

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**  
**ŠUMARSKI ODSJEK**  
**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**  
**URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA**

**MLADEN ČALETA**

**TRAKTORSKA DROBILICA ZA IZGRADNJU I**  
**ODRŽAVANJE ŠUMSKIH PROMETNICA NA PODRUČJU**  
**PARKA PRIRODE VELEBIT**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, RUJAN, 2013.**



**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU  
ŠUMARSKI ODSJEK**

**TRAKTORSKA DROBILICA ZA IZGRADNJU I  
ODRŽAVANJE ŠUMSKIH PROMETNICA NA PODRUČJU  
PARKA PRIRODE VELEBIT**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša

Predmet: Okolišno prihvatljive tehnike i tehnologije

Ispitno povjerenstvo: 1. Izv. prof. dr. sc. Marijan Šušnjar  
2. Prof. dr. sc. Dubravko Horvat  
3. Mag.ing.silv. Marko Zorić

Student: Mladen Čaleta

JMBAG: 0068204858

Broj indeksa: 233/2011

Datum odobrenja teme: 27.05.2013

Datum predaje rada: 13.09.2013

Datum obrane rada: 16.09.2013

**Zagreb, rujan, 2013.**  
***Dokumentacijska kartica***

Naslov	TRAKTORSKA DROBILICA ZA IZGRADNJU I ODRŽAVANJE ŠUMSKIH PROMETNICA NA PODRUČJU P.P. VELEBIT
Title	TRACTOR STONE CRUSHER FOR FOREST ROAD CONSTRUCTION AND MAINTANENCE IN NATURE PARK VELEBIT
Autor	Mladen Ćaleta
Adresa autora	Biokovska 2, Imotski
Rad izrađen	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Izv. prof. dr. sc. Marijan Šušnjar
Izradu rada pomogao	Mag. ing. silv. Marko Zorić
Godina objave	2013.
Obujam	35 stranica, 13 slika, 7 tablica, 23 navoda literature
Ključne riječi	šumske ceste, traktorska sitnilica, kamenska sitnilica, protupožarne ceste
Key words	Forest roads, tractor shredder, chipper, crushing machinery, fire roads
Sažetak	<p>Šumske su ceste neophodne za normalno odvijanje svih radova u šumarstvu, stoga nam je cilj uspostaviti optimalnu mrežu primarnih šumskih prometnica koja će omogućiti ispunjenje zadaća propisanih Programom gospodarenja. Uspostava najbolje moguće mreže šumskih cesta na terenu odvija se kroz četiri povezane faze rada: planiranje, projektiranje, izgradnja i održavanje. Izgradnja i održavanje šumskih cesta i protupožarnih šumskih cesta imaju veliko značenje u obnašanju ostalih zadaća koje se javljaju pri gospodarenju šuma te ih s pravom nazivamo višefunkcionalnim šumskim cestama. Traktorskom sitnilicom vršimo izgradnju i održavanje šumskih cesta. Traktorskom sitnilicom uspijevamo zadovoljiti max. dubinu rada te smanjiti troškove u odnosu na samohodne sitnilice za kamen.</p>
Abstract	<p>Forest roads are necessary for normal functioning of all works in forestry. It is our goal to establish an optimum network of primary forest roads that will enable the fulfilment of the tasks prescribed by the program of management. The establishment of the best possible network of forest roads in the field goes through four linked phases: planning, designing, construction and maintenance. Construction and maintenance of forest roads and forest fire roads have great significance in performing other tasks that arise in managing forests and are rightly called multifunction forest roads. Tractor chipper we perform construction and maintenance of forest roads. Tractor chipper can satisfy max. deep work and reduce costs compared to Mower Rock chipper.</p>

## ***Predgovor***

## **Kazalo sadržaja**

<u>Dokumentacijska kartica</u> .....	I
<u>Predgovor</u> .....	II
<u>Kazalo sadržaja</u> .....	III
<u>Kazalo slika</u> .....	IV
<u>Kazalo tablica</u> .....	V
1.UVOD.....	1
1.1. <u>Metoda popravka kolnika krpanjem</u> .....	3
1.2. <u>Metoda popravka kolnika razastiranjem materijala</u> .....	4
1.3. <u>Metoda popravka kolnika poravnavanjem</u> .....	4
1.4. <u>Šumske ceste</u> .....	5
2.PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA.....	7
2.1. <u>Drobljenje kamenog materijala</u> .....	7
2.2. <u>Drobnice kamena</u> .....	7
2.2.1. <u>Čeljusne drobnice</u> .....	8
2.2.2. <u>Udarne drobnice</u> .....	9
2.2.3. <u>Kružne (rotacijske) drobnice za kamen</u> .....	9
2.2.3.1. <u>Praktična primjenjivost rotacijskih sitnilica za kamen</u> .....	11
2.2.3.2. <u>Rotacijske freze za kamen talijanskog proizvođača - FAE</u> .....	12
2.2.3.3. <u>Francuski proizvođač rotacijskih sitnilica za kamen – Plaisance Equipements</u> .....	14
2.2.3.4. <u>PTH (ProfiTeam Holzer) austrijski proizvođač priključnih strojeva</u> <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
2.3. <u>Strojevi za nabijanje usitnjenog materijala</u> .....	18
3.CILJ I METODE ISTRAŽIVANJA.....	19
3.1. <u>Praćenje rada traktorske sitnilice za kamen (FAE STCH/SD-200)</u> .....	19
3.2. <u>Prikaz karakteristika traktora CASE MX/310 MAGNUM</u> .....	21
4.PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....	22
4.1. <u>UŠP GOSPIĆ</u> .....	22
4.2. <u>OPĆINA KARLOBAG</u> .....	22
4.3. <u>PARK PRIRODE VELEBIT</u> .....	22
5.REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	26
5.1. <u>Analiza rada i nastalih troškova</u> .....	27
5.2. <u>Praćenja troškova traktorske sitnilice</u> .....	28
5.3. <u>Primopredajni zapisnik na održavanju gornjeg stroja</u> .....	30
5.4. <u>Troškovnik za izradu gornjeg stroja</u> .....	31
5.5. <u>Usporedba potrošnje goriva između dvije metode izgradnje šumskih cesta</u> .....	32
6.ZAKLJUČAK.....	32
7.LITERATURA.....	33

### ***Kazalo slika***

Slika 1. Samohodna sitnilica kamena PUMA 503.....	10
Slika 2. Samohodna drobilica kamena – Vermeer T855 COMMANDER .....	11
Slika 3. Rotacijska sitnilica kamena talijanskog proizvođača FAE sa prikazom sastavnih dijelova .	12
Slika 4. Prikaz rotacijske freze za kamen talijanskog proizvođača FAE.....	13
Slika 5. Rotacijska sitnilica za kamen francuskog proizvođača Plaisance	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 6. PTH rotacijska sitnilica kamena i ripper na poljoprivrednom traktoru	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 7. Rijač priključen na prednji podizač traktora .....	17
Slika 8. Grejder na prednjem kraju Unimog-a.....	17
Slika 9. Uređaj za sabijanje usitnjenog materijala na cesti .....	18
Slika 10. Prikaz kamenske sitnilice marke FAE STCH/SD-200.....	19
Slika 11. Prikaz traktora CASE MX/310 MAGNUM .....	21
Slika 12. Prikaz šumske ceste u Gospiću nakon prolaska kamenske sitnilice .....	25
Slika 13. Prikaz šumske ceste i rezultata rada sitnilice na području Karlobaga .....	27

### ***Kazalo tablica***

<u>Tablica 1. Prikaz najvećih modela rotacijskih sitnilica za kamen proizvođača FAE.....</u>	13
<u>Tablica 2. Prikaz karakteristika modela rotacijskih sitnilica kamena Plaisance .....</u>	15
<u>Tablica 3. Prikaz modela PTH sitnilica za kamen .....</u>	16
<u>Tablica 4. Prikaz rada traktorske sitnilice za kamen FAE STCH/SD-200.....</u>	27
<u>Tablica 5. Popis objekata, količina i ukupnih troškova .....</u>	28
<u>Tablica 6. Potrošnja goriva prilikom izgradnje šumske ceste upotrebom klasične metode</u>	31
<u>Tablica 7. Potrošnja goriva prilikom izgradnje šumske ceste upotrebom nove metode....</u>	32



## 1. UVOD

Područje pod kršem u Republici Hrvatskoj prostire se na površini od 23. 356 km<sup>2</sup> , što predstavlja 52 % ukupne kopnene površine. Krške šume s oko 44 % sudjeluju u ukupnoj površini šuma i šumskog zemljišta. Prosječna drvena zaliha krških šuma iznosi 46 m<sup>3</sup>/ha, a godišnji sječivi etat iznosi oko 390 000 m<sup>2</sup>. Šume na kršu moramo promatrati kroz: proizvodni potencijal staništa, općekorisne funkcije te činjenicu kako krške šume svojom proizvodnošću, bioraznolikošću i ljepotom značajno doprinose turističkoj privlačnosti zemlje. Pri sadašnjem integralnom, ekološki orijentiranom, intenzivnom i racionalnom gospodarenju šumama, šumska prometna infrastruktura predstavlja nezaobilazan čimbenik.

Šumske prometnice predstavljaju samo jedan ulaz pretpostavci takvoga gospodarenja šumama. Šume u mediteranskom području su po mnogo čemu osobite npr. s obzirom na dominaciju degradiranih sastojina, na nisku i manje vrijednu drvenu pričuvu, na mali prirast, na niski etat, na veliku opasnost od nastajanja šumskih požara, te s obzirom na način i cilj gospodarenja, za ovo se područje vezane i posebne šumske ceste – šumske protupožarne ceste. Šumsku protupožarnu cestu definiramo kao prosječni prostor u šumi u obliku pruge, očišćen od drveća i niskog raslinja, širine 4 m s elementima šumske ceste koji ima namjenu prolaska vatrogasnih vozila do požarišta (Pičman i Pentek, 1997).

Šumske protupožarne ceste vezane su za krško područje mediteranske regije u koji ubrajamo mediteransko – litoralni vegetacijski pojas i mediteransko – montanski vegetacijski pojas. Šumski požari su značajni za litoralni vegetacijski pojas koji ujedno čine i najveće štete za navedeno područje.

Šumske se protupožarne ceste se odlikuju jednostavnim tehničkim značajkama od šumskih cesta u gospodarskim šumama. To su šumske ceste koje ne nose naziv gospodarske šumske ceste, jer je u vrijeme realizacije njihovog projekta sirovinska baza mediteranskih šuma bila neekonomična za eksploataciju, pa je osnovna zadaća izgrađenih cesta bila protupožarna (Pičman i Pentek, 1996). Ove ceste obnašaju i sve ostale zadaće koje se javljaju pri gospodarenju šumama te ih s pravom nazivamo višefunkcionalnim šumskim cestama. Izgradnja i održavanje šumskih protupožarnih cesta važna je faza u gospodarenju šumama i šumskim bogatstvima, pogotovo ako se radi o staništima koji su skloni požarima. Šumske su ceste neophodne za normalno odvijanje svih radova u šumarstvu, stoga nam je cilj uspostaviti optimalnu mrežu primarnih šumskih prometnica koja će omogućiti ispunjenje zadaća propisanih Programom gospodarenja. Uspostava najbolje moguće mreže šumskih cesta na terenu odvija se kroz četiri povezane faze rada: **planiranje, projektiranje, izgradnja i održavanje.**

Održavanje šumskih cesta predstavlja niz građevinsko-tehničkih postupaka koje je potrebno redovito obavljati kako bi ceste zadržali u prvobitnom stanju u kojem mogu ispunjavati sve svoje zadaće.

Sveukupni troškovi kvalitetno izvedenih i isto tako održanih šumskih cesta zamjetno su niži od onih loše i prebrzo izvedenih šumskih cesta (koje u određenim periodima ne mogu ispunjavati sve svoje zadaće).

Neki od problema sa kojima se susrećemo pri izgradnji i održavanju šumskih cesta jesu:

- zahtjevi za što jeftinijim, a istovremeno dovoljno kvalitetnim (sa stajališta uporabe u šumarstvu) šumskim cestama,
- produžavanje perioda amortizacije ali i uporaba šumskih cesta izvan perioda amortizacije,
- ekonomska isplativost sveukupne investicije pod nazivom šumska cesta (sveukupni troškovi gospodarenja šumskom cestom),
- ograničena financijska sredstva kako za izgradnju tako i za održavanje.

Oštećenja trupa ceste nastaju najčešće uslijed erozivnog djelovanja vode i (ili) smrzavanja dok se popravci obavljaju tako da se oštećeni dio ceste dovede u stanje što približnije onom u kakvom je bilo prije oštećenja. Samo sprečavanje oštećenja trupa ceste i objekata usko je vezano i s održavanjem elemenata za odvodnju.

Kolničke konstrukcije spadaju u dijelove ceste koji su najviše podložni oštećenjima, jer su neposredno izložene djelovanju prometa i vremenskim utjecajima .

Održavanje obuhvaća radove potrebne da bi se kolnik ceste pod normalnim uvjetima prometa i okolice održao u što približnijem stanju prema onome u kakvom je bio kada je izgrađen .

Radovi koje treba obavljati u okviru održavanja kolničke konstrukcije različiti su, a ovise najviše o vrsti kolnika, kao i o vrstama oštećenja koja se javljaju.

Vrlo je važno da održavanje bude redovito tj. da se otklanjanju pojedinih oštećenja pristupi što prije kako bi se spriječila daljnja progresivna oštećenja. Ako se tako postupa troškovi za održavanje bit će najmanji u odnosu na postignute učinke. Ako se održavanju pristupi kasnije, kada se oštećenja već znatnije povećaju, onda treba računati s popravcima ili sanacijama koji zahtijevaju veće troškove.

Potrebno je napomenuti da se znatni efekti u pogledu dobrog djelovanja ceste mogu postići i odgovarajućom brigom i čuvanjem ceste, gdje veliku pozornost treba skrenuti na

potrebu da se ceste ako nije neophodno, ne koriste za teški promet neposredno nakon zime i otapanje snijega i leda, kao i nakon jakih kiša, kada je nosivost kolničkih konstrukcija najmanja. U protivnom će doći do velikih oštećenja jer kolničke konstrukcije gospodarskih cesta nisu dimenzionirane na takve uvjete.

Kolničke konstrukcije bez veznog zastora su različite vrste kamenih kolnika koji su najčešći na šumskim cestama.

Kameni su kolnici posebno osjetljivi na protjecanje površinske vode s erozivnim djelovanjem, prodor površinske vode u dublje slojeve gornjeg i donjeg stroja šumske ceste te na djelovanje prometa (prometno opterećenje, prometnu učestalost i brzinu prometovanja).

Kao i kod svakog održavanja, važno je redovito obilaziti i kontrolirati kolnik, a uočene deformacije i oštećenja sanirati u začetku odgovarajućim materijalom, ljudskim radom, strojevima i metodama rada.

Poznate su tri metode održavanja kolnika bez veznog zastora:

- metoda popravka kolnika krpanjem,
- metoda popravka kolnika razastiranjem materijala,
- metoda popravka kolnika poravnavanjem.

### **1.1.METODA POPRAVKA KOLNIKA KRPAJEM**

- Ova metoda spada u radove redovitog održavanja šumskih cesta. Provodi se stalno, a posebno nakon obilnih kiša i po završetku sječe i otpreme posječenog drva sa pomoćnih stovarišta u šumi.
- Početna se oštećenja kolnika u obliku otvorenih površina i udubljenja, popunjavaju dodatkom novog oštrijeg i sitnijeg materijala tzv. kamena sitnež (spojni kameni materijal krupnoće 0-3 ili 0-7 mm) koji se poravnava lopatom, a sabija stalnim prijelazima teških vozila pri redovitom prometovanju.
- Kod krpanja udarnih rupa prvo se ukloni blato, izradi se vertikalni zasjek i ugradi novi tucanik iste vrste i kvalitete kao postojeći. Dobra se kvaliteta vezanja novog materijala s postojećim postiže kod vlažnijih zastora.
- Ova se metoda popravka kolnika ne izvodi za vrijeme mraza i tijekom suše zbog nemogućnosti vezanja sitnijih kamenih čestica.

- Nedostatak je ove metode neravna površina kolnika koja ostaje na šumskoj cesti nakon krpanja pojedinačnih oštećenih dijelova. Prolaskom vozila dio se materijala utiskuje, a dio rastresa. Nakon utiskivanja materijala na rubovima kolnika se javljaju dijelovi slabije nosivosti gdje bi s vremenom mogle nastati nove udarne rupe.

### **1.2.METODA POPRAVKA KOLNIKA RAZASTIRANJEM MATERIJALA**

- Ubraja se u radove investicijskog održavanja jer se kolnička konstrukcija popravlja (obnavlja) na većoj površini.
- Popravak kolnika obavlja se strojnim radom, a započinje brazdanjem starog kolničkog zastora pomoću rijača (ripera). Izbačeni se kameni materijal prosijava i priprema za ponovnu ugradnju. Novi se sloj tucanika razastire u debljini oko 8 cm te se, uz održavanje optimalne vlažnosti, valja od rubova kolnika prema sredini. Na ovako izrađeni novi sloj tucanika posipa se i zatim uvalja spojni kameni materijal.
- Dublje udarne rupe i kolotrage koji se nalaze na popravljanoj dionici šumske ceste treba prije provedbe opisanog postupka popravka ispuniti krupnijim kamenim materijalom i uvaljati.
- Ova je metoda popravka kolnika bolja u usporedbi sa metodom popravka kolnika krpanjem jer je površina kolnika ravna i nema mogućnosti nastanka novih oštećenja (kao posljedice popravka). Nedostatak predmetne metode popravka kolnika je njena cijena.
- Na šumskim se cestama vrlo često koristi kombinacija popravka kolnika krpanjem i razastiranjem materijala. Na dionicama šumske ceste koje su u boljem stanju koristi se metoda krpanja, a na onim dionicama u lošijem stanju koristi se metoda poravnavanja kolnika.

### **1.3.METODA POPRAVKA KOLNIKA PORAVNAVANJEM**

- Ovo je potpuno mehanizirana metoda popravka kolnika, a pri radu se koristi grejder.
- Koristi se na šumskim cestama sa kolničkom konstrukcijom završnog sloja izvedenog od sitnijeg kamenog materijala krupnoće zrna do 20 mm.
- Poravnavanje započinje prolaskom grejdera koji skida neravnine na kolniku i izravna kolnik. Kameni materijal koji grejder skida zatrpava kolotrag, postiže se planirana visina i priprema kamene podloga za izradu novog kamenog sloja.

- Kameni materijal se nasipa za novi sloj kolničke konstrukcije koji grejder rasprostire i poravnava po čitavoj površini oštećene dionice. Visina novog sloja mora biti najmanje 5 cm kako daska grejdera ne bi na površinu izbacivala krupniji kamen. Grejder planira kameni materijal od ruba kolnika prema sredini. Za dobro provedeni popravak manje oštećenih kolnika potrebno je do šest prolazaka grejdera (kod jačih oštećenja potrebno je više prolazaka grejdera).
- Grejderom se godišnje može održavati između 150 i 300 km šumskih cesta.
- Odabir metode koja će se koristiti za popravak kolnika ovisi, prije svega, o vrsti i veličini oštećenja kolnika.

#### **1.4.ŠUMSKE CESTE**

Prema svojoj osnovnoj namjeni, ove šumske ceste imaju bitno manje prometno opterećenje i frekvenciju prometa. No ove vrste šumskih prometnica podliježu svim propisanim zakonskim uvjetima, normama i pravilima odnosno da se pri planiranju, projektiranju, građenju u održavanju treba pridržavati postojećim tehničkim uvjetima za gospodarske ceste. Širina planuma iznosi 4,00m. Kosine iskopa iznose od 1:1 do 1:4, a nasipa se kreću od 1:1,5 do 1:1. Nagib nivelete odnosno uzdužni nagib ceste iznosi 8 % s malim odstupanjem + ili -. Kolnička konstrukcija izvodi se od drobljenoga kamenog materijala (običnog matičnog kamenog materijala) u debljini slojeva od 15 do 25 cm (najčešće 15 cm). Kada se makadam izrađuje na kamenitom terenu, onda debljina zastora može biti 10 cm jer kameno tlo ima dobru nosivost. Gornji ustroj izvodi se od matičnog kamenog materijala, kojega u pravilu na krškim terenima nalazimo u izobilju. **Za izgradnju gornjeg ustroja uporabom matičnog kamenog materijala nužno je imati drobilice kamena, koje na samom gradilištu (trasi ceste) pripremaju kameni materijal potrebne granulacije.** Za održavanje šumskih cesta koristi se isti drobljeni materijal.

Uporabom drobilica i matičnog kamenog materijala snižava se cijena gradnje i održavanje šumskih cesta, budući se iz strukture troškova u potpunosti eliminira transport kamenog materijala iz najčešće udaljenih kamenoloma, dok je priprema kamenog materijala na trasi ceste već djelomično obuhvaćena cijenom iskopa.

Značaj izgradnje novih i održavanje postojećih šumskih protupožarnih prometnica ima vrijednost koja višestruko premašuje novčani iznos uloženi u njenu izgradnju. Zbog nedostatka šumskih protupožarnih prometnica u sklopu radova jednostavne biološke reprodukcije, šumski požari najčešće nanose velike gospodarske štete, a ponekad i tragične

posljedice. Oprezno i sve obuhvatno proučavanja šumskih požara te uvid u evidenciju nepovratnih gubitaka, upućuje nato da su dobro isplanirane šumske protupožarne prometnice neophodne za suzbijanje šumskog požara.

Izgradnja je protupožarnih prometnica iznosila 1,5 milijuna EUR/god., a štete koje nastaju izostajanjem korisnih funkcija šuma uslijed požara iznose približno 9,5 milijuna EUR/god. (Pentek i dr. 2007). Stoga je trošak izgradnje protupožarnih prometnica prihvatljiv u usporedbi sa nepovratnim gubitcima požarom opustošenog područja. Kako su današnji radovi na izgradnji protupožarnih prometnica obično stvarali veće materijalne troškove, pokušalo ih se smanjiti primjenom **različitih drobilica kamena**.

## **2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA**

### **2.1.DROBLJENJE KAMENOG MATERIJALA**

Koji su osnovni tehnološki procesi u proizvodnji kamene sitneži?

Samo sijanje uz ili bez prethodnog predrobljavanja odnosno mljevenja prosijane krupnozrnate kamene sitneži aluvijalnog porijekla. Drobljenje s sijanjem krupno iskopanog kamenog materijala uz njegovo daljnje predrobljavanje ili mljevenje (uz napomenu da prerada miniranog kamenog materijala uz navedeno može obuhvatiti također njegovo prethodno rešetanje ukoliko je pomiješan s tehnološki nepovoljnim zemljanim i sličnim trošnim sastojcima koji čine tzv. jalovinu).

***U pogledu obilježja zrnatosti, kamene drobilice razlikujemo :***

- grubo drobljenje promjera drobljenca iznad 64 mm,
- srednje grubo drobljenje promjera do 64 mm,
- sitno drobljenje promjera zrna do 32 mm,
- grubo mljevenje promjera kamene sitneži do 4 mm,
- sitno mljevenje promjera zrnaca do najviše 0,25 mm iznimno 0,71 mm (primjerice tzv.kameno brašno),
- koloidno mljevenje promjera "čestica" manjeg od 0,063 mm.

*Mehaničko drobljenje u smislu tehnike i tehnologije djelovanja opreme za drobljenje na kameni materijal može biti:*

- 1.drobljenje pritiskom što je drobljenje tzv. "statičkim putem" gdje veliku ulogu u procesu drobljenja ima trenje između kamena i strojnih dijelova koja drobe kamen,
- 2.drobljenje udarom što je drobljenje tzv."dinamički putem",
- 3.drobljenje gnječenjem kao kombinacija navedenih drobljenja udarom i pritiskom ,

### **2.2.DROBILICE KAMENA**

Osnovna strojno-tehnološka oprema za usitnjavanje kamena su drobilice za kamen, a razlikujemo:

- **kružne (rotacijske) drobilice koje drobe pritiskom,**
- **udarne drobilice koje drobe udarom,**
- **čeljusne drobilice koje drobe gnječenjem.**

U tehnološkom postupku proizvodnje kamene sitneži, u postrojenju drobilane, kao primarne drobilice za kamen uglavnom najčešće koriste se čeljusne drobilice dok se kao sekundarne uglavnom koriste udarne i kružne drobilice ili mlinovi.

Čeljusne drobilice su najstarije vrste drobilica koje se još uvijek uspješno rabe za drobljenje svih vrsta kamenih materijala, bez obzira na njihova ukupna fizičko-mehanička svojstva, a posebno u pogledu njihove **“drobivosti” (drobivost se može shvatiti kao neki oblik manjeg ili većeg otpora kamena prema drobljenju).**

Razlog tomu je njihova jednostavna radna koncepcija i sukladno tome pripadna strojna konstrukcija s razmjerno niskim pogonskim proizvodnim troškovima.

### **2.2.1. ČELJUSNE DROBILICE :**

Drobljenje pri čeljusnim drobilicama omogućavaju dvije posebno oblikovane ploče od posebnog čelika međusobno smještene u obliku čeljusti ili slova "V". Jedna ploča je nepomična, a druga je pomična pri čemu se pomična ploča naizmjenično giblje (njiše) s jedne na drugu stranu prema nepomičnoj ploči. Prilikom gibanja jedne ploče prema drugoj između njih se drobi kamen. Nepomična ploča stoji u približno uspravnom položaju a pomična ploča je pod kutom. Na taj način se u gornjem dijelu prostora između čeljusti izvodi većim dijelom drobljenje udarom a u donjem dijelu većim dijelom pritiskom ("trljanjem"). Veličina otvora (razmak) između pločana dna čeljusti ("izlazni otvor drobilice") određuje veličinu drobljenja te prolaz drobljenog materijala kroz drobilicu a time ujedno učinak drobilice.

Čeljusne drobilice u načelu ne daju kvalitetnu drobljenu kamenu sitnežu po obliku zrna ni pogrulometrijskom sastavu, a što je razlog da se u drobilanama koriste najčešće kao primarne drobilice. Oblik drobljenog kamena je uglavnom kockast ("kubičast") i jednolikog je granulometrijskog sastava po određenom promjeru drobljenog zrna.

**Primarne čeljusne drobilice dijele se u pogledu načina drobljenja i same konstrukcije na;**

- čeljusne drobilice s njihalom (njihajuće čeljusne drobilice, čeljusne drobilice s dvostrukim koljenom, imenuju se također po svom konstruktoru drobilice tipa "Blake"),
- čeljusne drobilice s ekscentrom (čeljusne drobilice s jednim koljenom).

Kod čeljusnih drobilica s njihalom pomična ploča učvršćena je u gornjem dijelu a giblje se u donjem dijelu. Pri tomu gibanje donjeg dijela ploče omogućava njihalo koje je pomoću



motke ili spojnice spojeno s pomičnom pločom. Stoga ova vrsta čeljusnih drobilica više drobi udarom, a manje pritiskom (trenjem) pri izlaznom otvoru.

Obzirom na način kretanja materijala između ploča i način drobljenje u pojedinim dijelovima prostora čeljusti, ove drobilice imaju manje habanje čeljusti nego ekscentrične drobilice. Stoga se primjenjuju za drobljenje tvrdih abrazivnih posebice miniranih kamenih materijale u stalnim postrojenjima.

Kod čeljusnih drobilica s koljenom pokretna ploča je odnosno čeljust učvršćena u donjem dijelu a pomiče se amo tamo u gornjem dijelu. Ekscenta je smješten na gornjem dijelu pomične čeljusti. Lakše su od čeljusnih drobilica s njihalom pa se posebice koriste u prenosivim lako demontažnim i pokretnim (vučenim ili samohodnim) drobilanama.

### **2.2.2.UDARNE DROBILICE :**

Udarne drobilice "proizvode" vrlo kvalitetan drobljenac i po obliku i po granulometrijskom sastavu kamene sitneži. Imaju razmjeno veći utrošak energije i habajućih dijelova. Primjenjuju se uglavnom za sekundarno drobljenje ili predrobljavanje svih vrsta kamenih materijala u smislu njihova geološkog porijekla i fizičko-mehaničkih svojstava. Međutim, razmjerno su neekonomične pri drobljenju jako tvrdih, čvrstih te posebice abrazivnih kamenih materijala eruptivnog ili metamorfnog porijekla te dolomitiziranih sedimentnih stijena .

### **2.2.3.KRUŽNE (ROTACIJSKE) DROBILICE ZA KAMEN:**

Kružne drobilice drobe pritiskom pri čemu trenje igra odlučujuću ulogu. Stoga se uglavnom primjenjuju za drobljenje čvrstih, tvrdih i jako abrazivnih kamenih materijala posebice onih s velikim učešćem silicija u svojem sastavu. Navedeno ne znači da se kružne drobilice ne koriste za drobljenje ostalih vrsta kamenih materijala posebice. Primjenjuju se također zbog svoje ekonomičnosti u radu, posebice iz razloga malog utroška energije i "habajućih" dijelova, kao velike primarne (početne) kružne (pred)drobilice.

U načelu kružne drobilice daju kvalitetnu drobljenu kamenu sitnež posebice u pogledu granulometrijskog sastava pa su najčešće u primjeni kao sekundarne ili tercijarne drobilice odnosno mlinovi. Međutim kod nekih kamenih materijala posebice tanko slojevitog stijenskog porijekla oblik zrna nakon drobljenja ne zadovoljava zbog igličastog ili štapičastog izgleda.

Međutim, osim navedenih drobilica za održavanje kolničkih konstrukcija te u novije vrijeme na krškome području za održavanje cesta koristi se i rotacijska sitnilica za kamen priključena na hidraulički podizač poljoprivrednog traktora na njegovom stražnjem kraju gdje takav tip rotacijske sitnilice pogon dobiva preko priključnog vratila traktora. Prilikom rada sa sitnilicom, poljoprivredni traktor osim velike snage na priključnome vratilu mora imati i tzv. pužnu ili sporohodnu brzinu pri kojoj kretanje za vrijeme rada iznosi od 50 – 300 m/h.

Osim ovakvih traktorskih sitnilica kamena, na tržištu se mogu naći i samohodne koje uglavnom imaju veći kapacitet usitnjavanja kamena. Jedan od modela takvih sitnilica je samohodno rotacijska sitnilica **PUMA 503** austrijskog proizvođača **OELZ GmbH**. Proizvođač navodi da je ovaj stroj troškovno isplativ i veoma brz sa održivim načinom izgradnje i održavanja cesta. Radni rotor je konstruiran na način da vrši dvije uloge tijekom rada: usitnjavanje kamena i miješanje. Stroj pogoni Mercedes Benz – ov motor snage 503 KS (372 kw). Širina radnog rotora iznosi 2050mm, dok je njegova najveća radna dubina 400 mm. Brzina vrtnje motora za vrijeme rada iznosi  $640 \text{ min}^{-1}$ . Ukupna masa zajedno s rotorom iznosi 17 000 kg.



Slika 1. Samohodna sitnilica kamena PUMA 503. (Izvor: [www.oelzgmbh.com](http://www.oelzgmbh.com))

Komora za usitnjavanje kamena ujedinjuje dva sistema na jednom rotoru : serije sječivih klinova i čekića za lomljenje kamena (ukupno njih 77 sa karbidom ojačanim vrhom) u kombinaciji sa hidraulički podešavajućim poklopcem usitnjavaju materijal bilo koje tvrdoće u frakcije veličine od **0,5 do 70 mm**.

**VERMEER** je američki proizvođač koji u ponudi ima 5 različitih modela samohodnih drobilica kamena za gradnju cesta i melioraciju krškoga zemljišta obraslog makijom. Snaga pogonskih motora kreće se od 350 do 600 KS a ukupna masa od 46 do 111 tona. Radna širina drobilice se kreće u rasponu od 2,6m do 3,7 m, dok je najveća radna dubina 81 cm (63cm i 68 cm ), ovisno o modelu.

**VERMEER T855** je samohodni stroj gusjeničar težine 40 tona koji je namijenjen gruboj obradi i drobljenu kamenog tla. Svojom težinom i dijamantnim vrhovima na noževima bubanj drobi kamen snagom udara od 2 tone. Vermeer T 855 pokreće 6-cilindrični Diesel motor Caterpillar 3176 DITA Electronic s vodenim hlađenjem, maksimalne snage od 250 kW pri

2250 min<sup>-1</sup>. Hidraulički sustav je opremljen pumpom protoka 102 l/min te radnoga tlaka od 172 bara. Preko klipnog hidrauličkog motora pogoni se bubanj širine 2,6 metara s mogućnošću dubine rada do 90 cm. Dvostruki hidrostatski pogon s planetarnim prijenosnicima se koristi za pokretanje gusjenica. Oscilirajući okvir omogućuje rad na nagibu do 9,3 stupnjeva.



Slika 2. Samohodna drobilica kamena - Vermeer T855 Commander(Izvor: [www.Vermeer.com](http://www.Vermeer.com))

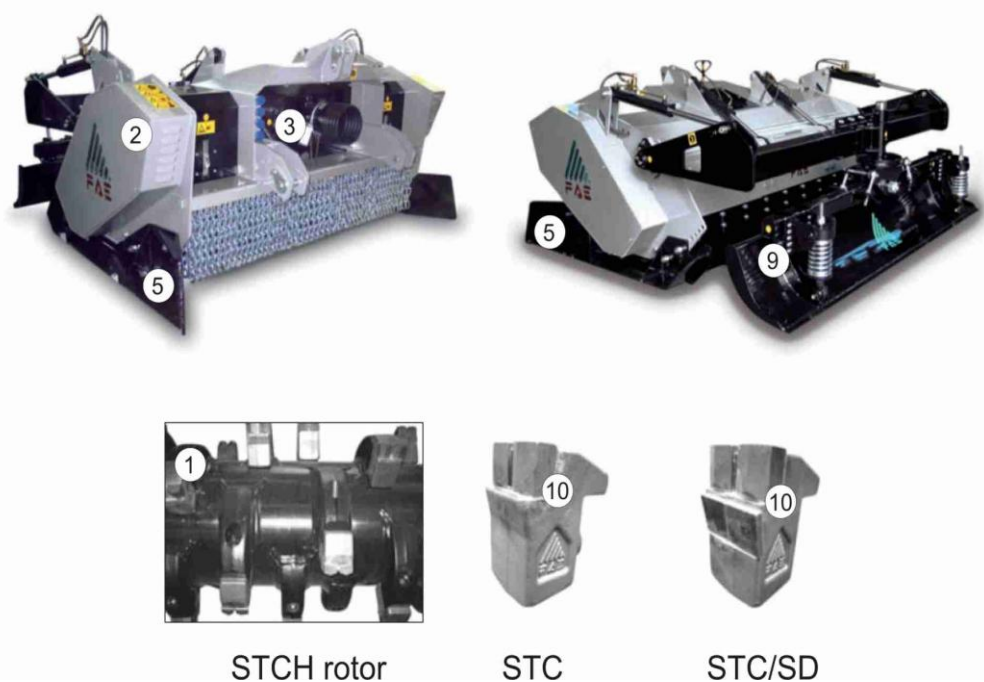
### **2.2.3.1.PRAKTIČNA PRIMJENJIVOST ROTACIJSKIH SITNILICA ZA KAMEN**

Kod izgradnje protupožarnih prosjeka s elementima šumskih cesta posebno se preporuča na objektima koji su pod vidom zaštite prirode, a također na objektima koji su udaljeniji od kamenoloma gdje se javlja velika ušteda na prijevozu kamenog materijala kamionima.

Općenito se traktorska rotacijska sitnilica za kamen sastoji od :

1. Radnog rotora sa spiralno postavljenim čekićima (rotor tip STCH)
2. Remenskog bočnog prijenosa – jedno/dvo – strani pogon radnog rotora sitnilice
3. Kardanskog vratila s limitatorom (spojkom)

4. Reduktora sa zamašnjakom za 1000 o/min (jednostrani pogon radnog rotora sitnilice)
5. Bočnih klizača – sanjki sa progresivnim kutom za prodiranje
6. Zadnjeg pokrova s hidrauličnim podizačem – cilindrima (opcijski)
7. Unutrašnjeg protunoža sa regulacijom za modele STCH (FAE)
8. Unutrašnjeg ojačanja plašta – kućišta stroja iz materijala otpornog na habanje (Hardox čelik) kod modela STCH /SD (FAE)
9. Stražnje daske za izravnavanje i niveliranje terena s hidrauličkom regulacijom i oprugama (opcijski)
10. Čekići sa umetcima od **tungsten carbida**



Slika 3. Rotacijska sitnilica kamena talijanskog proizvođača FAE sa prikazom sastavnih dijelova (Izvor: [www.fae-group.com](http://www.fae-group.com))

### 2.2.3.2. ROTACIJSKE FREZE ZA KAMEN TALIJANSKOG PROIZVOĐAČA FAE

U Hrvatskoj, točnije u javnom poduzeću „Hrvatske šume“ d.o.o. izvršena je izgradnja gornjeg stroja protupožarne šumske ceste i održavanja postojećih cesta sa rotacijskim frezama za kamen talijanskog proizvođača **FAE**.



Slika 4. Prikaz rotacijske freze za kamen talijanskog proizvođaća FAE. (Izvor Ńušnjar i dr. 2009)

U tablici 1 navedene su znaćajke 5 razlićitih tipova freza koje se mogu naći na hrvatskom trŹiŃtu spomenutog talijanskog proizvođaća.

Tablica 1. Prikaz najvećih modela rotacijskih sitnilica za kamen proizvođaća FAE.

Model	Broj radnih organa	Radna povrŃina	Ukupna Ńirina	Potrebna snaga	Masa stroja	Promjer usitnjavanja	Dubina rada
	STC +STC/SD						
<b>STCH</b>	kom	cm	cm	KS	kg	mm(max)	mm(max)
STCH 200	46 STC +4 STC/SD	200	255	180-200	4300	500	400
STCH 225	52 STC +4 STC/SD	224	279	200-280	4540	500	400
STCH 250	58 STC +4 STC/SD	248	303	220-280	4780	500	400
STCH/SD 225	52 STC +4 STC/SD	224	279	200-300	4770	500	400
STCH/SD 250	58 STC +4 STC/SD	248	303	220-300	5120	500	400

Kao što se može vidjeti iz tablice 1 broj čekića na bubnju varira ovisno o radnoj širini sitnilice. Svaki bubanj bez obzira na širinu ima određeni broj čekića tipa STC (STone Crusher) i 4 čekića tipa STC/SD (side scraper) koji se nalaze na rubovima bubnja.

Sve prikazane rotacijske sitnilice imaju najveću radnu dubinu od 40 cm i mogu usitniti frakcije kamena promjera do 50 cm. Masa im se kreće od 4300 kg za najuži model (STCH 200) kod kojeg je radna širina 200 cm pa do 5120 kg za najširi model (STCH/SD 250) čija je radna širina 248 cm. Najmanja snaga potrebna za pogonnajuže rotacijske sitnilice iznosi 180 KS dok za pogon najšire sitnilice deklarirana najmanja snaga iznosi 320 KS.

Talijanski proizvođač rotacijskih sitnilica za kamen ima u ponudi i modele sa manjom radnom dubinom – do 15 cm (model STCL/R) i 30 cm (model STC/R) sa najmanjom radnom širinom od 135 cm, odnosno 158 cm gdje je najmanja deklarirana snaga traktora potrebna za pogon sitnilice 80 KS i 100 KS.

**2.2.3.3. PLAISANCE EQUIPEMENTS** je francuski proizvođač rotacijskih sitnilica za kamen sa 35 – godišnjim iskustvom. U skladu sa stalnim razvojem, u proizvodnji paleti trenutno imaju pet modela, od onih za upotrebu, u vinogradarstvu do industrijskih sitnilica, koje se upotrebljavaju za gradnju i održavanje cesta, šumskih puteva i cesta, javnih površina, skijaških staza itd.



Slika 5. Rotacijska sitnilica za kamen francuskog proizvođača Plaisance (Izvor:

[www.plaisance-equipements.com](http://www.plaisance-equipements.com)

Rotacijske sitnilice kamena spomenutoga proizvođača raspoložive su za snagu traktora od 35 do 360 KS i opremljene su hidrauličnim stražnjim vratima radi omogućavanja konstantne kvalitete (promjera) usitnjavanje kamena. Ojačani čekići klizači i fiksni čekići od *carbida daju* sitnilicama optimalni vijek trajanja i lako održavanje. Čekići su na rotoru spiralno postavljeni čime je postignuta velika iskoristivost stroja i spriječeno podrhtavanje. Lančana zavjesa na prednjoj strani štiti traktor od oštećenja. Kućišta ležajeva su specijalno razvijena od strane proizvođača na način da podnesu velika opterećenja i udarce zajedno sa ležajevima velike izdržljivosti. Dijelovi sitnilica koji su izloženi udarcima lomljenog kamena su izrađeni od čelika otpornog na habanje, dok je kućište izrađeno od čelika otpornog na istežanje. Specifičan dizajn kućišta i radnog rotora omogućava uporabu stroja u vlažnim uvjetima.

Tablica 2. Prikaz karakteristika modela rotacijskih sitnilica kamena **Plaisance**

Model	Broj čekića	Širina rotora mm	Radna širina mm	Snaga traktora HP	Masa stroja kg
BV 401	15-25	550-1000	750-1200	35-60	560-900
BM 401	25-35	1000-1400	1250-1650	50-130	880-1100
BM 501	40-55	1600-2200	2000-2600	90-180	1350-1850
BM 600	40-50	2000-2500	2450-2950	180-360	2200-2900
GARGANTUA	45-55	2000-2200	2400-2600	200-360	3100-3400

**2.2.3.4.PTH (PROFITEAM HOLZER)** je austrijski proizvođač priključnih strojeva za gradnju i održavanje cesta. Osim rotacijskih sitnilica kamena, proizvode i oruđa za ripiranje čija je radna dubina do 35 cm i najčešće se koriste zajedno, ripper (rijač) na prednjem, a sitnilica na stražnjem hidrauličkom podizaču poljoprivrednog traktora.

Rotacijska sitnilica kamena građena je način kao i prethodno prikazane sitnilice dok je najveća razlika uočljiva na samom bubnju te rasporedu i načinu učvršćivanja čekića na njega. Naime, raspored čekića na bubnju nije spiralan, sam bubanj nema plašt na svom obodu tj. rešetkaste je konstrukcije. Čekići su stoga učvršćeni u rešetkastoj strukturi bubnja. Proizvođač napominje da je kod takve konstrukcije bubnja zamjena čekića olakšana, jednostavna i brza.



Slika 6. PTH rotacijska sitnilica kamena i riper na poljoprivrednom traktoru.

(Izvor: [www.pthproducts.com](http://www.pthproducts.com))

U svom proizvodnom asortimanu **PTH** nudi 4 razliĉita modela rotacijskih sitnilica kamena ĉije su karakteristike navedene u tablici 3.

Tablica 3. Prikaz modela PTH sitnilica kamena.

<b>PTH sitnilica kamena</b>	200 special	250 special	2000 - HD	2500 - HD
Pogon bubnja	8 visoko izdrđljivih klinastih remena na obje strane bubnja		12 visoko izdrđljivih klinastih remena na obje strane bubnja	
Masa, kg	3500	4050	5450	5850
Masa rotora, kg	850	1050	1100	1550
Radna Ńirina, mm	2000	2500	2000	2500
Radna dubina (max), mm	350	350	350	350
Snaga pogonskog traktora (min), KS	120	140	220	260

Nadalje u svojoj paleti proizvoda, proizvoĉaĉ nudi prikljuĉno oruĉe koje se spaja na hidrauliĉki podizaĉ traktora. To oruĉe je u biti grejder jer je njegov osnovni dio grejderska daska. **Grejder (engl. grader, motor grader, njem. Strassenhobel)**, tipičan, vrlo pokretljiv i razmjerno brz, graĉevinski stroj za razastiranje, planiranje i oblikovanje prethodno samljevenog materijala po planumu ceste. svih. Grejder ĉini traktorska osnova na gumenim kotaĉima (dva ili ĉetiri straga te dva sprijeda) na ĉiji je izduđeni srediŃnji okvir (povezuje



prednje i stražnje kotače) učvršćena u svim smjerovima okretna, dugačka i razmjerno uska daska. To je osnovni alat čija (p)okretljivost u razne radne položaje daje grejderu obilježja univerzalnog građevinskog stroja pa osim navedenih izvodi i niz drugih radnih zahvata pri zemljanim radovima (iskop jaraka, izvedba bankina, oblikovanje kosina, miješanje kod izvedbe stabiliziranih nosivih slojeva itd.) kao i održavanja posebice makadamskih prometnica (ravnanje planuma, čišćenje planuma, čišćenje snijega i sl.). Grejder može biti s prednje strane opskrbljen manjim dozerskim nožem, a sa stražnje manjim rijačem koji omogućuju olakšani iskop prethodnim razrahljivanjem nekih vrsta tla. Proizvođač preporučuje upotrebu rijača zajedno s rotacijskom sitnilicom. Pmoću rijača se razbija površinska struktura postojaće ili buduće ceste, te se ujedno krupnije frakcije kamena izbacuju na površinu nakon čega se sa sitnilicom usitne.



Slika 7. Rijač priključen na prednji hidraulički podizač traktora. (Izvor: [www.pthproducts.com](http://www.pthproducts.com))



Slika 8. Grejder na prednjem kraju Unimog-a. (Izvor: [www.pthproducts.com](http://www.pthproducts.com))

### **2.3.STORJEVI ZA NABIJANJE USITNJENOG MATERIJALA**

Nakon razastiranja i poravnavanja usitnjenog materijala, proizvođač PTH (ProfiTeam Holzer) nudi i uređaj za sabijanje usitnjenog materijala koji se spaja na hidraulički podizač traktora. Stroj koji se upotrebljava za nabijanje materijala pri izradbi zemljanog trupa mogu se podijeliti na ove vrste:

- statičke (nabija se pritiskom),
- dinamičke (nabija se udarom),
- vibracijske (nabija se vibriranjem).

U statičke strojeve ubrajamo : ježeve, parni i motorni valjci, valjci s gumenim kotačima.



Slika 9. Uređaj za sabijanje usitnjenog materijala na cesti proizvođača PTH (Izvor: [www.pthproducts.com](http://www.pthproducts.com))

### 3. CILJ I METODE ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja je ocijeniti pogodnost nošene sitnilice za kamen pri izgradnji i održavanju šumskih prometnica u zaštićenim prirodnim objektima. U radu će biti napravljena analiza i usporedba troškova između klasične metode izgradnje i održavanja šumskih cesta i nove metode koja se zasniva na upotrebi sitnilice za kamen. Na slici 10 je prikazana istraživana sitnilica za kamen FAE STCH/SD-200.



Slika 10. Prikaz kamenske sitnilice marke .FAE STCH/SD-200 (Izvor: Šušnjar i dr.2009)

#### 3.1. TEHNIČKI PODACI – FAE STCH/SD – 200

Karakteristike sitnilice za kamen **FAE STCH/SD - 200** :

- Radni zahvat : 1980 mm
- Sveukupna širina stroja : 2550 mm
- Težina stroja : 4500 kg
- Maksimalni promjer kamena za usitnjavanje : 500 mm
- Maksimalna dubina usitnjavanja : 400 mm
- Promjer rotora : 700 mm
- Broj okretaja rotora : 670 o/min
- Hidraulična zadnja vrata
- Prijenos preko remenja
- Čekići spiralno postavljeni

- Umetci na čekićima od tungstin carbida
- Hidraulični top link
- Kardanska osovina
- Kućište od HARDOX 400 materijala
- Potrebna snaga traktora : 180 – 330 KS

Prilikom praćenja rada uočeni su neki osnovni uvjeti za primjenu nove tehnologije :

- Potrebno je učešće kamenitosti od minimalno 70 %.
- Na izgradnji šumskih cesta potrebna su dva prohoda traktorske freze po istoj trasi gdje se ostvaruje dubina tampona gornjeg stroja od približno 20 cm.
- Na održavanju šumskih cesta predlaže se samo jedan prohod po istoj trasi (sredina ceste) gdje se ostvaruje dubina usitnjenog sloja tampona od približno 10 cm.
- Prije angažiranja sitnilice za kamen potrebno je svakako izvršiti rastresanje kamenih blokova (samaca) kod izgradnje šumskih cesta (uz iskop), a također i kod održavanja uz čišćenje osulina.
- Predlaže se radna širina sitnilice kao optimalna od **2,0 m**.
- Uočeno je kako su bolji rezultati postižu s traktorskim agregatom snage 310 KS, za razliku od slabijeg agregata (210 KS).
- Vlažna podloga i kišni vremenski uvjeti ne pogoduju izvođenju radova.
- Praktična primjenjivost sitnilice za kamen kod izgradnje protupožarne prosjeke s elementima šumskih cesta posebno se preporuča na objektima koji su pod vidom zaštite prirode, a također na objektima koji su udaljeni od kamenoloma (troškovna limitiranost prijevoza kamena kamionima).

### **3.2.PRIKAZ KAREKTERISTIKA TRAKTORACASE MX/310 MAGNUM**

- Snaga motora : 257 kW (349 ks)
- Maksimalna brzina : 40 km/h
- Prijenosnik : Power prijenosnik
- Broj okretaja priključnog vratila : 1000
- Prednje gume : 600/70R30
- Dubina profila prednji guma : 20 %
- Stražnje gume 710/70R42
- Dubina profila stražnjih guma : 80 %
- Upravljački aparat : 4 dw
- Pneumatski sustav

- Prednja osovina s ovjesom
- Pogon na sva 4 kotača
- ELC
- Hidraulički servo upravljač



Slika 11. Prikaz traktora CASE MX/310 MAGNUM (Izvor: [www.Traktorpool.com](http://www.Traktorpool.com))

## 4. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

### 4.1. UŠP GOSPIĆ:

Podružnica Gospić pokriva površinu od 312 667 ha te spada u jednu od većih podružnica u Republici Hrvatskoj. Samo šumarija Sveti Rok, odnosno pripadajuće šume, nema uvjete za dobivanje statusa male, srednje ili velike šume jer je to područje visokog krša. Dio šuma u okviru šumarije Perušić također je područje visokog krša, a takva je područja teže kvalitetno i u potpunosti iskoristiti. Za šume ove podružnice karakteristično je da pokrivaju iznimno veliko područje, gotovo sve šume zauzimaju više od 12 000 ha, a najveća zauzima gotovo 60 000 ha.

Na području Gospića završeni su poslovi na održavanju 1600 metara duge protupožarne prometnice s elementima šumske ceste. Taj posao su obavili na inicijativu Udruge šumoposjednika Oštra iz Gospića koja okuplja vlasnike privatnih šuma na području grada Gospića i općina Perušić i Karlobag. Nova cesta počinje između posljednjih kuća u Maloj Plani i predstavlja i granicu između državnih i privatnih šuma. Na području Podružnice Gospić do 2013 godine na površini od 43,9 hektara izgrađene su protupožarne prosjeke i 1608,54 kilometra protupožarnih prosjeka s elementima šumskih cesta.

### 4.2. OPĆINA KARLOBAG:

Općina Karlobag, na sjednici održanoj dana 28.12.2012.godine donosi Plan javne nabave za 2013.godinu. Prema članku 2. planu javne nabave roba, radova i usluga za 2013 godinu navode se i **protupožarni putovi**.

Općina Karlobaga procjenjuje radove na 80 000 kn, te o ugovoru o javnoj nabavi te početak radova u rujnu 2013 godine.

### 4.3. PARK PRIRODE VELEBIT

**P.P. Velebit** se proteže u dužini otprilike 145km, od Vratnika nad Senjom na sjeverozapadu do okuke Zrmanje na jugoistoku. Od obalnog pojasa do kopnenog podnožja u Lici, u prosjeku je širok 14 km, ali od mjesta do mjesta širina varira, od najviše 30 km u sjevernom do najmanje 10 km u njegovom južnom dijelu. Na površini približno 2 270 km<sup>2</sup> razasut je splet bezbrojnih krševitih grebena i ponikva, kukova, gorskih hrptova, dolina i pretplaninskih vrhova, od kojih njih 130 u prosjeku premašuje nadmorsku visinu 1370 m. Oni u sjevernom dijelu Velebita dosežu visinu gotovo 1700 m (Mali Rajinac 1699 m), u srednjem dijelu više od 1600 m (Šatorina 1624 m, Ograđenik 1604 m, Ograđenica 1614 m), a u

južnom i najvišem dijelu od 1700 do 1758 m (Babin vrh 1723 m, Vaganski vrh 1757 m, Segestin 1715 m, Malovan 1709 m, Sveto brdo 1751 m). Padine Velebita su jako strme, pogotovo primorska koja se spušta do mora i mnogo je viša od kopnene padine.

Visinska razlika primorske padine od mora do najnižeg prijevoja iznosi oko 700 m, a do najvišeg vrha čak 1757 m. S kopnene strane Velebit se samo 150 do 1150 m uzdiže iznad ličke visoravni, jer ona već leži na nadmorskoj visini oko 500 do 600 m. Obje se padine međusobno bitno razlikuju i izgledom. Primorska je padina vrlo krševita i gola. Kopnena padina, iako strma, doima se pitomija, gotovo je sva obrasla šumom.

Navesti ćemo stare ceste na području Parka prirode Velebit kako bi istaknuli njihovu nekadašnju a i današnju važnost.

Velebitske povijesne ceste:

### ***Stara Karolinska cesta***

Građena u prvoj polovici 18.st. za vrijeme vladavine Karla III ovo je prva i najstarija prometnica preko Velebita. Stara Karolina je imala veliku važnost za Karlobag u ono doba pošto je njome po prvi put omogućen prijevoz tereta kolima do ove pomorske luke i iz nje. Do izgradnje Karolinske ceste predstavljala je primitivna kozja staza jedinu vezu Karlobaga sa zaleđem, na kojoj se roba prenosila konjima ili magarcima, a putnici jahali ili pješaćili. Stara Karolina od Oštarija na Karlobag ide najkraćim mogućim putem. Zbog strmina i nedovoljno kvalitetne izvedbe već između 1750. i 1754. godine je izvršena rekonstrukcija trase. Širina joj je bila 4 do 6 metara a na zavojima i do 7 metara, kako bi mogla služiti za prijevoz zaprežnih kola i taljiga. Ova cesta se prestala koristiti 1786.g. nakon dovršenja Terezijanske ceste.

### ***Poučna staza - Terezijana***

Jedna od važnih cesta izgrađenih u prošlosti preko velebitskih prijevoja radi odvijanja trgovinskog prometa između priobalja i unutrašnjosti, bila je **Terezijana**. Terezijana je izgrađena 1786.g. radi boljeg povezivanja tadašnjeg pukovnijskog središta Gospić sa slobodnom lukom Karlobag, te kako bi zamijenila postojeću Karolinsku cestu kojom se putovalo sve teže zbog njenih oštih zavoja i strmih dijelova. Nalog za izgradnju nove, modernije ceste dao je tadašnji austrijski car Josip II. Cesta je dobila ime po njegovoj majci Mariji Tereziji.

### ***Knežić – Kekićeva cesta***

Kako ni Vukasovićeva Terezijanska cesta nije dala zadovoljavajuće rješenje i pošto se promet na toj cesti odvijao znatnim teškoćama radi nekih strmih sektora, kao i radi velikih teškoća oko održavanja kolnika, povjereno je 1841.g. Josipu Kajetanu Knežiću izrada projekta i uprava gradnje nove moderne ceste od Gospića do Karlobaga. Knežić se do tada već istakao gradnjom planinskih cesta Sv. Rok – Mali Alan – Obrovac i Karlovac – Senj.

### ***Majstorska cesta***

Kako bi se skratio put do Dalmacije, 1819.g. odlučeno je da se izgradi transvelebitska prometnica na relaciji Sv. Rok - Mali Alan – Obrovac. Na toj cesti počela je i samostalna djelatnost poznatoga graditelja planinskih cesta, graničarskog satnika, kasnijeg majora, Josipa Kajetana Knežića. Od godine 1825.-1827. gradila se 24 km duga dionica od Obrovca preko Podpraga, Praga i Kraljičinih vrata do Malog Alana, gdje je završavala tadašnja dalmatinska granica. Nakon toga je počela izgradnja 17 km duge ličke dionice od Malog Alana do Sv. Roka, gdje se kod tzv. Stare pošte spajala sa trasom Dalmatinske ceste.

Gradnja te 41 km duge prometnice potpuno je završena 1832.godine kada je svečano puštena u promet pod nazivom Majstorska cesta. Naime, način na koji je Knežić proveo trasu po strmoj velebitskoj padini s brojnim serpentinama između klisura i kukova u to je vrijeme predstavljao veliki napredak u cestogradnji. Maksimalni nagib ceste iznosio je do 5,5% što je u skladu i sa suvremenim propisima za gradnju prometnica. Po toj novoj velebitskoj transverzali, osim trgovačkog, od početka se odvijao i poštanski promet između Beča i Zadra.

### ***Struppijeva Jozefinska cesta (1775. – 1779.)***

Uvidjevši posve nedostatne putne veze između Senja i zaleđa, Josip II je izdao nalog da se započne sa gradnjom nove trgovačke i poštanske ceste od Senja do Karlovca. Upravu gradnje povjerio je inženjerskom časniku Vinku Struppiju. Cesta je građena od 1775.-1779. godine. Početak joj je u Karlovcu te se preko Kapele, Brinja i Vratnika spuštala do Senja. U čast svog inicijatora dobila je nova cesta naziv Via Josephina, tj. Jozefinska ili Josipova cesta.



Trasa ceste položena je tako da je prolazila naseljima i drugim istaknutim točkama, slijedeći uz to približno potez nekog starog puta. Stoga je cesta imala mnogo tzv. izgubljenih padova i vrlo strmih odsjeka, naročito na prijelazu preko Velike Kapele i na spustu s Vratnika u Senjsku Dragu. Maksimalni nagibi na navedenim sektorima dostižu mjestimice 20%, a izuzetno čak i do 30%.

Zbog strmina, cesta je doživjela znatne korekcije već krajem 18.st. pod vodstvom podmaršala Filipa Vukasovića, inače graditelja Lujzijanske ceste kojom je Karlovac bio povezan s Rijekom.

### ***Knežićeva Jozefinska cesta (1833. – 1845.)***

Iako se na Struppijevoj staroj Jozefinskoj cesti putnički i trgovački promet, unatoč nepovoljnoj trasi već bio uhodao, a intenzitet prometa sve više rastao, naročito u vezi s izgradnjom i poboljšanjem senjske luke, to su izgradnjom Lujzijanske ceste Karlovac – Rijeka (1803. – 1811.g.) nastupile posve nove prometne prilike. Lujzijanska cesta, građena prema modernim elementima sa znatno većom propusnom moći, skrenula je velik dio trgovačkog prometa od Karlovca na Rijeku

Usporedi li se trasa stare Struppijeve i nove Knežićeve ceste, Knežićeva Jozefina moderno je i tehnički savršeno rješenje problema racionalne gradnje planinskih cesta u hrvatskom kršu, pravo remek-djelo svog majstora. Ovdje maksimalni nagib ne prekoračuje 5 do 6%, što vrijedi i za današnje ceste.

## 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Do sada je novom tehnologijom **izgrađen gornji ustroj** pet šumskih cesta u ukupnoj duljini od 11.010,00 m (42.068,00 m<sup>2</sup>) gdje su ostvareni troškovi od 232.451,09 kuna što iznosi po jedinici troška 23,53 kn/m ili 6,11 kn/m<sup>2</sup>. Komparacijom s klasičnim načinom izgradnje gornjeg stroja (planirani trošak 1.330.787,05 kn) ušteda je evidentna i relativno iznosi **82,53 %** od troškovnika gornjeg stroja u projektnoj dokumentaciji.

Na **održavanju šumskih cestau** proteklom razdoblju izvršen je posao u količini od 40.105,00 m (109.849,50 m<sup>2</sup>) s ostvarenim troškovima od 759.080,62 kn. Jedinični trošak izvršen je sa 18,93 kn/m ili 6,91 kn/m<sup>2</sup>. Usporedbom s klasičnim načinom održavanja ostvarene su uštede od **42,96 %**.

Mehanizacijom na terenu rukovodi tvrtka "Terra Forte", kao i četvrtom drobilicom unajmljenom od "Hrvatskih šuma".



Slika 12. Prikaz šumske ceste u Gospiću nakon prolaska kamenske sitnilice (Izvor: Šušnjar i dr.2009)

### 5.1. PRAĆENJA TROŠKOVA TRAKTORSKE SITNILICE

U naznačenom vremenu praćenja rada nove tehnologije općenito se može reći kako su troškovi na izgradnji šumskih cesta kao i na održavanju niži od dosadašnjih planskih i izvršenih troškova Hrvatskih šuma d.o.o..

Praćenje rada traktorske sitnilice za kamen FAE STCH/SD – 200 na području Šumarije Perušić, radilište: Stinovac – Gabričevica

Izvođač radova : Terra Forte

Tablica 4 - Prikaz rada traktorske sitnilice za kamen FAE STCH/SD - 200

Mjesto rada: GJ "Ostrvica"	Odjel 41a-42a	Odsjek : Stinovac - Gabričevica			
Vremensko razdoblje	Studen 2007	24.11	25.11.2009	26.11.2009	<b>Ukupno</b>
Potrošnja goriva	l/dan	250	450	125	<b>825</b>
Potrošnja maziva	kg/dan	0	1	1	<b>2</b>
Potrošnja noževa	kom/dan	0	0	0	<b>0</b>
Efektivno vrijeme rada stroja	Početak od :	11.00	8.00	8.00	
	Svršetak do :	16.00	17.00	11.00	
	Ukupno sati	5.00	9.00	3.00	<b>17.00</b>
Pogonski sati rada stroja	sati				
Zastoji zbog kvara	min	30	0	0	<b>30</b>
Zastoji zbog osobnih potreba	min	30	30	0	<b>60</b>
Izrađena duljina prometnice	m	900	1600	510	<b>3010</b>
Izrađena širina prometnice	m	3,76	3,76	3,76	<b>3,76</b>
Prosječna dubina rada	cm	20	17	15	<b>17,3</b>
1.Vrsta podloge*(A,B,C)		A	A-B	B	<b>A-B</b>
2.Uzdužni nagib trase**		11%	5%	2%	<b>4%</b>
3.Poprečni nagib terena***		3%	2%	3%	<b>2,50%</b>

1.Značenje oznaka A,B,C kao vrsta podloge,odnosi se na kategorije težine iskopa pa tako imamo :

- A(tvrđi kamen,čvrsta stijena)
- B(rastresiti kamen)
- C(zemlja i sl.)

2.Uzdužni nagib trase, prvo treba izmjeriti ravnu trasu pa s pomoću idealne ravne trase mjeriti nagnute dijelove trase pa tako imamo :

- **Ravno < 2% nagiba**
- **Blago nagnuta od 2% do 6%**
- **Nagnuta >6%**

3.Poprečni nagib terena treba izmjeriti instrumentom.

## 5.2 ANALIZA RADA I NASTALIH TROŠKOVA

Tablica 5 - Popis objekata, količina i ukupnih troškova

R.br.	Šumarija	Gosp.jedinica	Naziv objekta Gradilište	Količina		TROŠKOVNICI	
				Dulj. (m)	Površina (m <sup>2</sup> )	Planski(klasični) (kn)	Izvršeno(nova teh.) (kn)
1.	Karlobag	Šarić Duplje	Pod Golić 1- izgradnja	1.541	6.415,80	171.795,70	42.372,88
2.	Karlobag	Laktin Vrh-Dabri	B.Kosa- Smoj.Dulibe	2.583	10.142,20	197.606,76	62.273,11
3.	Perušić	Ostrvica	Stinovac- Gabričević	3.010	11.316,00	243.774,99	56.693,16
4.	Perušić	Ostrvica	Jelovac	2.576	9.514,00	485.145,08	47.665,14
5.	Perušić	Ostrvica	Medveđak	1.300	4.680,00	232.464,62	23.446,80
<b>Ukupno izgradnja</b>				<b>11.010</b>	<b>42.068,00</b>	<b>1.330.787,05</b>	<b>232.451,09</b>
1.	Karlobag	Šarić Duplje	Panos-Visočica- održ.	3.330	10.489,50	103.030,00	68.237,52
2.	Karlobag	Laktin Vrh-Dabri	Blatine-Grgin brig	950	3.565,00	31.699,60	23.805,10
3.	Karlobag	Laktin Vrh-Dabri	Blatine-Bačić Kosa	10.300	22.745,00	343.690,40	148.098,00
4.	Karlobag	Laktin Vrh-Dabri	Dab.Pol- Dab.Kosa	10.800	21.600,00	360.374,40	157.532,00
<b>Ukupno održavanje Karlobag</b>				<b>25.380</b>	<b>58.399,50</b>	<b>838.794,40</b>	<b>397.672,62</b>
1.	Gospić	Visočica-Lisac	Visočica- Rizvanuša	6.950	23.460,00	221.840,00	148.834,40
2.	Gospić	Jadovno-Jazbine	Jadovno-Blatine	7.775	27.990,00	270.280,80	212.573,60
<b>Ukupno održavanje Gospić</b>				<b>14.725</b>	<b>51.450,00</b>	<b>492.120,80</b>	<b>361.408,00</b>
<b>SVEUKUPNO</b>				<b>51.115</b>	<b>151.917,50</b>	<b>2.661.702,25</b>	<b>991531,71</b>

Iz tablice 5 možemo vidjeti troškovnike klasične metode i nove tehnologije izrade šumske ceste te njihovu usporedbu. Na području Karlobaga Gospodarske jedinice – Sarić Duplje, troškovi klasične metode izrade šumske ceste iznose 171.795,70 kn dok troškovi nove tehnologije su puno manji i iznose 42.372,88 kn. Ne samo na području šumarije Karlobag, već i na područjima šumarija Preušića i Gospića su troškovi klasične metode izrade puno veći nego troškova nove tehnologije. Na području sve tri šumarije, sveukupni troškovi klasične metode izrade iznose **2.661.702,25** dok troškovi nove tehnologije iznose **991.531,71**.

Prema strukturi troškova za izgradnju šumskih cesta traktorskom frezom jedinični trošak kn/m iznosi 12,63, a dok po m<sup>2</sup> iznosi 3,30 kn. Ukupna duljina šumskih cesta na području šumarije Karlobaga iznosi 11.010,00 metara na površini od 42.068,00 m<sup>2</sup> gdje su ostvareni troškovi od **232.451,09 kn**.

Sveukupni troškovi izrade šumskih cesta klasičnom metodom na području sve tri šumarije (Perušić, Karlobag i Gospić) iznose **2.661.702,25 kn**, dok izradom novom tehnologijom iznosi **991531,71 kn**. Rezultati rada sitnilice su prikazani na slici 13.



Slika 13. Prikaz šumske ceste i rezultata rada sitnilice za kamen na području Karlobaga  
(Izvor: Šušnjar i dr. 2009)

**5.3 PRIMOPREDAJNI ZAPISNIK NA ODRŽAVANJU GORNJEG STROJA ŠUMSKE CESTE ILI PROTUPOŽARNE CESTE S ELEMENTIMA ŠUMSKE CESTE TRAKTORSKOM SITNILICOM ZA KAMEN.**

Mjesto : Šumarija Perušić

30.11.2009

PLANIRANO	IZVRŠENO
Broj prohoda sitnilice :	Broj prohoda sitnilice
1. Freziranje d.s. vučenom traktorskom sitnilicom	Frežiranje u dionicama:
	D-1 d=900 š=3,6 P=3240
	D-2 d=1600 š=3,6 P=5760
	D-3 d=510 š=3,6 P=1836
	D-4 d=60 š=8 P=480
	Okretnica
	Mimoilaz.
	<b>UKUPNO</b>
	<b>P=11316</b>
<b>3010 m</b>	
<b>3,76 m</b>	
<b>P=11316 m<sup>2</sup></b>	

Ostalo:

Tip traktora : CASE MX310 Magnum

Tip sitnilice : FAE STCH/SD – 200

Tip bagera sa hidrauličkim čekićem

Vlada RH kroz pet godina je namjeravala 3000 hektara kamenitih terena u priobalju i na otocima pretvoriti u plodno tlo, pa ga iskoristiti za podizanje trajnih mediteranskih kultura, masline, loze, pa čak i smokve. Do kraja 2008. godine iz SAD-a su nabavljene ukupno tri drobilice "terrain leveler T855", kao i tri posebna traktora "case magnum", ukupne vrijednosti **18.115.264 kune, odnosno 22.100.621 kunu s PDV-om.**

#### 5.4 TROŠKOVNIK ZA IZRADU GORNJEG STROJA

Stinovac- Gabrićevica L= 3010,36 m – ŠUMARIJA PERUŠIĆ

Opis rada	Jed.	Količina	Cijena, kn	
			Jedinična	Ukupna
<b>I Priprema kamenog materijala za navoz donjeg stroja debljine 20 cm</b>	m <sup>3</sup>	2735,28	35,02	95789,51
<b>II Utovar kamenog materijala utovarivačem</b>	m <sup>3</sup>	3419,10	9,54	32618,21
<b>III Prijevoz kamenog materijala na udaljenost 1 km</b>	m <sup>3</sup>	3419,10	15,98	54637,22
<b>IV Strojna ugradnja (razastiranje, planiranje) kamenog materijala u kolničku konstrukciju</b>	m <sup>3</sup>	3419,10	14,19	48517,03
<b>V Valjanje kamenog materijala vibrovaljkom na potrebnu zbijenost</b>	m <sup>3</sup>	3419,10	6,88	23523,41
<b>SVEUKUPNO</b>	kn			<b>255085,37</b>

#### 5.5 USPOREDBA POTROŠNJE GORIVA IZMEĐU DVIJE METODE IZRADNJE I ODRŽAVANJA ŠUMSKIH CESTA

U tablici 6 i 7 su prikazane potrošnje goriva po satu rada stroja prilikom izgradnje šumskih prometnica. U tablici 6 prikazani su rezultati za klasičnu metodu izgradnje, dok su u tablici 7 prikazani rezultati za novu metodu koja uključuje upotrebu kamene sitnilice.

Tablica 6 – Potrošnja goriva prilikom izgradnje šumske ceste upotrebom klasične metode

R.br.	Naziv troška	Količine		Potrošnja goriva
		m	m <sup>2</sup>	l/h
1.	Prijevoz kamenog materijala	11.010,00	42.068,00	114
2.	Rad bager + čekić	11.010,00	42.068,00	8
3.	Rad grejdera	11.010,00	42.068,00	25
4.	Rad valjka	4.124,00	16.558,00	16
<b>UKUPNO/PROSJEK</b>		<b>9.877,67</b>	<b>38.044,00</b>	<b>163</b>

Tablica 7 – Potrošnja goriva prilikom izgradnje šumske ceste upotrebom nove metode

R.br.	Naziv troška	Količine		Potrošnja goriva
		m	m <sup>2</sup>	l/h
1.	Rad traktorske freze	11.010,00	42.068,00	45
2.	Rad grejdera	11.010,00	42.068,00	25
3.	Rad valjka	4.124,00	16.558,00	16
<b>UKUPNO/PROSJEK</b>		9.877,67	38.044,00	<b>86</b>

Iz tablica je razvidno da upotrebom nove metode izgradnje šumskih cesta se postiže značajna uštede goriva, što smanjuje troškove same izgradnje šumske ceste. Nadalje smanjenje potrošnje goriva direktno utječe i na smanjenje emisije štetnih stakleničkih plinova, što ima povoljan utjecaj na okoliš te je stoga preporučljivo koristiti novu metodu prilikom gradnje i održavanja šumskih cesta u zaštićenim područjima.



## 6. ZAKLJUČAK

Zaključci u svezi izrađenog diplomskoga rada mogu se sagledati kroz sljedeće zaokružene cjeline:

- Rotacijske sitnilice kamena kod kojih je pogonsko sredstvo poljoprivredni traktor vrlo su pogodne za održavanje oštećene kolničke konstrukcije šumskih cesta sa nevezanim gornjim strojem i uglavnom.
- Navedeni strojevi (traktorske sitnilice) nisu isključivo za održavanje već za i izgradnju šumskih cesta i protupožarnih cesta. Takva oruđa su jeftinija u odnosu na samohodne drobilice kamena poput PUME i Vermeer-a.
- Prije angažiranja sitnilice za kamen potrebno je svakako izvršiti rastresanje kamenih blokova (samaca) kod izgradnje šumskih cesta (uz iskop), a također i kod održavanja uz čišćenje osulina.
- Primjenom traktorske sitnilice ostvareno je smanjenje potrošnje goriva u odnosu na klasičnu metodu izgradnje i održavanja šumskih cesta. Smanjena je emisija štetnih plinova koji nastaju kao nusprodukt izgaranja goriva.
- Praktična primjenjivost sitnilice za kamen kod izgradnje protupožarne prosjeke s elementima šumskih cesta posebno se preporuča na objektima koji su pod vidom zaštite prirode.
- Primjenom traktorske sitnilice u izgradnji gornjeg ustroja šumske ceste je nam omogućena velika ušteda financijskih sredstava čak od 80 % što nam je i prikazano u rezultatima istraživanja.
- Primjenom traktorske sitnilice u održavanju šumskih cesta u odnosu na klasičnim načinom održavanja ostvarene su uštede od 43 %.
- Za uporabu traktorskih sitnilica bitno je imati pogon koji pokreće traktorsku sitnilicu (poljoprivrednog traktora), istraživanja su pokazala da ćemo imati puno bolje rezultate ukoliko koristimo jače traktore (snaga agregata od 310 KS za razliku od slabijeg agregata od 210 KS).
- Možemo zaključiti da su danas rotacijske sitnilice kamena kod kojih je pogonsko sredstvo poljoprivredni traktor neizbježni strojevi za izgradnju i održavanje šumskih i protupožarnih cesta koji su nam dali odlične rezultate rada.

## 7. LITERATURA

1. Linarić, Z., Predavanja : građevinski strojevi, leksikon osnovne građevinske mehanizacije, 9, 13.
2. Pentek, T., Nevečerel, H., Pičman, D., Poršinsky, T., 2007: Forest road network in the Republic of Croatia - Status and perspectives, Croatian Journal of Forest Engineering 28(1): 93-106
3. Pandur, Z., Strojevi za gradnju i održavanje šumskih cesta
4. Pičman D., 2007: Šumske prometnice, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-460
5. Pičman, D., T. Pentek, 1996: Fire prevention roads in the area of the forest enterprise Buzet. Zbornik gozdarstva in lesarstva 49, 187-203.
6. Pičman, D., T. Pentek, 1997: Fire prevention roads on the karst area of Republic of Croatia. Proceedings of the International scientific conference "Forest-Timber-Environment" TU Zvolen, Slovakia, 1-8.
7. Pičman, D., T. Pentek, T. Poršinsky, 2003: Contribution to investigation of tree damaging by forest road excavating machines, Strojarstvo 45 (4-6), 149-157.
8. Pentek, T., 1998: Forest fire prevention roads as a special category of forest roads and factors that influence their distribution in space, Glasnik za šumske pokuse 35, 93-141.
9. Pentek, T., H. Nevečerel, T. Poršinsky, D. Horvat, M. Šušnjar, Ž. Zečić, 2007: Quality planning of forest road network – precondition of building and maintenance cost rationalisation. Proceedings of Austro2007/FORMEC'07: Meeting the Needs of Tomorrow's Forests – New Developments in Forest Engineering, BOKU, Vienna, Austria, 07-11.10.2007.; CD ROM.
10. Šušnjar, M., Pičman, D., Pentek, T., Horvat, D., Nevečerel, H., Greger, K., Radne značajke pokretne drobilice kamena pri gradnji šumskih protuožarnih cesta i melioracija krša
11. Užarević, T., 2009: Drugo privremeno izvješće o radu i primjenjivosti sitnilice za kamne u izgradnji i održavanju šumskih cesta u UŠP Gospić
12. \*\*\*\*\*, 2001: Interni cjenik rada strojeva i prijevoza građevinskog materijala u šumskom građevinarstvu, JP «Hrvatske šume», p. o. Zagreb, str. 1-8.

### WEB:

- [www.machines4u.com.au/view/advert/STCH-R-SD-Stone-Crusher/34854/](http://www.machines4u.com.au/view/advert/STCH-R-SD-Stone-Crusher/34854/)
- [http://info.grad.hr/res/gf\\_osoblje/1033044770/doc/1.%20knjiga/100.a-leksikonstrojeva.pdf](http://info.grad.hr/res/gf_osoblje/1033044770/doc/1.%20knjiga/100.a-leksikonstrojeva.pdf)

- [www.fae-group.com/content.asp?Subc=274&L=3&idMen=150](http://www.fae-group.com/content.asp?Subc=274&L=3&idMen=150)
- [www.oelzgbh.com/](http://www.oelzgbh.com/)
- [www.ppvelebit.hr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=128&Itemid=72](http://www.ppvelebit.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=128&Itemid=72)
- [www.plaisance-equipements.com/index.php/Accueil/Broyeurs/Broyeurs-de-pierres](http://www.plaisance-equipements.com/index.php/Accueil/Broyeurs/Broyeurs-de-pierres)
- [www.pthproducts.com/](http://www.pthproducts.com/)
- [www.prometna-zona.com/cestovni-infrastruktura-007donji\\_ustroj.php](http://www.prometna-zona.com/cestovni-infrastruktura-007donji_ustroj.php)
- [www.sumari.hr/biblio/pdf/14090-2.pdf](http://www.sumari.hr/biblio/pdf/14090-2.pdf)
- [www.traktorpool.com.hr/details/Traktori/Case-IH-Magnum-310-50km-h/1897301/](http://www.traktorpool.com.hr/details/Traktori/Case-IH-Magnum-310-50km-h/1897301/)
- [www.vermeer.com](http://www.vermeer.com)