretno označeno referenčno točko. Rotirajoči laserski nivelir smo namestili na vlečno kljuko merilnega vozila, ki se je premikal med profili. Z izboljšavo merilne naprave smo dosegli, da je meritve izvajal en sam merilec. Za izbiro točk na prečnem profilu, meritve koordinat ter vnos izmerjenih in ocenjenih podatkov v priročni računalnik je porabil v povprečju 12 minut na posamezen profil. Prečni profili smo izmerili pred začetkom vzdrževalnih del in takoj po njih, dva izmed odsekov pa smo izmerili še po simulaciji rabe.

Numerične obdelave slik prečnih profilov vozišč smo izvedli z izračunavanjem povprečnega prečnega naklona in izračunom indeksa prečne neravnosti vozišča. Prečni naklon smo izračunali kot naklon med robom vozišča (na strani raščenenih tal) in sredino vozišča za vsak profil. Za izračun prečne neravnosti smo smiselno uporabili postopke za izračun mednarodnega indeksa vzdolžne neravnosti (International roughness index IRI), ki opredeljuje neravnost kot vsoto odstopanj – neravnin – od smeri gibanja (SAYERS / GILLESPIE / PATERSON 1986). Prečno neravnost smo računali kot odstopanje srednje točke od spojnice najbližjih okoliških točk na prečnem profilu vozišča (razdalja  $pn-2$  na sliki 1 - označena z dvojno črto). Tako smo za vsako stanje profila dobili  $n-2$  meritev prečnih neravnosti ( $n$  = število izmerjenih točk vozišča), ki smo jih sešteli in izrazili v deležu dejanske dolžine prečnega profila (vsota dolžin  $dn$ ;  $dl=0$ ) ter dobili indeks prečne neravnosti IPN (mm/m). Za razliko od IRI, ki določa odstopanja od enakomerno oddaljenih točk (korak), smo IPN računali od poljubno oddaljenih zaporednih točk na prečnem profilu vozišča.





Slika 1: Princip rekurzivnega izračuna indeksa prečne neravnosti vozišča

Figure 1: The principles for recursive carriageway transverse roughness index calculation

### 3 REZULTATI RESULTS

#### 3.1 STANJE MODELNIH ODSEKOV PRED VZDRŽEVANJEM

##### THE CONDITIONS ON MODEL SECTIONS BEFORE MAINTENANCE

Osnovne značilnosti odsekov in povprečne vrednosti izbranih znakov pred začetkom vzdrževanja prikazuje preglednica 1. Povprečni podolžni in prečni nakloni odsekov so si bili pred vzdrževanjem podobni. Prvi in četrti odsek sta ležala na bolj položnem terenu, z več zemljine v obrabno-zaporni plasti vozišča. Prečna neravnost in splošna ocena stabilnosti profilov je bila najslabša na tretjem odseku, saj so bili na njem prisotni številni znaki neprimerne odvodnjavanja, površinske in ponekod tudi brazdaste erozije ter vidna abrazija obrabne plasti vse do pogostih krp raščeni skal iz nosilne plasti vozišča. Tretji odsek je bil tisti, ki je z vidika stanja v največji meri opravičeval investicijsko vzdrževanje v polnem obsegu. Na četrtem odseku so v jeseni pred poskusom razširili cestišče z buldožerjem, tako da je bil na delu odseka jarek oziroma koritnica neizdelan, prečni profil pa brez izrazitega prečnega naklona.

Preglednica 1: Osnovni podatki o analiziranih odsekih pred izvedbo vzdrževalnih del  
 Table 1: Basic data on analysed sections before maintenance works

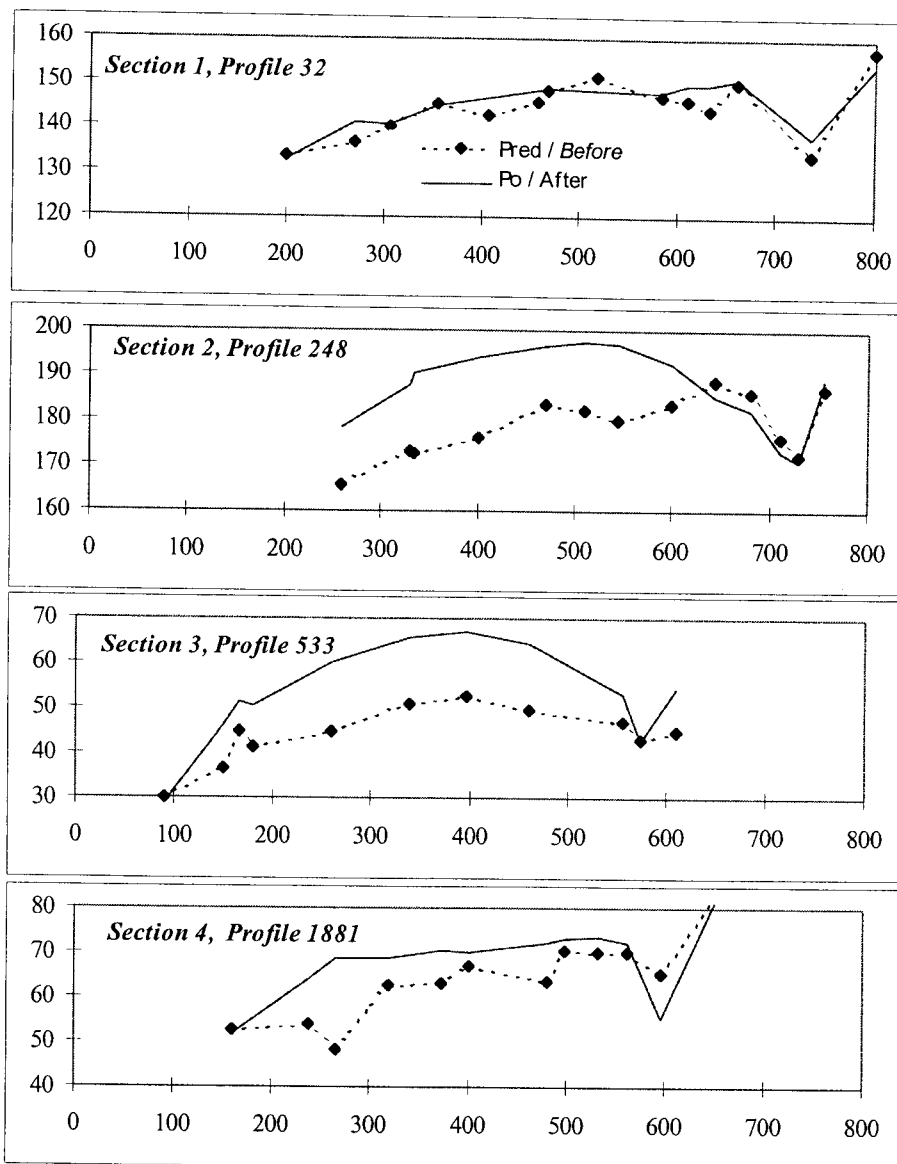
ZNAK / PARAMETER	OZNAKA ODSEKA <sup>2</sup> / SECTION MARK <sup>2</sup>			
	1	2	3	4
Dolžina odseka (m) / Section length (m)	94	117	108	134
Povprečni naklon terena (%) The average terrain slope (%)	43,4	63,6	64	34
Povprečna dolžina nasipne brežine (dm) The average fill slope length (dm)	47,6	35,6	31,6	15,4
Povprečna dolžina odkopne brežine (dm) The average cut slope length (dm)	26,6	29,4	31,4	8,2
Povprečni podolžni naklon (%) The average longitudinal gradient (%)	10,6	11,4	10,4	12,8
Povprečni prečni naklon (%) The average transverse gradient (%)	4,2	3,2	3,8	2,2
Povprečna globina kolesnic (cm) The average wheel rut depth (cm)	4,2	8	8,2	6,8
% raščenenih skal <sup>1</sup> / % solid rocks <sup>1</sup>	4	0	4	2
% grobega peska (> 30 mm) <sup>1</sup> % coarse gravel (> 30 mm) <sup>1</sup>	10	12	18	10
% finega peska (2-30 mm) <sup>1</sup> % fine gravel (2-30 mm) <sup>1</sup>	52	70	66	36
% zemljine (< 2mm) <sup>1</sup> % soil (< 2mm) <sup>1</sup>	34	18	12	52

<sup>1</sup> Kategorije ocenjene na površini vozišča / Categories estimated on the carriageway surface

<sup>2</sup> Opis odseka je na strani 159 / The description of the section is on the page 159

### 3.2 PREOBLIKOVANJE PREČNIH PROFILOV VOZIŠČA PRI ŠTIRIH NAČINIH INVESTICIJSKEGA VZDRŽEVANJA THE ALTERATIONS OF THE CARRIAGEWAY CROSSECTIONS AFTER FOUR MODES OF PERIODIC MAINTENANCE

Grafikon 1 prikazuje podobo tipičnega preoblikovanja prečnega profila pri posameznem načinu vzdrževanja. Od zgoraj navzdol si sledijo: nevaljano tanko nasutje (način 1), nevaljano optimalno nasutje (način 2), valjano optimalno nasutje (način 3) in valjano tanko nasutje (način 4).



Grafikon 1: Preoblikovanje tipičnih prečnih profilov po grediranju odsekov z različno debelino nasutja (vse mere v cm; y-os variirajo zaradi različnih pozicij reperja)

Graph 1: Reshaping of the typical transverse profiles after grading the sections with different graveling thickness (measurements in cm; y-axis differ due to different starting point positions)

Na predstavljenih profilih je debelina nasutja enostavno zaznavna, pri vseh načinih vzdrževanja pa je viden poseg v naprave za odvodnjavanje (sprememba globine in širine jarka). Pri prvih dveh profilih (grafikon 1) je opazna uporaba obstoječega materiala pri oblikovanju dvostranskega strehastega profila z ustrežno debelino. Iz grafikona 1 je videti izboljšanje prečnega naklona profilov in opazno zmanjšanje prečne neravnosti pri vseh uporabljenih načinih vzdrževanja, s tem da je pojav izrazitejši pri tanko nasutih profilih.

Rezultate numerične obdelave slik prečnih profilov po končanem oblikovanju profilov ter pred rabo izbranih odsekov prikazuje preglednica 2. Predstavlja povprečne vrednosti debeline nasutja, prečnega naklona in indeksa prečne neravnosti. Razlike v povprečnem prečnem naklonu med odseki niso statistično značilne. Opazen in pričakovan je bil trend zmanjšanja variabilnosti prečnega naklona po vzdrževanju, ki kaže na bolj enovito oblikovanje prečnih naklonov na vseh analiziranih odsekih. Ti so se med seboj bolj razlikovali v indeksu prečne neravnosti (IPN). V vseh primerih se je IPN po vzdrževanju zmanjšal. Razlike med povprečnimi vrednostmi IPN po vzdrževanju so statistično značilne za prvi in četrti odsek (odvisni vzorci;  $p < 0,05$ ), čeprav so tudi na preostalih dveh odsekih razlike izrazite. Valjani profili imajo najmanjšo absolutno prečno neravnost. Najbolj izrazita je bila sprememba IPN pri tanko nasutih profilih.

Preglednica 2: Srednje vrednosti numeričnih znakov oblike profilov po vzdrževanju ( $n=5$ )

Table 2: The average values of numerical parameters for profile shapes after maintenance ( $n=5$ )

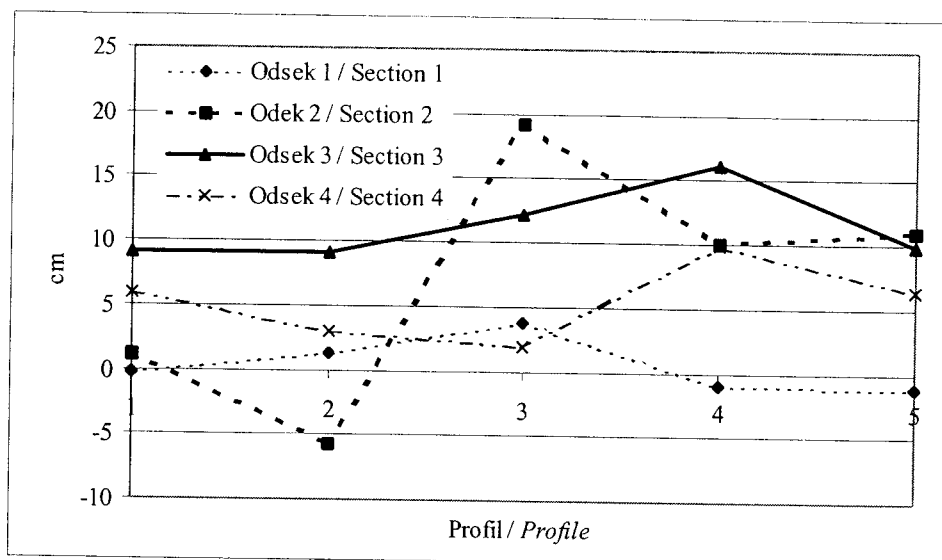
NAČIN VZDRŽEVANJA <i>MAINTENANCE MODE</i>	NASUTJE <sup>1</sup> <i>GRAVELING<sup>1</sup></i> (cm)	PREČNI NAKLON <i>TRANSVERSE</i> <i>GRADIENT (cm)</i>		IPN <sup>2</sup> <i>TRI<sup>2</sup></i> (mm/m)	
		Prej <i>Before</i>	Potem <i>After</i>	Prej <i>Before</i>	Potem <i>After</i>
Nevaljano tanko nasutje <i>Unrolled thin graveling</i>	0,8±2,1	-1,1±5,9	-2,1±2,1	44,2±18,0	24,0±7,2
Nevaljano optimalno nasutje <i>Unrolled optimal graveling</i>	6,8±8,0	-3,9±1,1	-3,7±1,0	44,2±14,6	29,3±16,4
Valjano optimalno nasutje <i>Rolled optimal graveling</i>	11,2±2,7	-4,8±2,1	-6,7±3,6	29,3±9,7	20,2±9,7
Valjano tanko nasutje <i>Rolled thin graveling</i>	5,2±2,4	-3,5±2,1	3,5±1,5	43,1±21,5	11,2±3,5

<sup>1</sup> Neponderirane vrednosti / *Unweighted values*

<sup>2</sup> Indeks prečne neravnosti / *Transverse roughness index*

V poskusu smo se vnaprej dogovorili z izvajalci, tako da so nasuli dve različni debelini, kakor jih tudi sicer izvajajo pri vzdrževanju: minimalno in optimalno. Izmerjene srednje vrednosti nasutja po posameznih načinih vzdrževanja (preglednica 2) se med seboj značilno razlikujejo za neponderirane in tudi za ponderirane vrednosti. Za ponder smo uporabili delež širine pasu z dano povprečno debelino nasutja v prečnem profilu. Preseneča velika razlika v povprečnem nasutju pri podobnih dogovorjenih debelinah. Ker smo merili na minimalnem številu profilov, se to močno pozna pri variabilnosti povprečne debeline nasutja na odseku. To velja tudi za ostale intervale mej zaupanja pri znakih v preglednici 2.

Variiranje debeline nasutja med profili znotraj sicer homogenih odsekov je lahko zelo izrazito. Vzrok je lahko slabo stanje odseka pred vzdrževanjem ali pa nekakovostno opravljeno vzdrževanje v podolžni smeri. Pri našem poskusu so na sredini drugega odseka (grafikon 2) neenakomerno razgrnili posipni material, ker so zapolnili vdolžne neravnine na vozišču; pri tem so delno uporabili tudi obstoječi material iz začetka odseka.



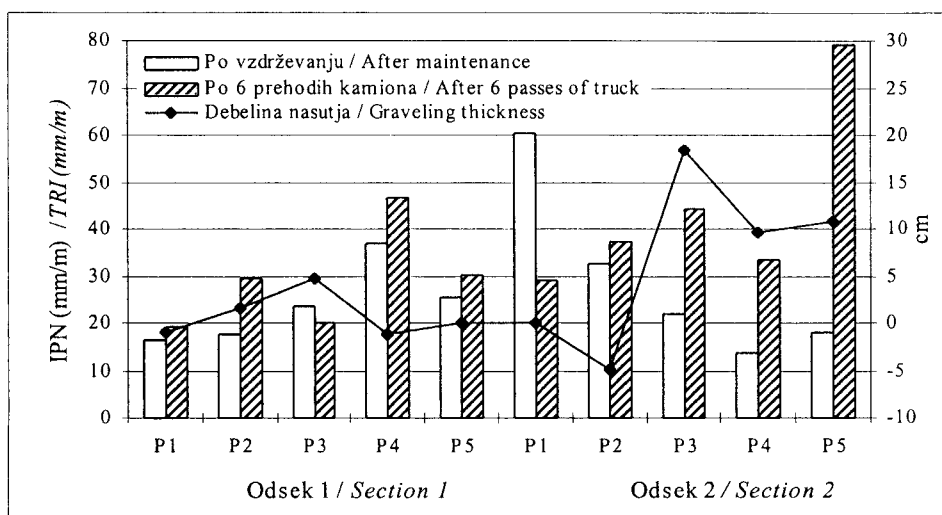
Grafikon 2: Variiranje debeline nasutja na petih profilih znotraj 100 metrskih odsekov  
 Graph 2: Variations in graveling thickness on 5 profiles within 100 meter sections

### 3.3 SPREMEMBE OBLIKE PREČNIH PROFILOV VOZIŠČ PRI RABI MODELNIH ODSEKOV

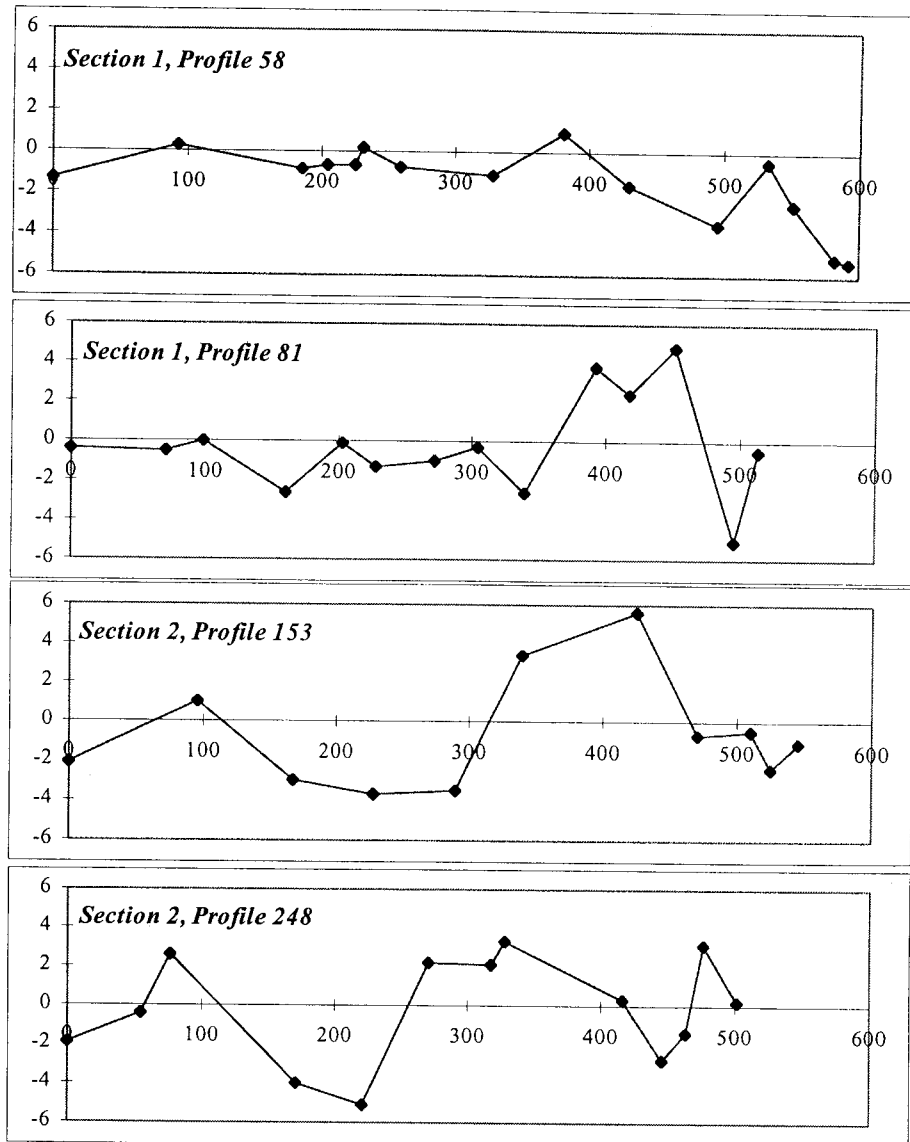
#### VARIATIONS IN CARRIAGEWAY PROFILES AFTER TRAFFIC ON THE MODEL SECTIONS

Po simulirani rabi ceste s šestimi prehodi naloženega triosnega kamiona s skupno maso 18 t so se na nevaljanih odsekih pojavile deformacije, tipične za profile prikazane na grafikonu 4. Grafikon prikazuje absolutna odstopanja od stanja neposredno po grediranju (raščena tla so na desni strani profilov). Zgornja dva prečna profila sta z odseka z minimalnim nasutjem, spodnja dva pa z odseka z optimalnim nasutjem. Pri vseh so opazne kolesnice, ki so bolj izrazite na debelo nasutih profilih. Merilo višin je zelo poudarjeno, da se vidijo kolesnice (širina kamiona je bila 2,2 m).

Spremembe prečne neravnosti valjanih vozišč so bile pod merilnim pragom uporabljene metode snemanja prečnih profilov ( $\pm 5$  mm). Povprečna globina kolesnic je bila pod 1 cm pri obeh debelinah nasutja na valjanih odsekih. Bolj izrazite so bile deformacije nevaljanih vozišč, ki jih prikazuje grafikon 3, v odvisnosti od debeline nasutja. Večini profilov se je IPN opazno povečal, izraziteje pri profilih z debelejšim nasutjem, vendar je korelacija šibka ( $R^2=0,35$ ).



Grafikon 3: Spremembe prečne neravnosti nevaljanih profilov po simulirani rabi ceste  
Graph 3: Variation in transverse roughness on unrolled profiles after simulated traffic



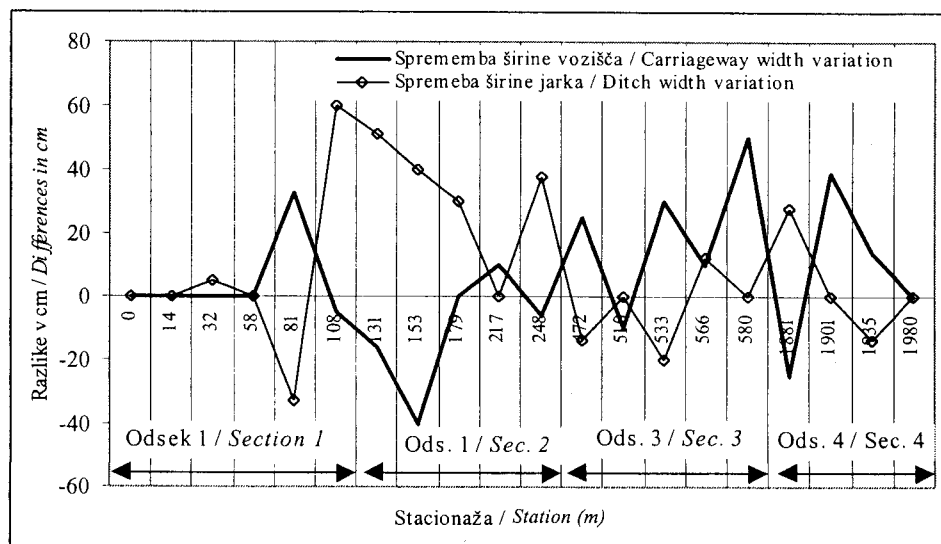
Grafikon 4: Tipične spremembe oblike prečnega profila nevaljanega vozišča po šestih prehodih 18 tonskega kamiona neposredno po grediranju (vse mere v cm)

Graph 4: Typical alterations of the unrolled oncarriageway crosssection after 6 passes of a 18-ton truck immediately after grading (all measurements in cm)

### 3.4 VZDRŽEVANJE NAPRAV ZA ODVODNJAVANJE MAINTENANCE OF THE DRAINAGE SYSTEM

Eden od kazalcev kakovosti opravljenih vzdrževalnih del je tudi stanje naprav za odvodnjavanje. Na analiziranih odsekih pobočne ceste sta se na odkopni strani izmenjevala koritnica in jarek, ki je bil pred vzdrževanjem pretežno zasut. Dražnikov na analiziranih odsekih ni bilo. Zaradi uporabljene tehnologije vzdrževanja so imeli praktično vsi profili po grediranju odvodnike površinske vode v obliki koritnice, ki je bila "poglobljena" s kolesi grederja v prehodno obliko med koritnico in jarkom. Ker je bila pogosto neprevozna, smo nastale odvodne naprave imenovali jarke.

Tehnika dela pri izdelavi jarka se pri obravnavanih načinih vzdrževanja odsekov ni razlikovala, zato med njimi ni značilnih razlik v povprečni širini jarka, čeprav so razlike znotraj odsekov znatne. Primerjava sprememb dimenzij vozišča in jarka kaže, da se pri vseh načinih vzdrževanja spremeni širina jarka, največkrat na račun sprememb širine vozišča in obratno (grafikon 5). Skupna širina cestišča se je povečala na račun povečanja širine jarka le na dveh profilih (poseg v zdrselo odkopno brežino). Srednje povečanje globine jarka (glede na rob vozišča) je znašalo po vzdrževanju pri prvih dveh odsekih  $-4,0$  cm  $\pm$  3,3 cm, pri drugih dveh odsekih pa  $+3,2$  cm  $\pm$  3,6 in ni bilo odvisno od debeline nasutja.



Grafikon 5: Spremembe širine vozišča in širine jarka po končanem grediranju  
Graph 5: Carriageway and ditch width variations after grading



#### **4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI** **DISCUSSION AND CONCLUSIONS**

Različni načini investicijskega vzdrževanja gozdnih cest imajo različne kratkoročne in dolgoročne učinke na stanje cestišča in s tem tudi na prevoznost odseka. Optimalno dodajanje posipnega materiala omogoča najboljše profiliranje in oblikovanje naklona cestišča, ki zagotavlja učinkovito odvajanje padavinske vode. Valjanje cestišča zgladi prečne profile in zmanjšuje erozijske procese ter poškodbe cestišča. Izvedba takšnega vzdrževanja, ki je investicijsko vzdrževanje v pravem pomenu, je dražje, vendar omogoča kasnejše prihranke. Če je opisana tehnologija dela opravljena tudi primerno kakovostno, potem so vložena sredstva optimalno izkoriščena in izbira izvajalca del opravičena.

Pri primerjavi izbranih načinov investicijskega vzdrževanja cestišča gozdne ceste z analizo prečnih profilov se je pokazalo, da se pri izvedenih načinih vzdrževanja lahko spremenijo bistveni elementi vozišča, značilnosti naprav za vzdolžno odvodnjavanje vode na cestišču, hodnik in celo dimenzije samega cestišča. Neposredno po vzdrževanju se je bistveno zmanjšala prečna neravnost pri vseh analiziranih načinih, vendar najbolj na tanko nasutih voziščih. Na debelo nasutih voziščih so bile spremembe prečnega naklona bolj izrazite, čeprav so bile pri tem znaku razlike med načini vzdrževanja manjše. Povprečna debelina nasutja je znotraj dogovorjenih blokov (minimalno in optimalno nasutje) med profili znatno variirala, delno zaradi večjih izravnav v vzdolžni neravnosti. Valjani odseki neposredno po koncu del niso kazali bistvenih izboljšanj v primerjavi z nevaljanimi odseki, pri katerih je utrđitev materiala opravljal samo greder z lastno maso vozila. Širine in globine nastalih naprav za vzdolžno odvodnjavanje vode s cestišča se niso pri različnih načinih vzdrževanja bistveno razlikovale. Opazovane razlike so bile najvačkrat posledica individualnih terenskih razmer in korektur neustreznih elementov cestišča pred vzdrževanjem.

Namenska raba gozdne ceste zajema transport s težkimi kamioni, ki hkrati tudi utrujejo novo oblikovani profil vozišča. Če profil ni primerno utrjen, se na vozišču pod kolesi takoj pokažejo deformacije v obliki kolesnic. Čeprav so kolesnice element vzdolžne neravnosti, jih je mogoče opazovati tudi v prečnem profilu vozišča. Prečna neravnost vozišča in globina kolesnic sta v korelacijski zvezi, vendar je povezava šibka in zelo spremenljiva (DAWSON 1997). V raziskavi smo rabo vozišč simulirali s 6 prehodi polno

naloženega triosnega kamiona, kar je bilo dovolj, da so se na nevaljanih profilih pojavile kolesnice. Globina kolesnic je bila praviloma večja na debelo nasutem nevaljanjem odseku, v večini primerov je narasel tudi indeks prečne neravnosti. Dejstvo, da so bile spremembe prečne neravnosti na tanko- in debelo nasutih valjanih odsekih pod merilnim pragom uporabljenih merilnih naprav, jasno kaže na velik kratkoročni učinek valjanja vozišč gozdnih cest, ne glede na debelino nasutja. Dolgoročne učinke analiziranih načinov vzdrževanja bo potrebno analizirati s ponovnimi meritvami in preveriti na primerljivih odsekih v različnih geoklimatskih razmerah.

Prečno neravnost vozišča smo v raziskavi ovrednotili z indeksom prečne neravnosti IPN, ki smo ga izpeljali po analogiji mednarodnega indeksa neravnosti IRI (SAYERS / GILLESPIE / PATERSON 1986). V proučevanih razmerah je IPN pokazal veliko stopnjo občutljivosti za neravnine vozišč v prečni smeri. Ker meritve globine kolesnic niso standardizirane, njihovo določanje v praksi pa zelo nejasno, je vrednost objektivno določenega IPN tolikšna, da opravičuje nadaljevanje raziskav na tem področju. Preverjanje njegove širše uporabnosti bo zahtevalo primerjavo z uveljavljenimi kazalci prečne neravnosti javnih cest.

Proučevanje stanja cest z analizo prečnih profilov je eden izmed načinov analize stanja cestišč, ki je bolj primeren za podrobne analize dolgoročnih sprememb površja makadamskih vozišč. Razvita delovna metoda in oprema omogočata izvedbo raziskovalnih nalog, za rutinska merjenja stanja cest v okviru rednih in občasnih pregledov vozišč pa je manj primerna. Količina gozdnih cest, obseg sredstev za njihovo vzdrževanje in razpoložljivo strokovno znanje opravičujejo nadgraditev obstoječih informacijskih sistemov za spremljanje stanja z mrežo modelnih odsekov. Nanje bi naslonili podobne raziskave, kot je tukaj predstavljena, tako da bi zbrani rezultati dali učinkovite praktične rešitve. V raziskave na modelnih odsekih bo potrebno vključiti tudi meritve vzdolžne neravnosti vozišč, nosilnosti vozišč ter vrste in stanja vgrajenih materialov. Ker gre za izrazito dolgoročno naravnane aktivnosti, je prvi korak pri razvoju mreže modelnih odsekov pridobitev konsenza za razvoj mreže pri vseh vpletenih ustanovah ter opredelitev načina in pogojev financiranja tako opredeljene raziskave.

## 5 POVZETEK

Optimizacija vzdrževanja cest je kompleksen proces, ki mora biti podprt s kakovostnimi informacijami. Eden izmed načinov pridobivanja informacij so tudi modelni odseki, na katerih podrobno spremljamo vlaganja pri vzdrževanju in vrednotimo kratko- in dolgoročne učinke v različnih geoklimatskih območjih. Pogoji za oblikovanje mreže modelnih odsekov je razvoj racionalnih in objektivnih metod proučevanja stanja gozdnih cest. Ponovljive meritve prečnih profilov vozišč so osnova za temporalne primerjave na analiziranih odsekih, za objektivno primerjavo odsekov v omrežju ali vrednotenje učinkovitosti tehnoloških postopkov.

Na štirih modelnih odsekih gozdne ceste smo proučevali kratkoročne spremembe oblike prečnih profilov cestišča pri investicijskem vzdrževanju cestišča z minimalnim in optimalnim nasutjem posipnega materiala avtohtonega izvora ter dveh načinov utrditve materiala: dvakratnem prehodu valjarja in utrjevanje z vožnjo kamionov. Vse modelne odseke smo določili na gozdni cesti Pusto polje – Farbanca – Gole vrtače – Srnjak (katastrska številka ceste 104 004) v občini Nazarje. Vzdrževalna dela in simulacijo rabe ceste je izvedla organizacijska enota Gradnje Gozdnega gospodarstva Nazarje. Za ponovljive meritve oblike prečnih profilov cestišča z absolutno natančnostjo +/- 5mm smo uporabili metodo dvajsetih točk (ROBEK 1996) in rotirajući laserski nivelir. Za izračun prečne neravnosti smo po analogiji izračuna mednarodnega indeksa vzdolžne neravnosti (International roughness index IRI) (SAYERS / GILLESPIE / PATERSON 1986) opredelili indeks prečne neravnosti IPN in ga uporabili za primerjavo opredeljenih načinov vzdrževanja cestišča.

Neposredno po vzdrževanju se je bistveno zmanjšala prečna neravnost pri vseh analiziranih načinih, vendar najbolj na tanko nasutih voziščih. Na debelo nasutih voziščih so bile spremembe prečnega naklona bolj izrazite, čeprav so bile pri tem znaku razlike med načini vzdrževanja manjše. Povprečna debelina nasutja je znotraj dogovorjenih blokov (minimalno in optimalno nasutje) med profili znatno variirala, delno zaradi večjih izravnav v vzdolžni neravnosti. Valjani odseki neposredno po končanem vzdrževanju niso kazali bistvenih izboljšanj v primerjavi z nevaljanimi odseki, pri katerih je utrditev materiala opravljal samo greder z lastno maso vozila. Širine in globine nastalih naprav za vzdolžno odvodnjavanje vode s cestišča se pri različnih načinih vzdrževanja niso

bistveno razlikovale. Rabo vozišč smo simulirali s šestimi prehodi polno naloženega triosnega kamiona, kar je bilo dovolj, da so se na nevaljanih profilih pojavile kolesnice. Globina kolesnic je bila praviloma večja na debelo nasutem odseku, v večini primerov je narasel tudi indeks prečne neravnosti. Dejstvo, da so bile spremembe prečne neravnosti na tanko in debelo nasutih valjanih odsekih pod merilnim pragom uporabljenih merilnih naprav, jasno kaže na velik kratkoročni učinek valjanja vozišč gozdnih cest, ne glede na debelino nasutja. Dolgoročne učinke analiziranih načinov vzdrževanja bo potrebno analizirati s ponovnimi meritvami modelnih odsekov in preveriti na primerljivih odsekih v različnih geoklimatskih območjih.

Modelni odseki gozdnih cest so objekti, z veliko vložene delo in informacij, zato bo potrebno gospodarjenje z njimi sistemsko urediti.

## 6 SUMMARY

*The optimisation of forest road maintenance is a complex process, which should be based on quality information. One of the methods how to obtain information is model sections, where detailed monitoring of inputs in maintenance is performed and short-term as well as long-term effects in different geological and climatic conditions are evaluated. The development of rational and objective methods for the investigation of forest road condition is a precondition for the establishing of model sections network. Repeatable measurements of roadway cross-sections are the basis for temporal comparisons on analysed sections and an objective comparison of the sections within a network or the evaluation of the performance of technological procedures.*

*Short-term alterations of roadway cross-section shape were investigated on four model forest road sections in periodic roadway maintenance with minimal and optimal addition of autochthon gravel and two methods of pavement: two passes of a roller and paving with truck traffic. All model section were located on a forest road Pusto Polje – Farbanca – Gole Vrtače – Srnjak (cadastral no. 104 004) in the Nazarje community. Maintenance and forest use simulation were performed by the construction service of the Nazarje Forest Enterprise. In repeatable measurements of road cross-section shape with an absolute accuracy +/- 5mm, a method of twenty point (ROBEK 1996) was applied and*

*a rotating laser levelling device was used. For the calculation of transverse roughness the transverse roughness index has been defined by analogy of the calculation of the International roughness index IRI (SAYERS / GILLESPIE / PATERSON 1986) and it was used for the comparison of the defined methods of road maintenance.*

*Directly after maintenance transverse roughness significantly decreased with all analysed modes, yet with thin gravelled profiles at the most. In thick gravelled sections the alterations of transverse gradient were more significant, although with this feature the differences between maintenance modes were smaller. The average gravel thickness within the agreed block (the minimal and maximum addition of gravel) highly differed between cross-sections, partly due to greater levelling in longitudinal roughness. The rolled sections directly after maintenance did not evidence significant improvements of the investigated features in comparison with the unrolled sections, where pavement was only carried out by a road-grader with its own weight. The widths and depths of the resulting longitudinal road drainage installations were not significantly different with different maintenance modes. The roadway use was simulated with 6 passes of a fully loaded three-axel truck, which was sufficient that on unrolled sections cart tracks emerged. The depth of cart tracks was generally deeper in a thickly gravelled section, in most cases the transverse roughness index increased too. The fact that the alterations in transverse roughness in thin and thick gravelled sections remained under the measurement threshold of the applied measurement devices clearly points to a great short-term effect of the rolling of forest roadways, irrespective of gravel addition thickness. The long-term effects of the analysed maintenance modes will have to be analysed with repeated measurements of model sections and tested on comparable sections in different geological and climatic conditions.*

*Model forest road sections are constructions which require a lot of work to be invested and offer a lot of information, therefore their management needs to be systematically regulated.*

## 7 VIRI REFERENCES

- BITENC, B., 1985. Sinhronizacija strojev pri mehanizirani izvedbi zgornjega ustroja gozdne ceste.- Elaborat. Ljubljana, IGLG, 46 s.
- DAWSON, A., 1997. Rutting in unsurfaced roads – materials and structure interaction effects.- Proceedings of the International Symposium of thin pavements, surface treatments and unbound roads,, June, 24-25, 1997, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada, , s. 101-108.
- DESCORNET, G., 1998. Inventory of a high speed longitudinal and transverse road evenness measuring equipment in Europe.- FEHRL Technical note 1998/01, BRRC, Brussels.
- DOUGLAS, R. A. / Mc CORMACK, R. J. / WINTER, A., 1999 Management of maintenance and rehabilitation of access roads. In: Proceedings of Forest Engineering For Tomorrow. Edinburgh, UK IAGrE Forest engineering Group, June 28-30, 1999, 9 s.
- KELLER, M., 1989. Ponašanje i održavanje neasfaltiranih cesta.- CIM, 35, 4, s. 131-139.
- KOSZTKA, M., 1996. Maintenance management system of forest roads.- In: Seminar on environmentally sound forest roads and wood transport, Sinaia, Romania, 17 - 22 June 1996, 9 s.
- KUONEN, V., 1983. Wald- und Güterstrassen. Planung – Projektierung – Bau.- Eigenverlag des Verfassers, Pfafhausen, 743 s.
- LEBEN, B. / TOMŠIČ, J. / PETKOVIČ, / GORSKI, M. / WIT, B. de., 1996. Nova naprava za meritve vzdolžne ravnosti vozni površin in vrednotenje rezultatov meritev.- Meritve ravnosti vozni površin.- V: zbornik referatov 3. slovenski kongres o cestah in prometu. Bled, 13.-15. November 1996, DRC – Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, s. 591-595.
- LEBEN, B. / KLOČIČ, P. / PETKOVIČ, / TRAJKOVSKI, S. / VODOPIVEC, V., 1999. Meritve ravnosti vozni površin.- V: zbornik bienalnega strokovnega srečanja Cestarski dnevi 99, Murska Sobota, 21.-22. oktober 1999, DRC – Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, s. 65-70.
- KUONEN, V., 1983. Wald- und Güterstrassen. Planung – Projektierung – Bau.- Eigenverlag des Verfassers, Pfafhausen, 743 s.
- POTOČNIK, I. 1993. Poškodbe zgornjega ustroja gozdnih cest.- Zbornik gozdarstva in lesarstva, 42, s. 217-235.
- Pravilnik o obnavljanju in rednem vzdrževanju in varstvu cest.- Ur. L. SRS. 11/88, s. 848-854.

- ROBEK, R., 1996. Preverjanje kakovosti vzdrževanja gozdnih cest z analizo prečnih profilov - možnosti in omejitve.- Zbornik gozdarstva in lesarstva, BF-odd. za gozdarstvo in GIS, 51, s. 103-113.
- ROBEK, R., 1997. Predstavitev rezultatov CRP projekta Mnogonamenska raba in okolju prilagojeno dograjevanje omrežja gozdnih prometnic.- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, november 1997.
- SAYERS, M. W. / GILLESPIE, T. D. / PATERSON, W. D. O., 1986. Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements.- World Bank technical paper No. 46, The World Bank, Washington D. C., USA, 146 s.
- SCHMUCK, A., 1987. Strassenerhaltung mit system – Grundlagen des Managements. Kirshbaum Verlag Bonn. V: Mejak, D. 1993. Analiza stanja omrežja utrjenih mestnih cest v Domžalah.- Ekspertiza, Občina Domžale, 10 s.
- SAYERS, M. W. / GILLESPIE, T. D. / PATERSON, W. D. O., 1986. Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements.- World Bank technical paper No. 46, The World Bank, Washington D. C., USA, 146 s.
- Tehničar. Građevinski priručnik.- 1987. Beograd, IRO Građevinska knjiga, s. 333-361.
- Terminološki slovar za cestogradnjo, s prevodi izrazov v angleščini in nemščini. 1994. Ljubljana, DRC Družba za raziskave v cestni in prometni stroki, 149 s.
- VODOPIVEC, V., 1986. Sistem ocenjevanja vozišč za planiranje na mrežni ravni.- V: zbornik referatov 3. slovenski kongres o cestah in prometu. Bled, 13.-15. November 1996, DRC – Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, s. 232.
- ŽMAVC, J., 1999. Gradbeni postopki za ohranitev prometnih površin.- V: zbornik bienalnega strokovnega srečanja Cestarski dnevi 99, Murska Sobota, 21.-22. oktober 1999, DRC – Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, s. 101-109.

## **8 ZAHVALA**

### **ACKNOWLEDGEMENTS**

Članek je nastal v okviru projekta CRP Gozd: Optimalizacija vzdrževanja gozdnih prometnic (V4-0181-98), ki sta ga financirala Ministrstvo za znanost in tehnologijo ter Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Za sodelovanje, dobro koordinacijo in dobro izvedena gradbena dela pri terenskem delu poskusa se zahvaljujemo g. Zoranu Celinšku in gradbenemu obratu Gradnje Gozdnega gospodarstva Nazarje, d.d.

