

GDK: 383.1:383.4--017

## PREVERJANJE KAKOVOSTI VZDRŽEVANJA GOZDNIH CEST Z ANALIZO PREČNIH PROFILOV - MOŽNOSTI IN OMEJITVE

Robert ROBEK

### Izvleček

Pojem kakovosti pri vzdrževanju gozdnih cest zajema kakovost odločitev pri načrtovanju ukrepov in kakovost izvedbe dela. V prispevku avtor predstavlja izvorno metodo in napravo za spremljanje stanja cestišča na podlagi spremljanja oblike prečnih profilov. Prikazan je primer analize vzdrževanja odseka gozdne ceste in primerjav nasutja materiala med odseki. Metoda daje dobre rezultate za poglobljene študije poškodb vozišč in kakovosti periodičnega vzdrževanja, zaradi velikega števila potrebnih meritev pa je manj primerna za operativno ocenjevanje kakovosti tekočega vzdrževanja.

*Ključne besede: vzdrževanje, gozdna cesta, nadzor, kakovost, laserski profilomer*

## QUALITY CONTROL IN FOREST ROAD MAINTENANCE USING ANALYSIS OF CROSS-SECTION PROFILES - POSSIBILITIES AND LIMITATIONS

### *Abstract*

Quality control in forest road maintenance includes the quality of a planning process and the quality of work performance. The paper presents a new method and equipment for a road section analysis on the basis of cross-section shapes of the profile. Results of an analysis of road maintenance and of a comparison of material distribution between road sections are presented. The method is suitable for causal studies of road damages and for the assessment of periodic road maintenance. But it is not really appropriate for an evaluation of annual maintenance due to a large number of measurements required.

*Key words: maintenance, forest road, quality, control, laser level*

## 1 UVOD

Gozdne ceste so eden od pogojev gospodarjenja z gozdnim prostorom in pomemben segment cestnega omrežja na slovenskem podeželju. Zagotavljanje primerne vzdrževanosti gozdnih cest narekuje vzpostavitev sistema vzdrževanja gozdnih cest, s katerim pravilno, racionalno in pravočasno izvedemo potrebna dela na celotnem omrežju. Kakovost odločitev na posamezni ravni načrtovanja vzdrževanja in kakovost izvedbe del, predstavljata pomembna cilja sistema vzdrževanja.

Z novim zakonom o gozdovih (1993) in ustanovitvijo Zavoda za gozdove so bili v Sloveniji ustvarjeni pogoji za oblikovanje sistema vzdrževanja gozdnih cest, ki ga bo v bodoče potrebno nadgrajevati z ukrepi za zagotavljanje kakovosti. Ti segajo od preverjanja meril za razdeljevanje sredstev za vzdrževanje po regijah, prek poenotenja meril za izbor vrste, obsega in prioritete vzdrževanja, do meril kakovosti izvedenih del in vgrajenih materialov. Gre za širok spekter nalog, ki zahtevajo objektivne in dolgotrajne analize. Očitno bomo kakovost pri vzdrževanju gozdnih cest povečevali postopno in ob kritičnem preverjanju izvedenih del, za kar je nujno potrebno razviti primerne metode.

## 2 SPREMLJANJE STANJA CESTNIH ODSEKOV Z ANALIZO PREČNIH PROFILOV

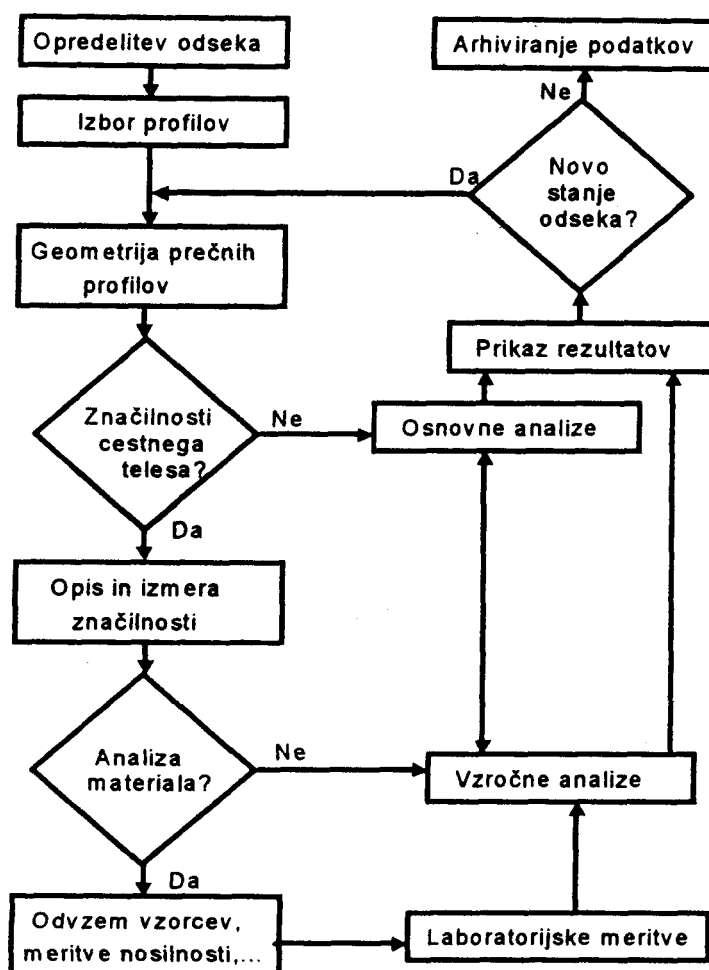
### 2.1 Večfazna analiza modelnih prečnih profilov cest (VAMP)

Stanje gozdnih prometnic se dinamično spreminja zaradi poškodb prometnice in naših posegov pri vzdrževanju. Najpogostejše so poškodbe vozišča zaradi obrabe pri prometu, deformacij ob zmanjšani nosilnosti cestnega telesa in sproženin v erozijskih procesih (KELLER 1989). Nastale spremembe je mogoče morfološko razvrščati in meriti. Morfološko razvrščanje deformacij je podlaga praktičnim tehnikam vrednotenja stanja, merjenje deformacij pa osnova za analizo vzrokov njihovega nastanka. Obe tehniki vrednotenja stanja sta bili v Sloveniji že uporabljeni tudi na gozdnih cestah (POTOČNIK 1993, REBULA 1991).

Da bi lahko proučevali vzroke pojavljanja deformacij ter učinke izvedenih vzdrževanih del, smo razvili metodo večstopenjske analize modelnih prečnih

profilov (VAMP). Njena zasnova in glavni sklopi so prikazani na sliki 1. Metoda temelji na dolgotrajnem spremljanju izbranih prečnih profilov na posameznih odsekih gozdnih cest v različnih geoklimatskih regijah Slovenije. Vsebuje do tri stopnje, pri čemer je vedno realizirana prva, preostale pa se izvajajo selektivno. Stopnje so naslednje:

1. analiza sprememb prečnih profilov gozdnih cest,
2. analiza sprememb stanja gozda ob prečnih profilih,
3. analize materiala vozišč.



Slika 1: Diagram poteka spremljanja stanja cestnega odseka metodo VAMP.

Analiza sprememb prečnih profilov gozdnih cest ima poleg znanstvene vsebine tudi neposredno praktično uporabnost pri preverjanju nekaterih kazalcev kakovosti pri načrtovanju in izvajanju vzdrževanja gozdnih in ostalih makadamskih cest, zato jo predstavljamo.

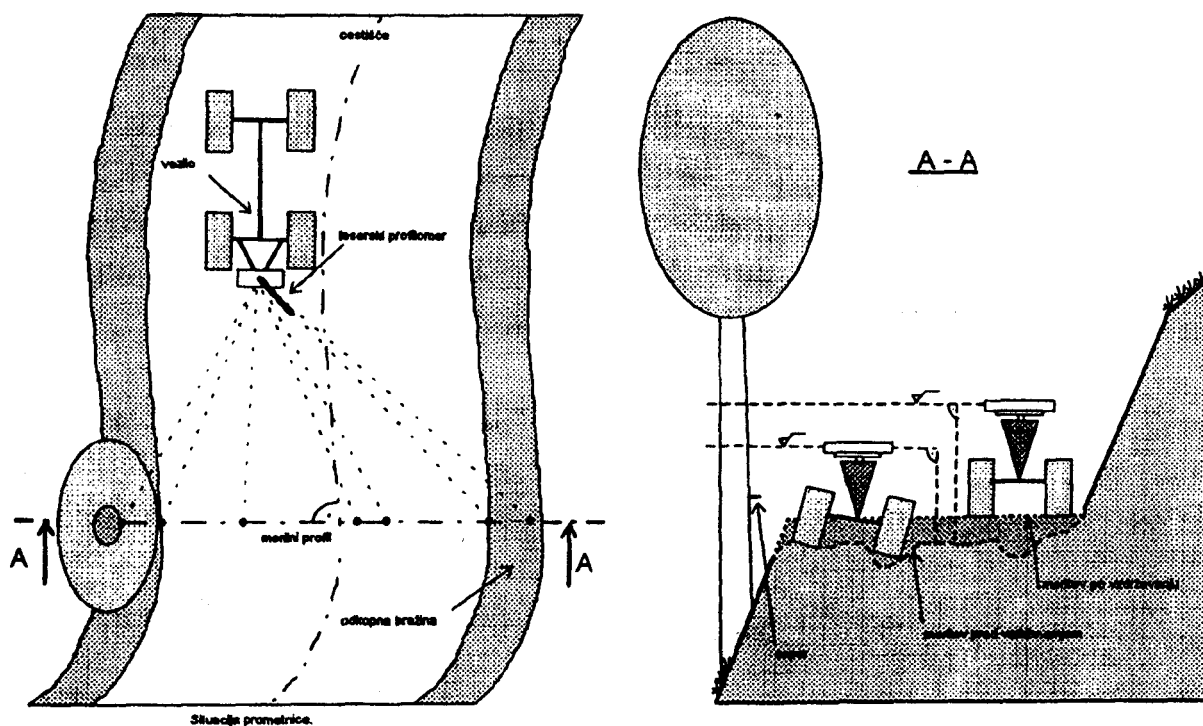
## 2.2 Analiza sprememb prečnih profilov gozdnih cest

Pri razvoju metode spremljanja oblike prečnega profila smo si postavili dve zahtevi:

- Ponovljivost meritev prečnih profilov z absolutno višinsko natančnostjo pod 1cm.
- Maksimalna poraba časa za posnetek enega stanja prečnega profila sme znašati največ 1 uro.

Zasnovali smo metodo dvajsetih točk, ki je prikazana na sliki 2 ter za njeno izvedbo skonstruirali, izdelali in testirali laserski profilomer, ki je prikazan na sliki 3. Bistvo metode je posnetek osmih fiksnih točk cestišča, do desetih prostih točk vozišča in dveh točk okolice prometnice v smeri pravokotnice na os prometnice, pri čemer ena točka leži ob vznožju reperja. Reper je v večini primerov drevo na brežini, na katerem je diskretno označena referenčna točka. Laserski profilomer je horizontirana in vrtljivo nameščena laserska libela, pritrjena na vlečno kljuko vozila. Meritve izvajata dva merilca, od katerih eden usmerja laserski snop in beleži podatke, drugi pa izbira točke profila in odčituje relativne koordinate točk na merilni lati.

Izdelan je bil program za računalniški vnos podatkov na terenu in niz programskih modulov za transformacije podatkov in izris prečnih profilov.



Slika 2: Shema poteka merjenja prečnega profila cestnega telesa.

### 3 REZULTATI

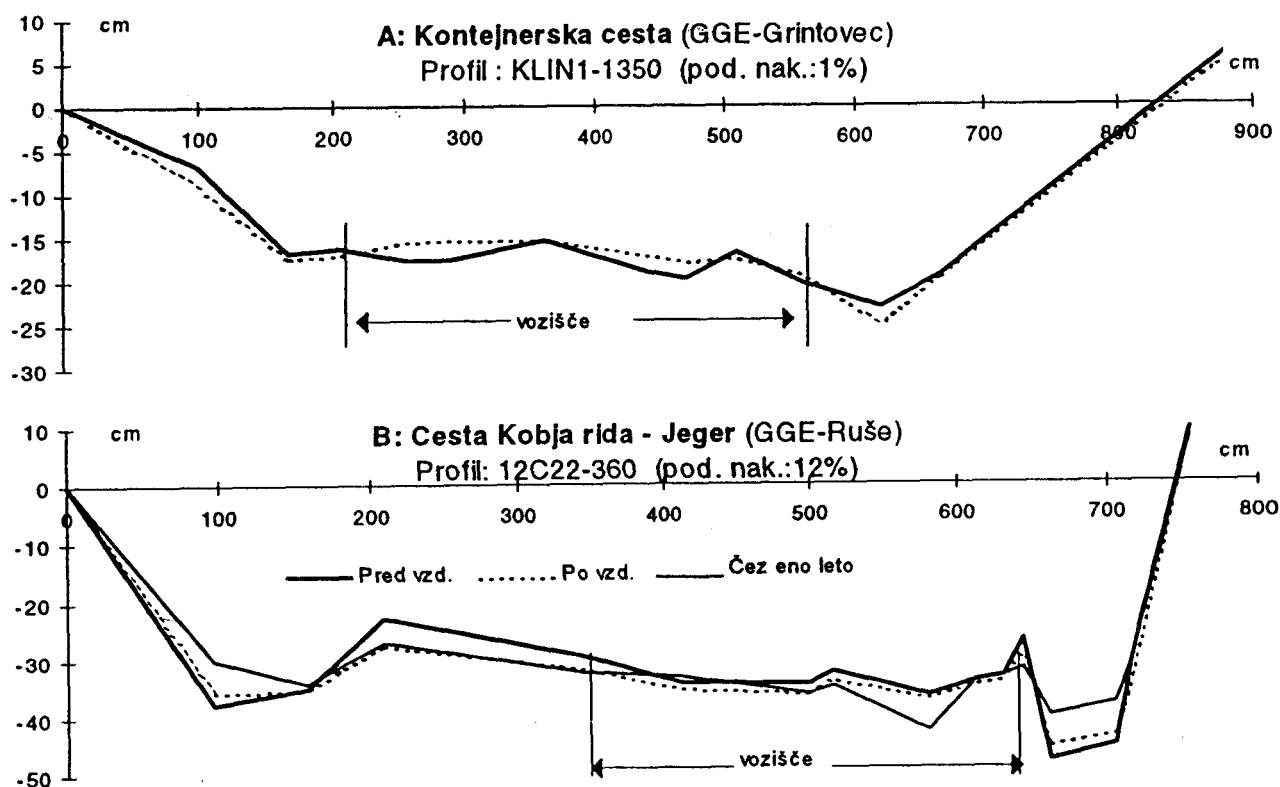
#### 3.1 Testni objekti

Po končanih testiranjih zanesljivosti meritev, ki smo jih opravljali z avtomatskim nivelirjem, smo izbrali tri odseke gozdnih cest na stabilni karbonatni podlagi in tri odseke na nestabilni silikatni podlagi. Prvi trije odseki so ležali na Mariborskem Pohorju (GGE Ruše), drugi trije odseki pa v predgorju Kočevskega Roga (GGE Grintovec). Odseki so ležali na gozdnih cestah različnih kategorij, profili pa so na vsakem bloku zajemali interval 0 - 12%. Skupno smo posneli 46 profilov. Na profilih na silikatni podlagi smo posneli stanje pred tekočim vzdrževanjem, takoj po njem in še leto kasneje, na karbonatni podlagi pa zaenkrat samo stanje pred tekočim vzdrževanjem in neposredno po njem.

Povprečna poraba časa za izmero enega profila je znašala pri dveh utečenih merilcih do pol ure. Med testiranjem naprave smo dosegali na cestišču ponovljivost meritev z natančnostjo 0,5 cm.

### 3.2 Osnovne analize prečnega profila

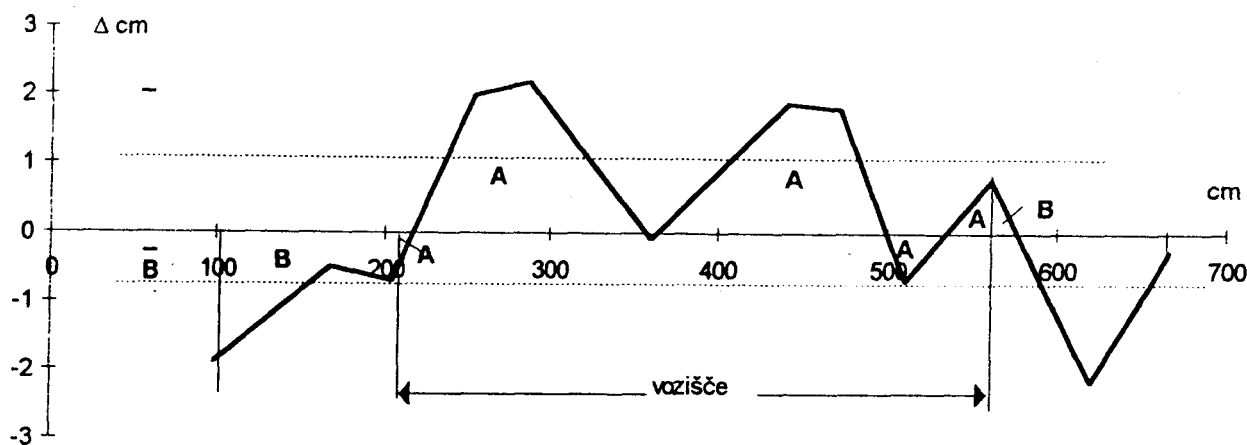
Osnovne analize pri obdelavi sprememb reliefa modelnih prečnih profilov so avtomatizirane in potekajo v dveh korakih. Prvi zajema transformacijo podatkov vsakega stanja glede na reper, transformacijo različnih stanj na absolutni koordinatni sistem in izris celotnega prečnega profila. Dva primera takega izrisa sta prikazana na sliki 3.



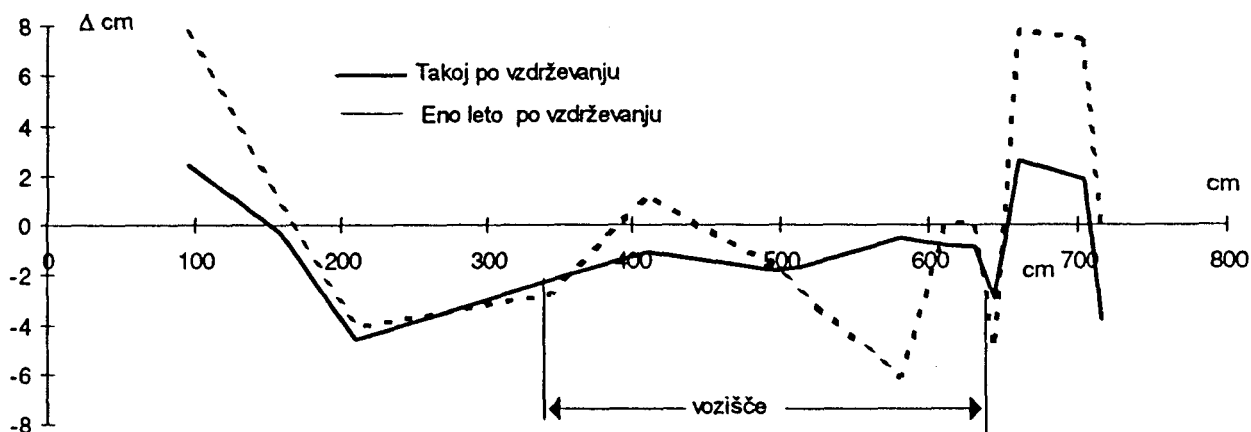
Slika 3: Primerjava profilov dveh stanj prečnega profila na karbonatni podlagi (A) in treh stanj prečnega profila na silikatni podlagi (B).

Prvi primer prikazuje običajne razmere pri tekočem vzdrževanju z grederjem, kjer dosegamo zahtevano obliko prečnega profila ob minimalnem dodajanju novega materiala. To je lepo razvidno na sliki 4, kjer so prikazane razlike glede na izhodiščno stanje. V drugem primeru (profil na velikih naklonih in nestabilni hribini) pa je material z roba ceščišča vzdolžno premeščen, jarki niso bili očiščeni. Material na vozišču je bil odstranjen, 'nov' zgornji ustroj pa je ostal neutrjen. Stanje takega profila čez eno leto je pričakovano, saj prečna neravnost vozišča narašča, jarki se zatrpavajo z materialom z vozišča, kar je nazorno razvidno s slike 5.

Drugi korak v obdelavi sprememb reliefa prečnega profila je izračun bilance materiala ločeno za vozišče in preostali del cestišča. Iz omenjene analize ni mogoče sklepati na količino navoženega materiala, temveč le na povprečno debelino nasutja. Ta se izračuna kot tehtana aritmetična sredina, pri čemer predstavlja utež vsota polovičnih razdalj do sosednjih točk.



Slika 4: Oblikovanje prečnega profila z minimalnim dodajanjem novega materiala ( $\Delta$ cm so odstopanja od prvotnega profila - plus pomeni nasutje materiala)



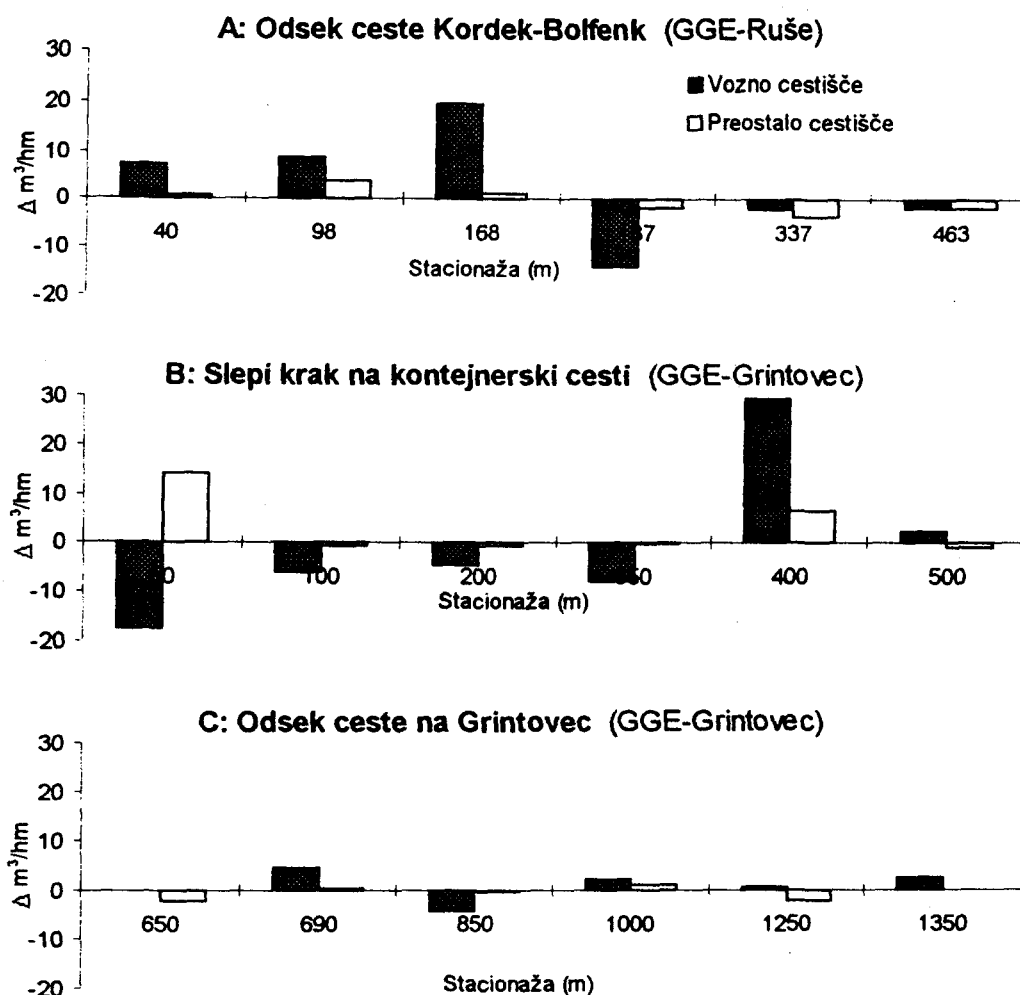
Slika 5: Spremembe oblike prečnega profila gozdne ceste eno leto po tekočem vzdrževanju

### 3.4 Primerjave med testiranimi odseki

Logično nadaljevanje obdelav zbranih podatkov nas navaja k izračunu povprečnega nasutja na obravnavanih profilih znotraj vzdrževanega odseka. Grafični prikaz vrednosti podatkov za tako zgoščevanje je za tri analizirane odseke prikazan na sliki 6. Na abscisi so zaporedno predstavljeni profili po naraščujoči stacionaži, na ordinati pa sprememba materiala, izražena v  $m^3$  na 100 metrov prometnice z dano širino. Čeprav gre pri vseh treh odsekih za tekoče vzdrževanje in ceste enake kategorije na podobnih podolžnih naklonih, vidimo, da se količina nasutja in razmerje med voziščem in okolico močno spreminjata tako vzdolž posameznega odseka kot tudi med različnimi odseki.

Prikazani rezultati nedvoumno odpirajo vprašanje racionalnosti takega vzdrževanja, pri katerem nekakovosten material vračamo na voziščče, namesto da bi bili naši posegi redkejši, vendar kakovostnejši. Analiza tovrstne problematike že posega na področje kakovosti operativnih odločitev pri načrtovanju vzdrževanja, kjer pa je potrebno meritve na profilih dopolniti z analizami materiala, vgrajenega v zgornji ustroj cestišča.





Slika 6: Primerjava nasutja materiala po profilih na treh odsekih gozdnih cest po tekočem vzdrževanju

## 4 DISKUSIJA

### 4.1 Razvoj metode in naprave

Oblikovana metoda v celoti dosega postavljene cilje za potrebe metode večstopenjske analize modelnih prečnih profilov in proučevanja vzrokov za poškodbe prometnic. Moti relativno velika poraba časa za kalibriranje laserskega profilomera, zato razmišljamo o zamenjavi laserske libele z avtomatskim laserskim nivelirjem. Taka dograditev merilne priprave bi olajšala in pospešila meritve, v skrajnem primeru pa omogočala izvedbo meritev prečnega profila enemu samemu merilcu. Modificirano verzijo metode testiramo tudi pri

spremljanju erozije na vlakah. Nadaljnji razvoj metode v smeri morebitne komercialne uporabe bo odvisen od odziva strokovne javnosti.

## 4.2 Razvoj aplikacij

Zahtevnejše je vprašanje razvoja morebitnih novih aplikacij metode pri preverjanju kakovosti vzdrževanja gozdnih prometnic. Izolirana uporaba rezultatov sprememb reliefa cestišča je v literaturi redka, vse pogosteje pa zasledimo razne variacije metode kot dopolnilo študijam erozijski procesov na prometnici (FOLTZ 1996) ali študijam nosilnosti vozišč (KOSZTKA 1996).

Z vidika njene natančnosti uporaba pri preverjanju kakovosti izvedbe del ali za potrebe študija postopkov vzdrževanja nikakor ni vprašljiva, sporna pa je poraba časa in število ponovitev. V primeru večjih posegov pri periodičnih vzdrževanjih je to število manjše kot pri tekočem vzdrževanju. Povsem upravičena je uporaba metode v primerih arbitraž, žal pa morajo biti te načrtovanje vnaprej, da se pred posegom posname ničelno stanje profila.

## 5 SKLEP

Zagotavljanje kakovosti pri vzdrževanju gozdnih cest postaja pomembna naloga sistema vzdrževanja gozdnih prometnic. Glede na velikost finančnih vložkov v izgradnjo omrežja gozdnih cest in njegovega ohranjanja, je prav, da gozdarska stroka razvija metode preverjanja kakovosti načrtovanja vzdrževanja cest in kakovosti izvajanja vzdrževanja cest. Predstavljena metoda je eden od korakov v tej smeri, čas pa bo pokazal njeno praktično vrednost.

## 6 SUMMARY

Quality control in forest road maintenance includes the quality of a planning process and the quality of work performance, for neither of which we have a suitable method of quality control. Within the framework of the development of methods for collecting data on the investigation of reasons for road deformation and on the effects of road maintenance, a method for a multiple-phase analysis of cross-section profiles was designed. A method for taking cross-section profiles at an absolute height accuracy of below 1 cm was also developed, for which a laser level was designed, produced and tested. In addition, a programme for data entry in the field was drawn up and a series of

programme modules for data transformation and for drawing cross-section profiles were prepared. The method was tested using the example of annual maintenance of forest roads of different categories. Examples of individual phases of cross-section profile data processing are presented and some possibilities for a comparison of material distribution between individual road sections are shown.

Results of the test indicate that the new method achieves all the objectives of a multiple-phase analysis of cross-section profiles and of a causal study of road damages. From the point of view of accuracy, the method is suitable for quality control of work performance and for the study of maintenance procedures. But the time aspect and the number of measurements required are questionable. In the case of major interventions for periodic maintenance this figure is lower than for annual maintenance. The method is suitable for arbitration cases but unfortunately they have to be planned in advance since zero setting of the profile must be taken prior to the intervention.

## 8 VIRI

- FOLTZ, R., B., 1996. Traffic and no-traffic on an aggregate surfaced road: sediment production - differences. V: Seminar on environmentally sound forest roads and wood transport, Sinaia, Romania, 17-22 June 1996, ECE-FAO-ILO, Joint Committee on Forest Technology Management and Training, 13 s.
- KELLER, M., 1989. Ponašanje i održavanje neasfaltiranih cesta. Ceste i mostovi, 35/4, 131-139.
- KOSZTKA, M., 1996. Maintenance management system of forest roads. V: seminar on environmentally sound forest roads and wood transport, Sinaia, Romania, 17-22 June 1996, ECE-FAO-ILO, Joint Committee on Forest Technology Management and Training, 9 s.
- POTOČNIK, I., 1993. Poškodbe zgornjega ustroja gozdnih cest. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 42, 217-235.
- REBULA, E., 1991. Erozija na vlaki. Zbornik gozdarstva in lesarstva, BF-oddelek za gozdarstvo in IGLG, 37, 1-30.
- 1993. Zakon o gozdovih. Ur. l. RS št. 30, 1677-1691.