

UDK: 631.31

## ANALIZA MODULSKIH SISTEMA ZA OBRADU ZEMLJIŠTA

Milan Veljić, Dragan Marković, Ivana Stekić

*Mašinski fakultet - Beograd*

**Sadržaj:** U radu su dati pregledi istraživanja parametara modulskih sistema za obradu zemljišta. Analizom brojnih pokazatelja utvrđena je mogućnost primene u određenim uslovima mašina sa pasivnim i aktivnim alatima. Za kombinovane mašine za obradu zemljišta prikazana je potrebna snaga za pogon pojedinih tipova alata. Analize ukazuju da sa modulnim tehnikama obrade zemljišta, gde se deo snage predaje preko priključnog vratila, a deo preko pogonskih točkova, postiže veća ekonomska opravdanost, željeni kvalitet obrađenog zemljišta i omogućuje razvoj novih rešenja za obradu zemljišta. Na troškove eksploatacije bitan uticaj ima utrošena energija, odnosno potrošnja goriva, vremenski interval u radu, kao i troškovi radne snage. Prikazom primene nauke, tehnologije i tehnike date su smernice za dalji koncept razvoja ovih sistema. Ova razmatranja dobijaju još više u značaju sa aspekta nestašice goriva, nestabilnosti cena sa tendencijom povećanja cena goriva.

**Ključne reči:** obrada zemljišta, modul, alati za obradu, energetski pokazatelji.

### UVOD

Obrada zemljišta je skup tehnoloških operacija koje su prve u nizu u poljoprivrednoj proizvodnji. Tehnološko – tehnički sistemi za obradu zemljišta predmet su sveobuhvatnih istraživanja jer obrada zemljišta je zahtevna pošto na nju otpada i preko 30%, a u veoma otežanim uslovima čak i do 50%, od ukupne potrošnje energije u biljnoj proizvodnji. Razvoj novih alata, pasivnih i aktivnih, kao i povezivanje nekoliko operacija u jednom proходу osnove su za smanjenje utrošene energije, smanjenje intenziteta gaženja površine polja, smanjenja broja izvršioaca, itd. što u krajnjem vidu obezbeđuje ekonomski opravdaniju obradu zemljišta.

Obrada zemljišta sa pasivnim i aktivnim alatima i njihova kombinacija u okviru modula imaju za cilj smanjenje broja prohoda, a samim tim i brojnih negativnih efekata koji se pojavljuju pri pojedinačnom izvođenju tehnoloških operacija. Pri razmatranju geometrijskih i kinematskih parametara alata možemo pasivne alate svrstati u grupe i to:

- alati koji vrše određenu funkciju, odnosno operaciju, samo kretanjem, najčešće pravolinijski i uz priključivanje sa vučnom mašinom,
- alati koji zbog elastičnog nosača vrše i dodatnu vibrirajuću delatnost tako da uslovljavaju veći intenzitet obrade zemljišta i
- slobodno obrtni vučeni alati koji bez pogona rotiraju oko svoje ose.

Aktivni alati su pogonjeni od priključnog vratila traktora i mogu imati obrtno, translatorno, oscilatorno kretanje i kretanje po zadatoj putanji. Prednost ovih alata je u većoj relativnoj brzini u odnosu na prenosnu brzinu, odnosno brzinu kretanja.

U svim razmatranjima i istraživanjima potrebno je uzeti u obzir ekonomsku opravdanost obrade zemljišta uzimajući u obzir smanjenje vučne sile, odnosno smanjenje utroška energije.

Tendencija razvoja sistema za obradu zemljišta ogleda se u sledećem:

- smanjuje se zastupljenost oranja,
- uvode se novi sistemi obrade sa težnjom da se smanji broj operacija i intenzitet obrade, a da se poveća uloga đubrenja, i zaštite biljaka,
- razvijaju se sistemi sa kombinovanim pasivnim i aktivnim alatima za obradu zemljišta.

Pored konvencionalne obrade zemljišta sve veći značaj dobijaju modulske sistemi sa pasivnim i aktivnim alatima gde se snaga pogonske mašine koristi i za vuču i za pogon aktivnih radnih organa.

Koncepcije traktora sa pogonom i na prednje točkove, priključivanje mašina osim nazad i na prednjem delu pogonske mašine, korišćenjem i prednjeg i zadnjeg priključnog vratila uslovljavaju racionalniju poljoprivrednu proizvodnju koja uz sistem za navodnjavanje može smanjiti troškove biljne proizvodnje i do 25% [3]. Pri razmatranju opravdanosti pojedinih operacija u obradi zemljišta došlo se do zaključka da mnogi uticaji koji se odnose na brojne prolaze traktora i poljoprivrednih mašina, u konvencionalnoj poljoprivrednoj proizvodnji, utiču na smanjenje i kvalitet prinosa.

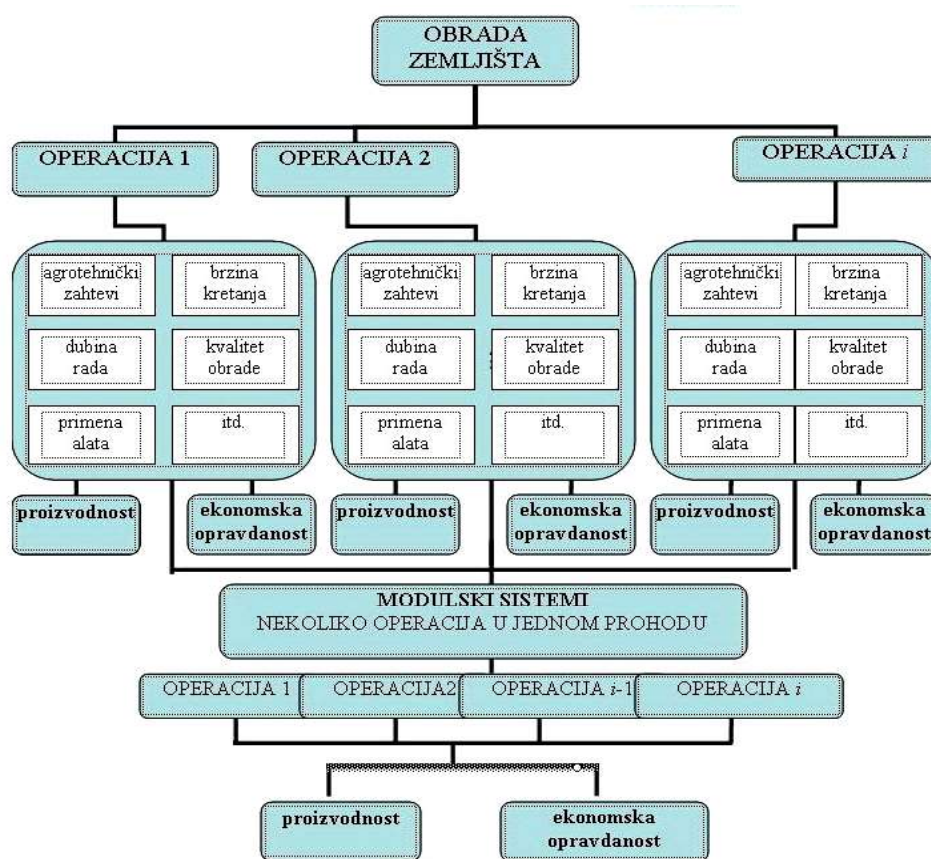
## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Prednosti procesa koji se odnose na modulske sisteme u okviru obavljanja nekoliko operacija u jednom proходу su:

- smanjenje broja prohoda agregata, smanjenje sabijanja zemljišta što obezbeđuje povećanje prinosa,
- smanjuje se utrošak energije, sredstava rada i vremena,
- obezbeđuju se duži agrotehnički rokovi i bolje očuvanje vlage u zemljištu,
- skraćuje se vreme praznih hodova i povećava proizvodnost,
- obezbeđuje se bolje uklapanje mašina sa pogonskim delom agregata i veći stepen efikasnosti pogonskog agregata kod priključivanja mašina napred i nazad,
- smanjuje se utrošak ljudskog rada i troškova održavanja itd.

Povezivanje nekoliko operacija u jednom proходу ne sme da bude u okviru kompozicije koja spaja mašine za obradu zemljišta nego koncept koji po tehnologiji predstavlja novo rešenje. Svaki segment ugrađen u modul trebalo bi da predstavlja novo rešenje koji sa prethodnim segmentom predstavlja celinu.

U klasičnoj obradi zemljišta sve operacije odnosno tehnički sistemi slede jedan za drugim, sa vremenskim rastojanjem, što uslovljava da se obrada zemljišta može da oduži i na nekoliko meseci. Pri objedinjavanju operacija, odnosno stvaranja moduskog sistema brojne operacije se obavljaju sa modulima, a ne sa pojedinačnim tehničkim sistemima što uslovljava smanjenje i energetskog bilansa što je ranije napomenuto. Svaka operacija u okviru obrade zemljišta ima za cilj ispunjavanje agrotehničkih zahteva. Kod moduskog sistema, odnosno obavljanja nekoliko operacija u jednom proходу sve pojedinačne operacije mogu da se svrstaju u tehnologiju, koja će sa jednim modularnim tehničkim sistemom da zamene sve zbirne operacije obrade zemljišta.



Sl. 1. Analiza broja operacija kod pojedinačnog i modularnog sistema obrade zemljišta

$$\Sigma E \text{ pojedinačne operacije} > \Sigma E \text{ moduskog sistema} \quad [1]$$

gde je: E – utrošena energija.

Sistem obrade zemljišta zahteva brojne operacije, slika 1, koje zahtevaju i ispunjavanje agrotehničkih zahteva, definisanu brzinu kretanja, dubinu rada, kvalitet obrade, geometrijske parametre alata itd. Kao izlazni podaci javljaju se proizvodnost i ekonomska opravdanost. Ukoliko bi sve parametre pojedinačnih operacija stavili u sistem kojih ih objedinjuje dobio bi se modulski sistem koji ostvaruje brojne efekte koji pojedinačni sistemi, sa još brojnim segmentima, ne mogu da ostvare. Zbir pojedinačnih operacija ne bi trebalo da bude ekonomski opravdaniji od zbira pojedinačnih operacija, odnosno:

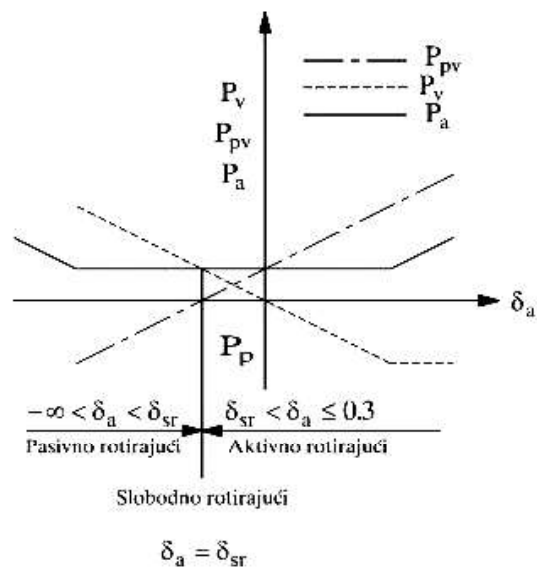
Operacija u modulskom sistemu, slika 1, se vrše bez vremenske distance, odnosno, istovremeno. Ekonomska opravdanost, osim energetske pokazatelja je u direktnoj vezi sa proizvodnošću kako pojedinačnih sistema tako i modularnog sistema. Pri razmatranju svake operacije obrade zemljišta odvojeno, a i u modulskom sistemu mora se obezbediti sledeće:

- cena koštanja moduskog sistema koji je namenjen za obavljanje nekoliko operacija u jednom proходу trebalo bi da bude niža od zbira cene koštanja pojedinačnih mašina,
- kvalitet obrade da bude u nivou ili veći od izvođenja zbira pojedinačnih operacija,
- gaženje polja da bude manje kod primene moduskog sistema u odnosu na zbir pojedinačnih operacija obrade zemljišta,
- manji troškovi radne snage kod moduskog sistema u odnosu na zbir pojedinačnih sistema za obradu zemljišta,
- troškovi održavanja moduskog sistema trebalo bi da budu manji nego kod zbira mašina za pojedinačne operacije.

Trebalo bi ukazati i na zahteve kod moduskog sistema koji se odnose na brzinu kretanja. Svaka sledeća operacija mora da ima veću proizvodnost od prethodne. Ovo je jedno od bitnih pitanja koji se postavlja pri primeni koncepta moduskog sistema, a to je neujednačenost proizvodnosti mašina za obradu zemljišta. Rešenje ovih neusaglašenosti trebalo bi tražiti u novom konceptu tehnologija obrade zemljišta. Spajanje poljoprivrednih mašina u smislu gradnje određenog tehničkog sistema je neodrživo zbog povećanja gabarita, smanjenja prohodnosti, otežane upravljivosti, priključivanja i povećanje mase celog sistema.

Prvenstveno u modulskom sistemu za obavljanje nekoliko operacija u jednom proходу pri obradi zemljišta trebalo bi da se koristi zajednička ramska konstrukcija pri čemu se znatno smanjuju gabariti u odnosu na klasične veze pojedinačnih poljoprivrednih mašina. Primena alata sa aktivnih alata sa pogonom i pasivnih alata je jedan od preduslova za ekonomsku opravdanu primenu mašina modularnog sistema za obavljanje nekoliko operacija u jednom proходу. Snaga koja se troši na rotacione alate za obradu zemljišta data je na slici 2.

Kod aktivno rotirajućih alata potrebna vučna snaga još više opada i kada klizanje alata postane negativno, slika 2, potrebna snaga motora za isti predati rad zemljištu je još manja nego kod slobodno rotirajućih alata.



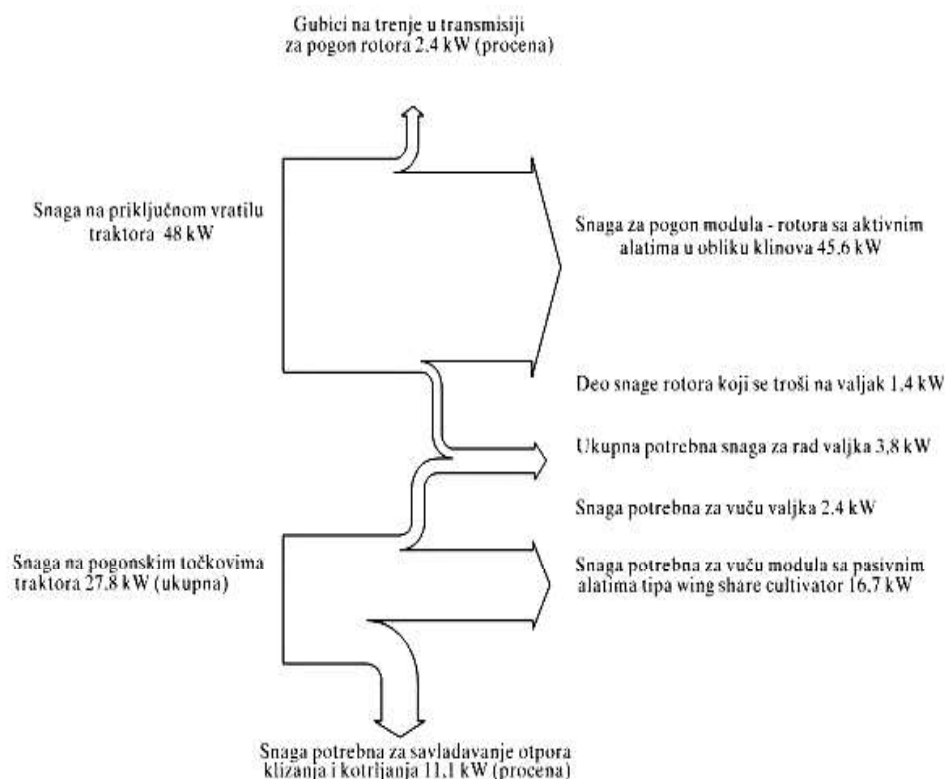
Sl. 2. Raspodela snage na rotacionom alatu u zavisnosti od klizanja alata za različite oblasti klizanja [6]

$$\begin{aligned}
 P_{RM} &= P_v = P_a + P_p; \delta_a < \delta_{sr} \\
 P_{RM} &= P_v = P_a; \delta_a = \delta_{sr} \\
 P_{RM} &= P_{pv} + P_v = P_a; \delta_{sr} < \delta_a \leq 0 \\
 P_{RM} &= P_{pv} = P_a + P_s; \delta_a > 0
 \end{aligned}
 \quad [2]$$

gde su:

- $P_a / W/$  - snaga koju alat predaje zemljištu,
- $P_p / W/$  - snaga koja se troši za druge potrebe radne mašine,
- $P_{tr} / W/$  - snaga koja se troši na rad sila trenja u prenosnom sistemu ,
- $P_{pv} / W/$  - snaga na priključnom vratilu,
- $P_{RM} / W/$  - snaga dovedena od motora radnoj mašini za obradu zemljišta,
- $\delta_a$  - klizanje alata,
- ( )p - pasivno rotirajući alat,
- ( )a - aktivno rotirajući alat,
- ( )sr - slobodno rotirajući alat.

U bilansu snage pri obradi zemljišta, slika 3, imamo tri komponente: snaga koju alat koristi za obradu zemljišta, snaga na savlađivanju otpora klizanja i kotrljanja i snaga koja se koristi na rad sile trenja u transmisiji sistema.

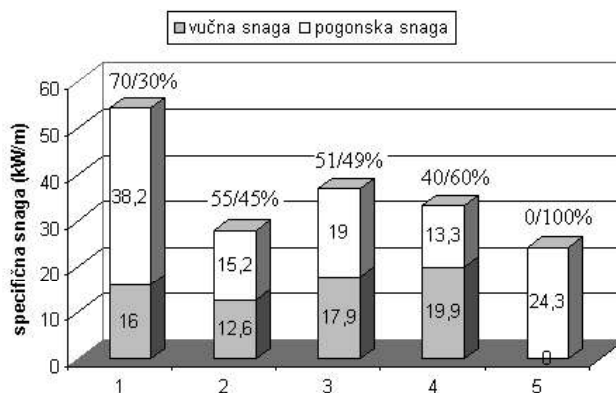


Sl. 3. Izmerena raspodela snage kombinovane mašine za obradu zemljišta pri radnoj brzini od 0.5 m/s i broju obrta rotora sa aktivnim rotacionim alatima od  $281 \text{ min}^{-1}$  [8]

Za alate koji sabijaju i usitnjavaju zemljište u oblasti klizanja alata do 0.3 [5] uticaj faktora klizanja je u porastu, ali još uvek relativno mali. U oblasti korišćenja alata koji rastresaju i usitnjavaju zemljište sa vrednostima klizanja većim od 0.5 [1] potrošnja energije po jedinici površine ili zapremine obrađenog zemljišta je značajno veća nego kod slobodno rotirajućih alata usled povećanog rada klizanja. Smanjenje rada klizanja je moguće samo smanjenjem obimne brzine, pri čemu je ovo smanjenje ograničeno zbog efekata koji se žele ostvariti [1, 7]. Zbog toga sa aktivno rotirajućim alatima koji rastresaju i usitnjavaju zemljište, objektivno nije moguće izvršiti toliko rada u zemljištu kao sa pasivno i slobodno rotirajućim alatima [1]. Zato za ocenu aktivno rotirajućih alata ne može biti odlučujuća samo snaga koja se koristi, već da li se tim dodatno utrošenim radom kvalitet obrađenog zemljišta bitno poboljšao [7]. Naravno nekorisni rad sila ubrzanja, rezanja i trenja se mora izbeći. Pri primeni aktivno rotirajućeg alata mogu se pojaviti "povraćaji snage" od alata. Gubici usled "povraćaja snage" se mogu izbeći modulnom koncepcijom sistema. Npr. obrtni moment predat od strane pasivno rotirajućih alata može da se iskoristi za pogon aktivno rotirajućih alata. Vučna snaga aktivno rotirajućih alata može da se iskoristi u kombinaciji sa vučenim odnosno slobodno rotirajućim alatima [7].

Na slici 4. dati su pokazatelji udela specifične snage u varijantama, za obradu zemljišta na 25 cm, kao primarnu i na 10 cm kao sekundarnu za ilovaču vlažnosti 18.6%:

1. primena pluga i rotacione drljače,
2. razrivač sa rotacionom sitnilicom i valjkom,
3. čizel sa rotacionom sitnilicom,
4. čizel sa rotacionom sitnilicom i sejalicom i
5. rotaciona sitnilica sa omašnom sejalicom.



Sl. 4. Raspored snage i karakter raspodele [14]

U prethodnim razmatranjima se vidi da se primenom rotacionih alata smanjuje specifična snaga u odnosu na ukupnu specifičnu snagu, pa u određenim uslovima pri korišćenju samo rotacione sitnilice vučna snaga nije ni potrebna, odnosno nije dominantna.

### ZAKLJUČAK

Pri razmatranju sistema koji imaju module sa pasivnim, pasivnim rotirajućim alatima i aktivnim alatima treba prednost dati kombinaciji alata. Rešenja sa izvođenjem pojedinačnih operacija, koje su danas još uvek aktuelna, trebalo bi da zamene tehnološka tehnička rešenja koja se odnose na razvoj racionalnijih rešenja sa modulisim sistemima i obavljanjem nekoliko operacija u jednom prohodu. Korišćenjem mašina sa kombinacijom alata pasivnih i aktivnih ostvaruje se šira primena rešenja za obavljanje nekoliko operacija u jednom prohodu. Smanjenjem broja prohoda, intenziteta sabijanja zemljišta, troškova nabavke i održavanje tehničkih sistema, smanjenja vučne sile utiče se i na smanjenje utroška energije, tj. potrošnje goriva, a samim tim i na ekonomsku opravdanost.

### LITERATURA

- [1] Bernacki H.: Bodenbearbeitungsgeräte und -maschinen, Berlin: Verlag Technik, 1972.
- [2] Blumenthal R.: Technisches Handbuch Traktoren, Berlin, VEB Verlag Technik, 1978.
- [3] European Community Club of Advanced Engineering for Agriculture: Agriculture and Engineering, new technological opportunities, ECCAEA, 1989., 6.
- [4] Hofmann K.: Fahrmechanischer Vergleich verschiedener Traktorkonstruktionen, Habil. -Schrift TV Dresden, 1969.

- [5] Kalk W.-D. u. O. Bosse: Darstellung der an rotierenden Bodenbearbeitungswerkzeugen mit horizontalen Drehachsen wirkenden Kräfte und Drehmomente, *Grundl., Landtechnik*, Bd 35 (1985), Nr 4, S. 118/26.
- [6] Konzack J.: Energieaufwand für Saatbettbereitungswerkzeuge in Abhängigkeit von der Antreibart, *Agrartechnik* (Berlin) Bd 32 (1982), No 10, S. 452/54.
- [7] Marković D.: Optimizacija tehnologija i poljoprivrednih mašina za obradu zemljišta sa aktivnim radnim organima, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.
- [8] Matthies J.H., Meier F.: *Jahrbuch Agrartechnik*, Ausgabe, 1995., S. 83-91.
- [9] Pellizzi G.: Trends in agricultural engineering, International Scientific Conference Trends in Agricultural Engineering (TAE '92), Prague, 1992.
- [10] Quetisch K., Schulz H., Kobelt P.: Energetische Analyse am Maschinen-Traktor Aggregat bei Zugarbeit, *agrartechnik* (Berlin), Bd. 34 (1984.), Nr. 10, S. 437/40.
- [11] Schaäfer W.: Theoretische Untersuchungen zur optimalen Kombination von Allradschleppern und gezogenen Geräten zur Bodenbearbeitung, *Grundlagen der Landtechnik*, Bd 33 (1984), No 10, S. 437/40.
- [12] Soucek R.: Antriebe für Landmaschinen, In: *Taschenbuch Maschinenbau*, Band 3/I, Berlin, VEB Verlag Technik, 1971.
- [13] Steinkampf H., Zach M.: Leistungsbedarf und Krümelungseffekt von gezogenen und zapfwellengetriebenen Geräten zur Saatbettbereitung, *Landbauforschung Völkenrode* Bd. 24 (1974.), Nr. 1, S. 55/62
- [14] Tebruge W. Bodenbearbeitungssysteme im mehrjährigen Vergleich, *Landtechnik*, 1989/1990.
- [15] Marković D., Veljić M. i Mitrović Z.: Energetska analiza tehničkih sistema u obradi zemljišta, *Savremena poljoprivredna tehnika*, br.3, str.121-128, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1995.

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta koji delom finansira MNZŽ, EVB. BT-20092

## ANALYSIS OF MODULE SYSTEMS FOR SOIL CULTIVATION

**Milan Veljic, Dragan Markovic, Ivana Stekic**

*Faculty of Mechanical Engineering - Belgrade*

**Abstract:** This paper shows research summary of economic parameters for module system for soil cultivation. Analysis of many parameters showed application possibilities in certain machine conditions with passive and active tools. We showed required drive power for some combined cultivation tools. Our analysis showed that module techniques of soil cultivation, where part of the power is transferred by PTO shaft and part through drive wheels is providing better economy, required cultivating quality, it enables further development of new solutions for soil cultivation. Manipulating costs are highly influenced by consumed energy (fuel consumption), working time and labor costs. By application of science, technology and technique we gave direction for further development of these systems. This analysis is more valuable having in mind constantly rising price of the fuel.

**Key words:** soil cultivation, module, cultivation tools, energy.