

TEHNOLOGIJA RADA PRI STABILIZACIJI ŠUMSKIH CESTA PRIMJENOM CEMENTA

TECHNOLOGY OF WORK IN STABILISATION OF FOREST ROADS WITH CEMENT

Dragutin PIČMAN* i Tibor PENTEK**

SAŽETAK: Izvedba šumskih prometnica na slabonosivim tlima, pretežno nizinskog dijela Republike Hrvatske, neizostavno traži primjenu jedne od mnogobrojnih metoda stabilizacije šumskog tla. Jedna od najstarijih kemijskih metoda poboljšanja tla je stabilizacija primjenom cementa. U razdoblju od početka 70-tih godina ovoga stoljeća, stabilizacija cementom se uz stabilizaciju vapnom najčešće koristila. Opis postupka poboljšanja transportnih sustava primjenom cementa, strojevi koji se pri tom postupku rabe, te raščlamba osnovnih prednosti i nedostataka u odnosu na druge stabilizacije tla i na klasičan način gradnje šumskih cesta, neke su od zanimljivosti prikazane u radu.

Ključne riječi: stabilizacija cementom, šumski transportni sustavi, nizinsko područje

UVOD – Introduction

Zadovoljavajuća otvorenost nizinskih šuma predstavlja jedan od osnovnih preduvjeta racionalnog gospodarenja njihovim bogatstvom. Kako su upravo nizinske šume te koje imaju najvrjedniju drvenu pričuvu, od interesa je za cjelokupno gospodarstvo što više smanjiti sveukupne troškove (troškove sječe i izrade, troškove privlačenja i troškove vezane uz šumske ceste) a cilj je osiguravanje veće dobiti.

Da bi se mogla postići odgovarajuća propisana kvaliteta šumskih cesta u nizinskim šumama, a na najrentabilniji način, potrebno je primjenjivati takvu tehnologiju gradnje, koja će omogućiti uporabu matičnih materijala. Problem nedostatka kvalitetnog lokalnog kamenog materijala, visokih cijena i velike transportne udaljenosti rješava se uporabom različitih sredstava za povećanje nosivosti.

Jedna od najstarijih kemijskih metoda koja se na javnim prometnicama Hrvatske počela koristiti 70-tih godina je metoda *stabilizacije tla cementom*. Tada i idućih 20-tak godina ova stabilizacija i stabilizacija vapnom uvjerljivo su držale vodeću poziciju po broju kilometara stabiliziranih šumskih cesta.

Paralelno s uporabom cementa i vapna, na naše su prostore polako prodirala novija svjetska dostignuća na polju stabilizacije javnih cesta, koja su tek kasnije svoju uporabu pronašla i kod šumskih cesta. Ti su se novi stabilizacijski materijali (RRP i ponajprije geosintetici), s vremenom pokazali bolji i jednostavniji za primjenu, te su kemijsku stabilizaciju cementom postisnuli u drugi plan.

Ipak, glede određene količine šumskih cesta koje su izgrađene primjenom cementa, te glede mogućnosti njene uporabe na terenima koji se pokažu prikladni i rentabilni za stabilizaciju upravo ovom metodom, mišljenja smo da treba opisati i slikovno prikazati postupak stabilizacije i metodologiju rada, tehnološku komponentu te preporučene strojeve za mehaniziranje cjelokupnog procesa.

* Doc. dr. sc. Dragutin Pičman, Šumarski fakultet Zagrebu
** Mr. sc. Tibor Pentek, Šumarski fakultet Zagrebu

TLA POGODNA ZA STABILIZACIJU CEMENTOM

Soils appropriate for stabilisation with cement

Poboljšanje tla cementom može se primijeniti u sljedećim slučajevima:

1. poboljšanje temeljnog tla
2. poboljšanje nasipa
3. poboljšanje posteljice.

Od gore navedenih poboljšanja nosivosti tla, stabilizacija cementom se ipak najčešće koristi pri izradi završnih slojeva donjeg stroja i kolničke konstrukcije.

Za poboljšanje tla cementom teoretski je pogodno svako tlo koje u sebi nema tvari koje bi negativno utjecale na postupak vezanja cementa. U praksi će najčešće u obzir doći prašnasti, pjeskoviti, šljunkoviti i glinoviti materijali niske plastičnosti. Gline visoke plastičnosti moguće je poboljšati cementom, međutim tada je količina cementa koju treba utrošiti za stabilizaciju takvih tala izuzetno velika.

Na navedenim vrstama tala, stabilizacija cementom primjenjuje se radi brzih i trajnih mehaničkih otpornosti i stabilnosti uvjetovanih djelovanjem mraza i vode. Osnovni zahtjevi za osobinama tla koje se stabilizira cementom su:

- indeks plastičnosti ne smije prelaziti 18
- stupanj kiselosti (pH) mora biti veći od 5,5
- udio humusa ne smije prelaziti 8 %

U određenim slučajevima moguće je djelovati na smanjenje kiselosti tla dodavanjem određene količine vapna. Pogodnost pojedinog tla za stabilizaciju određuje se u laboratoriju na način da se obave opiti postizanja propisane tlačne čvrstoće, dok se, ukoliko su zadovoljeni gornji uvjeti, orijentacijska pogodnost dobije na osnovi granulometrijskog sastava a prema poznatim dijagramima.

POSTUPAK STABILIZACIJE – Procedure of stabilisation

Cement kao hidrauličko vezivo koje se koristi pri ovoj vrsti stabilizacije najčešće je iz grupe portlandskih cementa različitih tlačnih čvrstoća ili s nekim od poznatih dodataka (zgura, pucolan), a obično se pri ovoj vrsti rada koriste cementi oznake PC 25 i PC 35.

Debljina sloja tla donjeg stroja (posteljica) koji se obrađuje cementom iznosi oko 15 cm u zbijenom stanju. Količina cementa potrebna za postizanje zadovoljavajućih stabilizacijskih učinaka iznosi od 3-7 % od mase suhoga tla.

Postupak poboljšanja tla cementom po radnim stupnjevima možemo podijeliti u sljedeće korake:

1. potrebno je provesti geomehanička ispitivanja potencijalnog tla za stabilizaciju cementom te odrediti granulometrijski sastav
2. u postojećem se tlu prema projektiranom položaju oblikuje planum sloja kojega treba stabilizirati
3. ako je materijal jače vezan, treba ga razrahiti pomoću ripera

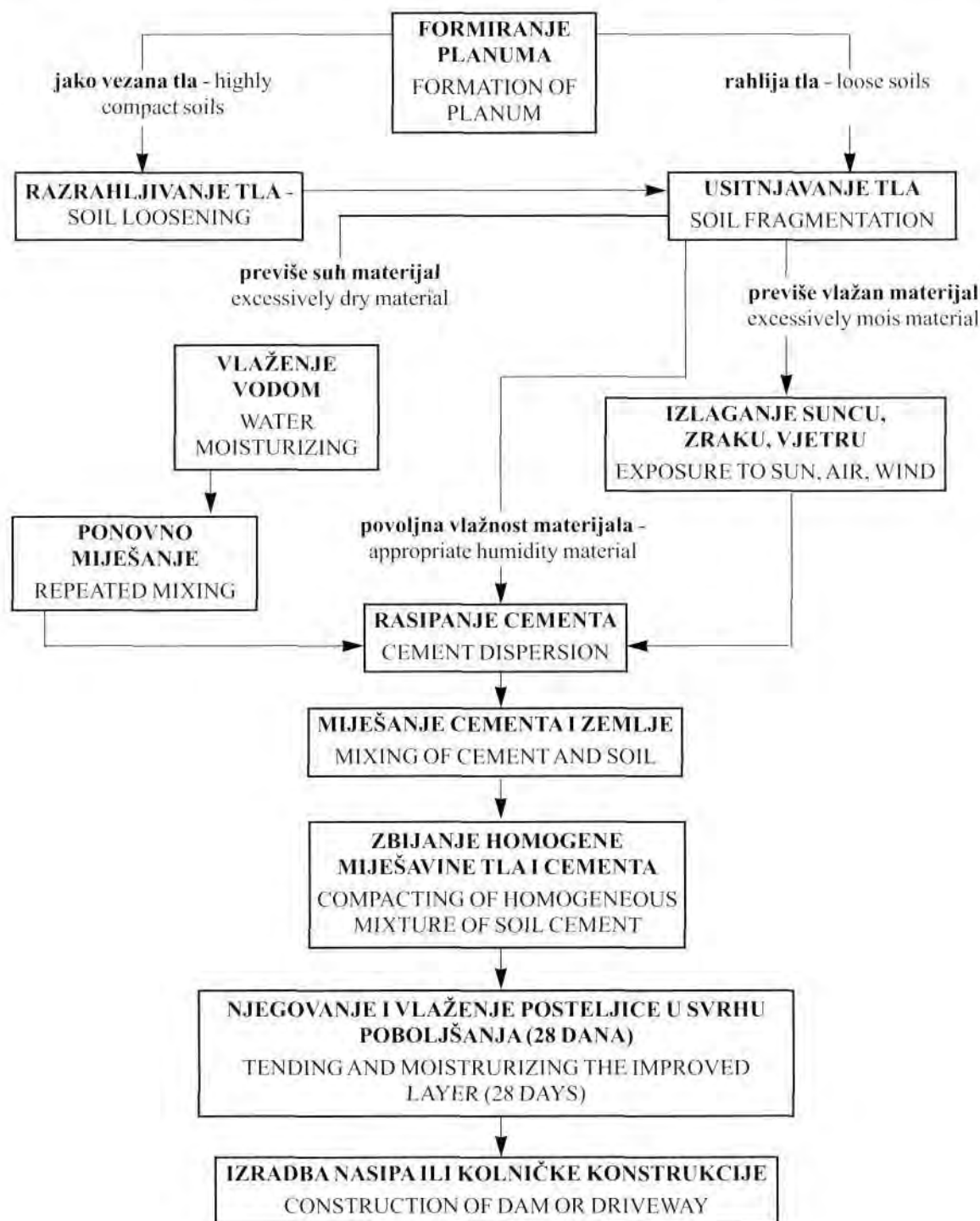
4. zemljani materijal usitnjava se rotofrezama, odnosno pomoću specijaliziranih građevinskih strojeva pulvimiksera
5. u slučaju da je usitnjeni materijal previše vlažan, treba ga isušiti izlaganjem zraku, suncu i vjetru
6. previše se suh materijal već pri usitnjavanju vlaži vodom, te se na taj način dovodi u stanje optimalne mokrine za postupak stabilizacije cementom
7. po tako pripremljenom zemljanom materijalu je dnakomjerno se posipa cement
8. zemljani materijal se strojno miješa s posipanim cementom dok se ne dobije homogena mješavina tla i cementa (homogenost se određuje vizualno prema boji)
9. homogena mješavina tla i cementa određene debljine zbija se strojevima za sabijanje zemlje sve dok se ne postigne propisana zbijenost
10. zbijeni sloj se mora njegovati vlaženjem 28 dana, te se tek nakon isteka 28 dana može pristupiti izradbi kolničke konstrukcije

PROPISANA KAKVOĆA I NJENA KONTROLA – Proper quality and its control

Stabilizirani materijal (posteljica) mora imati tlačnu čvrstoću od minimalno 1,0 MN/m². Ispitivanje čvrstoće obavlja se na valjkastim uzorcima promjera 10 cm, visine 10 cm zbijenim na stupanj zbijenosti od 100 % u odnosu na standardni Proctor. Valjci se prije ispitivanja njeguju (održavaju) 28 dana u vlažnom prostoru.

Zbijenost sloja mora biti 100 % u odnosu na standardni Proctor.

Zbijenost se može ocijeniti i vizualno tako da kamion čiji kotači izazivaju tlak od 50 kN vozi po svježem sloju, pri čemu na istome ne smiju ostati vidljivi tragovi.



Slika 1: Shema poboljšanja tla cementom po fazama rada
 Figure 1. Scheme of soil improvement with cement

STROJEVI ZA MEHANIZIRANU STABILIZACIJU TLA ĆEMENTOM

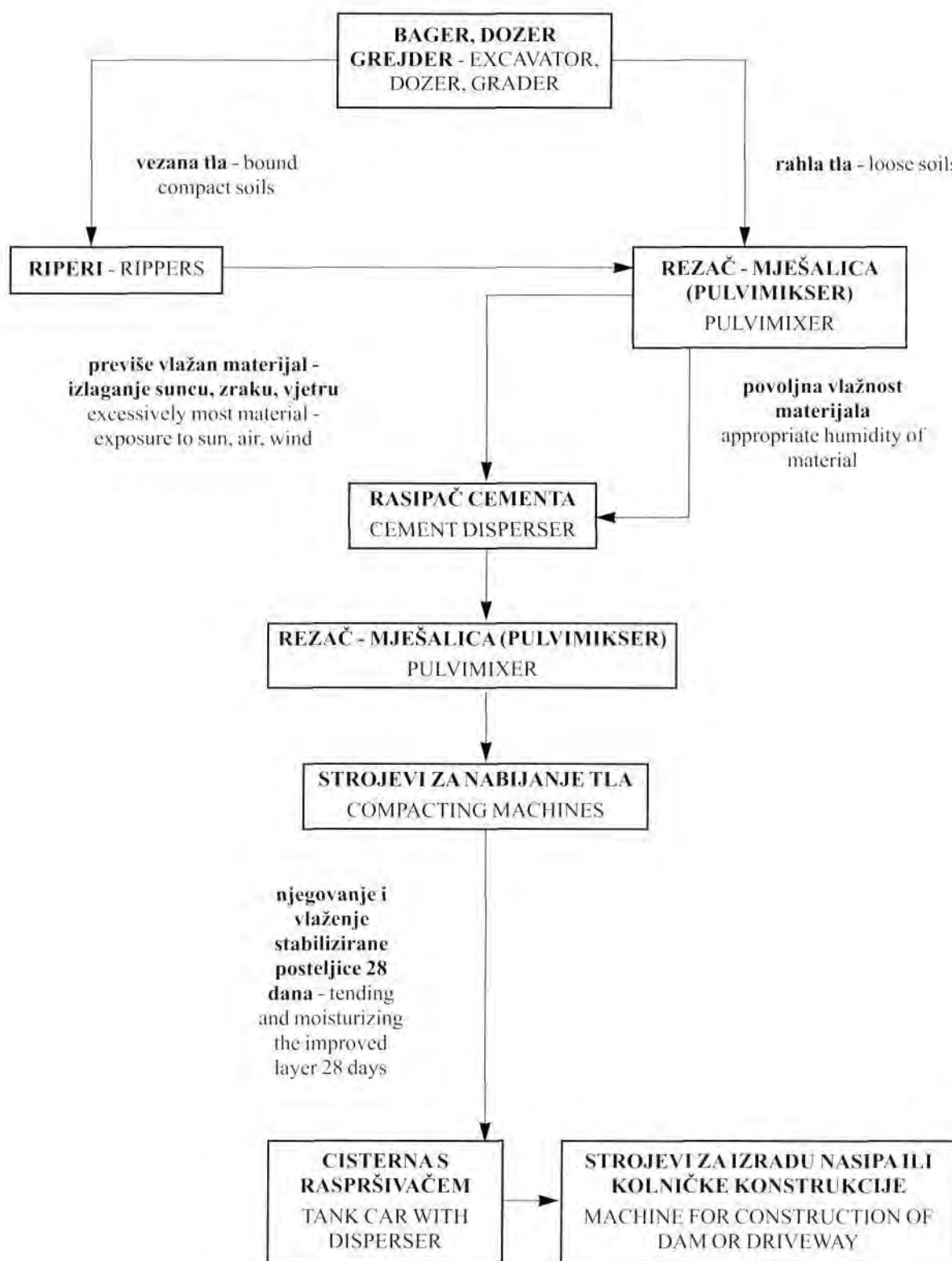
The machinery for mechanised stabilisation of the soil with cement

Prema prije nabrojanim fazama rada, pri stabilizaciji šumskih cesta cementom treba rabiti sljedeće strojeve za određene vrste radova:

1. dozeri, grejderi, a u posebnim slučajevima i bageri, koriste se za oblikovanje planuma
2. riperima se razrahljuju jako vezana tla

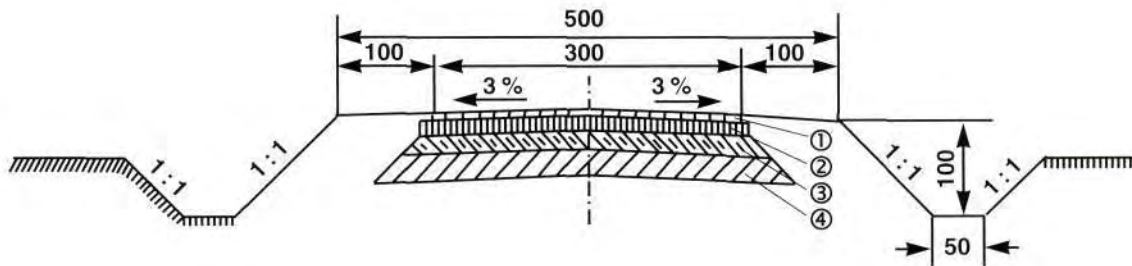
3. pulvimikseri služe za razrahljivanje tla, a ovisno o vlažnosti tla kod suhih tala treba uključiti uređaj za njegovo ovlaživanje s njegovim istovremenim usitnjavanjem; ne uključivati uređaj za vlaženje tla ako

je njegova vlažnost optimalna te ostaviti izmiješano tlo utjecaju sunca, vode i zraka ukoliko je izmiješana zemlja previše vlažna



Slika 2: Shema mogućih i najčešće upotrebljivanih strojeva pri izvedbi stabilizacije šumske prometnice cementom
Figure 2. Scheme of possible and most commonly used machines in forest road stabilization with cement

4. pomoću rasipača vapna jednakomjerno rasipati vapno po šumskoj prometnici
5. rabeći rezač-mješalicu, po potrebi obaviti ponovno miješanje i vlaženje usitnjene zemlje
6. strojevima za nabijanje zemlje (ježevi, vibrovaljci, valjci na kotačima s pneumaticima) zbiti homogenu mješavinu tla i cementa
7. cisternama s raspršivačima za vodu treba vlaženjem njegovati poboljšanu posteljicu u trajanju od 28 dana.



- 1 - Asfaltni zastor - *Bitumen surfacing* (7 cm)
- 2 - Uvaljani tucanik - *Rolled broken stone* (10 cm)
- 3 - Stabilizacija cementom - *Stabilization with cement* (15 cm)
- 4 - Stabilizacija vapnom - *Stabilization with lime* (30 cm)

Slika 3. Stabilizacija tla primjenom cementa (Jeličić, 1983.)
 Figure 3. Soil stabilization with cement, (Jeličić, 1983.)

ZAKLJUČAK – Conclusion

Stabilizacija šumskog tla cementom pri izgradnji šumskih prometnica spada u kategoriju starijih kemijskih stabilizacija tla. Svoju punu afirmaciju postigla je prije 20-tak godina. Razvojem novijih metoda poboljšanja tla te intenzivnijim mehaniziranjem poslova stabilizacije izgubila je na važnosti, međutim još uvijek se zbog svojih specifičnosti nalazi u uporabi u nekim dijelovima Hrvatske.

Pri samom postupku stabilizacije možemo izdvojiti devet osnovnih faza rada (uz neophodnu provedbu geomehaničkih istraživanja). Za te faze rada, pri značajnom mehaniziranju radova stabilizacije, preporuča se uporaba devet grupa strojeva (po jedna grupa strojeva za svaku fazu rada).

Najznačajniji učinci koji se mogu polučiti ovom metodom su:

- smanjenje indeksa plastičnosti nenosivih šumskih tala
- smanjenje najveće volumne težine određene prema Proctoru
- povećanje indeksa nosivosti CBR, odnosno modula stižljivosti
- smanjena osjetljivost na vodu.

Glede zaključaka vezanih za promjenu tehničkih karakteristika tla, a u cilju bolje i jeftinije izgradnje šumskih prometnica omogućuje se:

- uporaba lokalnih materijala koji se mogu naći u blizini gradilišta ili na samoj trasi puta
- smanjivane količine kamenog materijala
- omogućavanje šumskog transporta i po najlošijim terenima sa stajališta male nosivosti
- prohodnost izgrađenih cesta po svakom pa i najlošijem vremenu
- smanjivanje srednje udaljenosti privlačenja drva
- odabir najpovoljnije inačice šumske ceste bez tretiranja nenosivih i slabonosivih šumskih tala, kao ograničavajućeg čimbenika prolaska trase šumske ceste
- mogućnost znatnog mehaniziranja radova, čime se postiže veća učinkovitost uz istovremeno nižu ukupnu cijenu izvedbe ceste
- prilično širok opseg tala koja su pogodna za ovu metodu stabilizacije
- smanjenje troškova održavanja izgrađenih šumskih cesta ukoliko su zadovoljeni svi uvjeti za kakvoćom izvedbe.

LITERATURA – Literature

1. Flögl, S., 1955: Gradnja šumskih puteva i pruga, Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb, str. 33-54.
2. Beslač, J., 1989: Materijali u arhitekturi i građevinarstvu, Školska knjiga, Zagreb, str. 101-136.
3. Jeličić, V., 1983: Šumske ceste i putevi, (skripta) SIZ odgoja i usmjerenog obrazovanja šumarstva i drvne industrije SRH, Zagreb, str. 95-142.
4. Pičman, D., 1981: Strojevi za zbijanje tla kod izrade šumskih prometnica, Mehanizacija šumarstva 6 (3-4): 131-136
5. Pičman, D. & T. Pentek, 1996: Metode rada pri stabilizaciji kod izgradnje šumskih prometnica, zbornik savjetovanja Izazovi šumske tehnike, str. 125-132.
6. Pičman, D. & T. Pentek, 1996: Prilog poznavanju uporabe strojeva za stabilizaciju šumskih prometnica vapnom, Mehanizacija šumarstva 21 (2): 87-96,
7. Pičman, D. & T. Pentek, 1996: Stabilizacija šumskih transportnih sustava vapnom, Mehanizacija šumarstva 21 (2): 83-85.
8. Plivalić, S., 1996: Stabilizacija tla pri gradnji šumskih cesta na području Uprave šuma Vinokovci, Diplomski rad, Šumarski fakultet, Zagreb, str. 1 - 42.
9. Slunjski, E., 1995: Strojevi u građevinarstvu, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb, str. 1-135.
10. Šikić, D., Babić, B., Topolnik, D., Knežević, I., Božičević, D., Švabe, Ž., Piria, I., Sever, S., 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste, Znanstveni savjet za promet JAZU, Zagreb, str. 1-38.

SUMMARY: The construction of forest roads on forest soils that have weak carrying capacity, mostly in low-lying parts of the Republic of Croatia, unquestionably makes demands upon application one of the numerous methods of stabilisation of forest soils. One of the oldest chemical methods of soil improvement is stabilisation by the use of cement. Since the beginning of the 1970s, the stabilisation with cement as well as lime, were the most common methods. The description of the procedure for the improvement of transport systems by the use of cement, the machinery used in the process, and the division of basic advantages and disadvantages in relation to other stabilisation methods as well as classical way of constructing the forest roads are some of the interesting points of this work.

Key words: stabilisation with cement, forest transport systems, low-lying areas