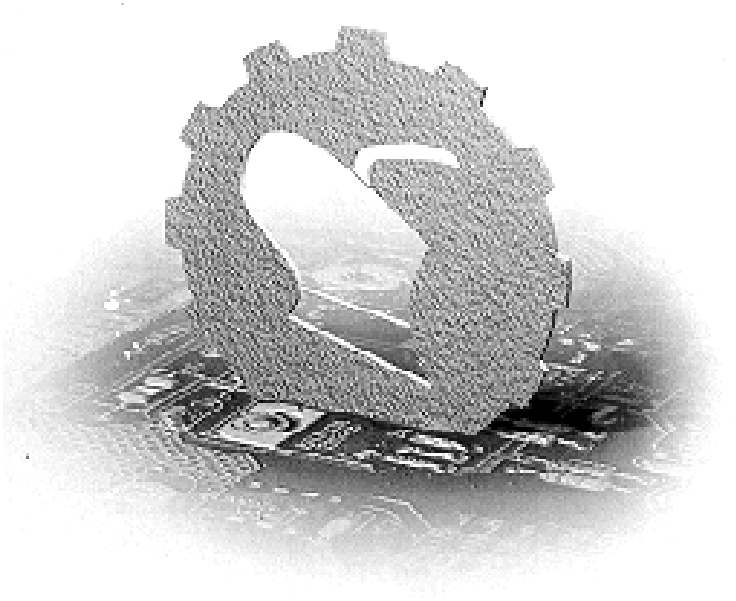
ISSN 0554-5587
UDK 631 (059)

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

AGRICULTURAL ENGINEERING

НАУЧНИ ЧАСОПИС
SCIENTIFIC JOURNAL



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ, ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ,
ИНСТИТУТ ЗА ПОЉОПРИВРЕДНУ ТЕХНИКУ

UNIVERSITY OF BELGRADE, FACULTY OF AGRICULTURE,
INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING

Година XXXVII Број 3, децембар 2012.
Year XXXVII, No. 3, December 2012.

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

AGRICULTURAL ENGINEERING

Издавач *(Publisher)*
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Институт за пољопривредну технику, Београд-Земун
University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun

Уредништво часописа *(Editorial board)*

Главни и одговорни уредник *(Editor in Chief)*
др Горан Тописировић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

Уредници *(National Editors)*
др Марија Тодоровић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Анђелко Бајкин, професор, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет
др Мићо Ољача, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Милан Мартинов, професор, Универзитет у Новом Саду,Факултет техничких наука
др Душан Радивојевић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Раде Радојевић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Мирко Урошевић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Стева Божић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Драгиша Раичевић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Ђукан Вукић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Милован Живковић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Драган Петровић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Зоран Милеуснић, професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Рајко Миодраговић, доцент, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Александра Димитријевић, доцент, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
др Милан Вељић, професор, Универзитет у Београду, Машински факултет
др Драган Марковић, професор, Универзитет у Београду, Машински факултет
др Саша Бараћ, професор, Универзитет у Приштини, Пољопривредни факултет, Лешак
др Предраг Петровић, Институт "Кирило Савић", Београд
дипл. инг. Драган Милутиновић, ИМТ, Београд

Иностранu уредници (*International Editors)*

Professor Peter Schulze Lammers, Ph.D., Institut fur Landtechnik, Universitat, Bonn, Germany
Professor Andras Fekete, Ph.D., Corvinus University, Faculty of Food Science, Budapest, Hungary
Professor László Magó, Ph.D., Szent Istvan University, Faculty of Mechanical Engineering, Gödöllő, Hungary
Professor Victor Ros, Ph.D., Technical University of Cluj-Napoca, Romania
Professor Sindir Kamil Okyay, Ph.D., Ege University, Faculty of Agriculture, Bornova - Izmir, Turkey
Professor Stavros Vougioukas, Ph.D., Aristotle University of Tessaloniki
Professor Nicolay Mihailov, Ph.D., University of Rousse, Faculty of Electrical Enginering, Bulgaria
Professor Silvio Košutić, Ph.D., University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Croatia
Professor Selim Škaljić, Ph.D., University of Sarajevo, Faculty of Agriculture, Bosnia and Hercegovina
Professor Dragi Tanevski, Ph.D., "Ss. Cyril and Methodius" University in Skopje, Faculty of Agriculture, Macedonia
Professor Zoran Dimitrovski, Ph.D., University "Goce Delčev", Faculty of Agriculture, Štip, Macedonia
Professor Sitaram D. Kulkarni, Ph.D., Agro Produce Processing Division, Central Institute of Agricultural Engineering, Bhopal, India

Контакт подаци уредништва *(Contact)*
11080 Београд-Земун, Немањина 6, п. фах 127, тел. (011)2194-606, 2199-621, факс: 3163-317, 2193-659, e-mail: gogi@agrif.bg.ac.rs, жиро рачун: 840-1872666-79.

11080 Belgrade-Zemun, str. Nemanjina No. 6, Po. box: 127, Tel. 2194-606, 2199-621, fax: 3163-317, 2193-659, e-mail: gogi@agrif.bg.ac.rs , Account: 840-1872666-79

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

НАУЧНИ ЧАСОПИС

AGRICULTURAL ENGINEERING

SCIENTIFIC JOURNAL

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ, ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ,
ИНСТИТУТ ЗА ПОЉОПРИВРЕДНУ ТЕХНИКУ

UNIVERSITY OF BELGRADE, FACULTY OF AGRICULTURE,
INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING

WEB адреса

http://www.agrif.bg.ac.rs/publications/index/pt

Издавачки савет *(Editorial Council)*

Проф. др Властимир Новаковић, Проф. др Марија Тодоровић, Проф. др Ратко Николић, Проф. др Милош Тешић, Проф. др Божидар Јачинац, Проф. др Драгољуб Обрадовић, Проф. др Драган Рудић, Проф. др Милан Тошић, Проф. др Петар Ненић

Техничка припрема *(Technical editor)*

Иван Спасојевић, Пољопривредни факултет, Београд

Лектор и коректура: *(Proofreader)*

Гордана Јовић

Превод: *(Translation)*

Весна Ивановић, Зорица Крејић, Миљенко Шкрлин

Штампа *(Printed by)*

"Академска издања" – Земун
Часопис излази четири пута годишње

Тираж *(Circulation)*

350 примерака

Pretplata za 2013. godinu iznosi 2000 dinara za institucije, 500 dinara za pojedince i 100 dinara za studente po svakom broju časopisa.

Радови објављени у овом часопису индексирани су у базама *(Abstracting and Indexing)*:

AGRIS i SCIndeks

Издавање часописа помогло *(Publication supported by)*
Министарство просвете и науке Републике Србије

Na osnovu mišljenja Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije po rešenju br. 413-00-606/96-01 od 24. 12. 1996. godine, časopis POLJOPRIVREDNA TEHNIKA je oslobođen plaćanja poreza na promet robe na malo.

S A D R Ž A J

PRIMENA RAZLIČITIH TEHNOLOŠKIH PROCESA U DORADI SEMENA CRVENE DETELINE
Dragoslav Đokić, Rade Stanisavljević, Dragan Terzić, Jordan Marković,
Gordana Radivojević, Bojan Anđelković, Saša Barać.....1-10

UTICAJ KARAKTERISTIKA TERENA NA OSCILACIJE TRAKTORA
Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Branislav Aleksandrović.....11-23

HAOTIČNI MODEL RASTA PROFITA U PROIZVODNJI POLJOPRIVREDNIH MAŠINA
Vesna D. Jablanović.....25-29

ODABRANI PROBLEMI ISTRAŽIVANJA KVALITETA RASIPANJA MINERALNIH ĐUBRIVA DISKOSNIM RASIPAČIMA
Milan Koszel.....31-36

UTICAJ BIOMASE NA SMANJENJE EMISIJE UGLJEN DIOKSIDA
Lazar N. Ružičić, Ljiljana Kostadinović, Nikola Počuča, Predrag Petrović.....37-44

UPOTREBA VERIS VOZILA ZA MERENJE ELEKTROPROVODLJIVOSTI ZA PREDVIĐANJE OTPORA VUČI
Robert D. Grisso, Jeffery P. Ehrhardt, Michael F. Kocher, Paul J. Jasa,
Jack L. Chinstock.....45-61

EFEKTI MEHANIZOVANOG NAČINA APLIKACIJE TEČNOG STARTNOG ĐUBRIVA U PROIZVODNJI KUKURUZA
Milan Dražić, Miloš Pajić, Zoran Dumanović, Dušan Radojičić, Kosta Gligorević,
Miloš Stojanović, Steva Božić.....63-70

EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE AKUMULACIJE TOPLOTE U AKUMULATORU TOPLOTE PRIMENOM FAZNOPROMENLJIVOG MATERIJALA
Nedžad R. Rudonja, Goran S. Živković, Mirko S. Komatina, Branislav S. Repić.....71-79

ТЕХНОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ БРИКЕТИРАЊА БИОМАСЕ МИСКАНТУСА
Жељко Џелетовић, Владан Димитријевић, Ставан Стојановић, Милош Павловић.....81-89

FORMIRANJE BAZNOG MODELA TRANSPORTA POLJOPRIVREDNIH PROIZVODA
Zoran Mileusnić, Rajko Miodragović, Đorđe Mišković, Aleksandra Dimitrijević.....91-105

C O N T E N T S

APPLICATION OF VARIOUS TECHNOLOGICAL PROCESSES IN RED CLOVER SEED PROCESSING
Dragoslav Đokić, Rade Stanisavljević, Dragan Terzić, Jordan Marković, Gordana Radivojević, Bojan Anđelković, Saša Barać 1-10

EFFECT OF TERRAIN CHARACTERISTICS ON THE TRACTOR VIBRATION
Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Branislav Aleksandrović..... 11-23

A CHAOTIC PROFIT GROWTH MODEL IN THE AGRICULTURAL MACHINES PRODUCTION
Vesna D. Jablanovic..... 25-29

THE SELECTED PROBLEMS OF THE STUDY ON THE QUALITY OF MINERAl FERTILIZER SOWING WITH DISC SPREADERS
Milan Koszel.....31-36

EFFECT OF BIOMASS TO REDUCE CARBON DIOXIDE EMISSIONS
Lazar N. Ružičić, Ljiljana Kostadinović, Nikola Počuča, Predrag Petrović..... 37-44

USING THE VERIS ELECTRICAL CONDUCTIVITY CART AS A DRAFT PREDICTOR
Robert D. Grisso, Jeffery P. Ehrhardt, Michael F. Kocher, Paul J. Jasa, Jack L. Schinstock..... 45-61

EFFECTS OF MECHANIZED METHOD OF LIQUID FERTILIZER APPLICATION IN CORN PRODUCTION
Dražić Milan, Pajić Miloš, Dumanović Zoran, Radojičić Dušan, Gligorević Kosta, Stojanović Miloš, Božić Steva..... 63-70

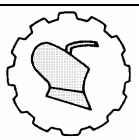
EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON ACCUMULATION OF HEAT BY PHASE CHANGE MATERIAL IN THE THERMAL ENERGY STORAGE
Nedžad R. Rudonja, Goran S. Živković, Mirko S. Komatina, Branislav S. Repić..... 71-79

TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF BRIQUETTING OF MISCANTHUS BIOMASS
Željko Dželetović, Vladan Dimitrijević, Stevan Stojanović, Miloš Pavlović..... 81-89

BASIC MODEL FOR OPTIMAL TRANSPORT ORGANISATION IN AGRICULTURE
Zoran Mileusnić, Rajko Miodragović, Đorđe Mišković, Aleksandra Dimitrijević..... 91-105

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 3, decembar 2012.
Strane: 1 - 10

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku



UDK: 631(059)

Originalni naučni rad
Original scientific paper

PRIMENA RAZLIČITIH TEHNOLOŠKIH PROCESA U DORADI SEMENA CRVENE DETELINE

Dragoslav Đokić[*1], Rade Stanisavljević[1], Dragan Terzić[1], Jordan Marković[1], Gordana Radivojević[1], Bojan Anđelković[1], Saša Barać[2]

[1] *Institut za krmno bilje, Kruševac*
[2] *Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet - Priština/Lešak*

Sažetak: U radu su prikazani rezultati ispitivanja pri doradi naturalnog semena crvene deteline na mašinama za doradu različitim tehnološkim postupcima. Seme za zasnivanje i korišćenje useva crvene deteline (*Trifolium pratense* L.) mora biti visoke čistoće, klijavosti, kao i visoke genetske vrednosti. Ovi zahtevi se ostvaruje doradom, odnosno odstranjivanjem nečistoća i semena lošijeg kvaliteta. Dorada semena crvene deteline obuhvata veći broj operacija od kojih su najznačajnije: čišćenje, pakovanje u ambalažu, deklarisanje i skladištenje. U procesu dorade semena ove krmne biljke količina dorađenog semena direktno zavisi od sadržaja primesa koje mogu biti organskog i neorganskog porekla, a takođe i od količine i vrste korova u semenu koje se dorađuje. Zadatak čišćenja je da se iz naturalnog semena crvene deteline sa primesama uklone sva zrna stranih primesa i razne nečistoće i izdvoji čisto zrno osnovne kulture. Značaj dorađenog semena se ogleda u tome da se seme blagovremeno pripremi u što povoljnije stanje za sejalicu i kvalitetnu setvu, klijanje i nicanje.

Cilj ispitivanja bio je da se pri doradi semena crvene deteline odrede relevantni parametri na mašinama za doradu, a to su: čisto seme (%), seme korova i seme drugih kultura (%), inertne materije (%), količina dorađenog semena (kg), vreme dorade semena (h), gubici semena (%), randman dorade (%), kao i količina potrošenog materijala u tehnološkom procesu dorade semena.

Na osnovu dobijenih rezultata i njihovim poređenjem moguće je izvršiti izbor odgovarajućeg tehnološkog procesa za doradu semena crvene deteline.

Ključne reči: *seme, dorada, crvena detelina, tehnološki proces*

[*] Kontakt autor. E-mail: dragoslav.djokic@ikbks.com

Projekat br. 31057 (2011-2014) je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja R. Srbije.

UVOD

Crvena detelina (*Trifolium pratense* L.) je druga najvažnija višegodišnja mahunasta krmna biljka u našoj zemlji posle lucerke (*Medicago sativa* L.). U Republici Srbiji u 2011. godini crvena detelina je požnjevena na 119.480 ha, a lucerka na 183.328 ha [19]. Kao stočna hrana crvena detelina se može koristiti kao zelena krma i prerađena kao: seno, senaža, silaža i dehidrirana u brašno [22]. Odlikuje se visokim prinosom biomase i kvalitetom krme, kao i brzom regeneracijom nakon kosidbe. Naročito je bogato proteinima lišće, čiji sadržaj iznosi oko 25% u fazi butonizacije [21]. Sadržaj vitamina i mineralnih materija čine je jednom od najkvalitetnijih krmnih vrsta. Crvena detelina sadrži velike količine provitamina A i vitamine C, D, E, K, B1, B2, B3 i mikroelemente Mo, Co, B, Cu, Mn [13]. Nasuprot lucerki, crvena detelina bolje podnosi kiselija zemljišta, s niskom pH vrednošću, lošije strukture. Crvena detelina najbolje uspeva na neutralnim do slabo kiselim zemljištima sa vrednostima pH 5,5-7. Zemljišta su srednje teška, vlažna, srednje plodnosti tipa gajnjača, aluvijuma i smonica [12]. S obzirom na značaj crvene deteline i mogućnost za proizvodnju krme na manje pogodnim i kiselijim zemljištima postoji potreba njenog daljeg širenja u praksi [9].

Jedan od uslova za ostvarivanje visokih prinosa u savremenoj proizvodnji svake biljne vrste je upotreba kvalitetnog semena. Upotreba deklarisanog semena je preduslov za postizanje visokih i stabilnih prinosa kao i za približavanje ostvarenju maksimalnih genetskih potencijala [15].

Korovi u semenskom usevu crvene deteline otežavaju žetvu, kontaminiraju seme i otežavaju proces dorade. Da bi se sprečila pojava štetnih korova u usevu mora se delovati preventivno, odnosno izbegavanjem same pojave korova i njihovo suzbijanje u početnim stadijumima rasta korovskih biljaka [14]. Među korovima crvene deteline i ostalih višegodišnjih krmnih leguminoza koji imaju štetan ekonomski uticaj naročito je zastupljena parazitna cvetnica vilina kosica [20]. Prisustvo semena viline kosice u semenu lucerke, crvene deteline i drugih vrsta, bilo bi pogubno za zasnivanje useva leguminoznih biljaka [4], [10]. Iz tih razloga se vilina kosica se ne sme pojaviti na parceli u periodu vegetacije naročito kada se radi o semenskoj proizvodnji. U usevu crvene deteline osim viline kosice naročito je opasan i štavelj jer njegovo prisustvo u semenu deteline povećava gubitke semena jer se teško čisti zbog oblika i veličine zrna.

Posle žetve iz semena osnovne kulture treba da se ukloni seme drugih vrsta, korova i ostalih primesa. Čistoća semena predstavlja odnos između količine čistog semena osnovnog useva i drugih useva, korova i inertnih materija [8]. Dorada semena se zasniva na fizičkim karakteristika semena. Pre svake dorade,potrebno je pažljivo analizirati svaku količinu semena i odgovarajućom kombinacijom mašina za doradu ostvariti optimalne rezultate [3], [2], [1], [7], [8]. Podešavanje mašina za doradu semena i tehnološki proces treba prilagoditi kvalitetu semena koje se dorađuje, pri čemu treba voditi računa o veličini otvora na sitima mašine za fino čišćenje zbog veličine semena. Seme crvene deteline je sitno, nepravilnog oblika, dužine 1,5-2 mm, širine 1,2-1,5 mm, debljine 0,6-1,2 mm, mase 1,8 g. [5], [22].

Zadatak procesa dorade semena je da se iz naturalnog semena uklone sva zrna stranih primesa i razne nečistoće i izdvoji čisto seme osnovne kulture [16]. Potrebno je odgovarajućom kombinacijom mašina za doradu postići što bolji kvalitet dorađenog semena za što kraće vreme, pri čemu kvalitet semena odgovara zakonski propisanim normama za semenski materijal [7], [17]. Zakon o semenu i sadnom materijalu [6] koji

je u skladu sa međunarodnim propisima za semena [11] definiše uslove i sredstva za proizvodnju, preradu i distribuciju semena. Po zakonu, najmanja dozvoljena čistoća semena crvene deteline je 95%, do 2% drugih vrsta, 0,5% korova (bez karantinskih korova) i 2,5% inertnih materija, minimalno 70% klijavosti sa 13% vlažnosti zrna [18].

Cilj ispitivanja bio je određivanje relevantnih parametara pri doradi naturalnog semena crvene deteline sa velikim sadržajem inertnih materija dorađene na istom sistemu mašina za doradu različitim tehnološkim postupcima da bi se utvrdilo kojim tehnološkim postupkom se ostvaruju optimalni rezultati.

MATERIJAL I METODE RADA

Ispitivanje je urađeno u doradnom centru Instituta za krmno bilje u Globoderu-Kruševcu, gde je u tri ponavljanja dorađivano naturalno seme crvene deteline korišćenjem dva različita tehnološka postupka dorade (T1, T2). Tehnološki postupak T1 je standardni postupak koji se primenjuje u procesu dorade semena crvene deteline pri čemu se u mešaoni seme meša sa vodom i čeličnim prahom u određenoj srazmeri. Kod drugog tehnološkog postupka (T2) pored ove dve komponente korišćena je i određena količina glicerina koji se rastvarao u vodi. Pri doradi semena iz otpada koje se dobije pri oba procesa dorade korišćena je i određena količina glicerina u mešaoni da bi se dobila što veća količina kvalitetnog semena. Naturalno seme crvene deteline bilo je prosečne čistoće od 73% sa velikim sadržajem inertnih materija (27,0%) u vidu cvetića, žetvenih ostataka, muhara, sa 7 zrna viline kosice u radnom uzorku od 5 g (Tabela 1).

Tabela 1. Prosečna čistoća naturalnog semena crvene deteline

Table 1. The average purity of red clover seed

Struktura semena *Seed structure*	Procentualni udeo *Percent ratio*	Vrsta korova *Weed species*
Čisto seme *Pure seed*	73,0	
Druge vrste *Other species*	0,0	
Inertne materije *Inert matter*	27,0	Cvetići, žetveni ostaci, muhar (*Setaria* spp.) *Florets, harvest rests, foxtail millet (Setaria* spp.*)*
Korov *Weed*	0,0	7 *Cuscuta* spp. /5 g

Sistem mašina za doradu koji se koristio pri ispitivanju sastojao se od sledećih mašina i uređaja: prijemnog koša sa trakastim transporterom, kofičastih elevatora, trakastog transportera, mašine za fino čišćenje danskog prizvođača Damas-tip Alfa 4, mašine za magnetno čišćenje nemačkog proizvođača Emceka Gompper-tip 4. Za odvajanje korova na magnetnom separatoru korišćen je čelični prah Nutra fine RS američke proizvodnje. Pre samog procesa dorade probom je ustanovljena najpovoljnija kombinacija rasporeda sita na mašini za fino čišćenje. U gornjoj lađi su se nalazila sita i rešeta sa okruglim otvorima prečnika: 2,75 mm; 2,5 mm; 2,25 mm; 2,0 mm; 2,0 mm i 1,9 mm. U donjoj lađi su se nalazila sita sa uzdužnim - rezanim otvorima širine: 1,2 mm; 1,1 mm; 1,0 mm i u donjem redu 0,6 mm; 0,5 mm i 0,5 mm.

Količina semena za svako ponavljanje je iznosila 300 kg, odnosno 900 kg semena za svaki tehnološki postupak (1800 kg ukupno). Za svako ponavljanje laboratorijskom analizom određivani su sledeći parametri: čisto seme (%), seme korova i seme drugih kultura (%) i inertne materije (%). Određivanje mase semena za uzorke u laboratoriji vršeno je na elektronskoj preciznoj vagi. Za analizu sadržaja primesa u semenu u laboratoriji koristilo se uveličavajuće staklo sa osvetljenjem. Merenje mase dorađenog semena vršeno je elektronskom vagom mernog opsega do 300 kg. Merenje vremena rada (h) vršilo se štopericom.

Poređenjem dobijenih prosečnih vrednosti za svaki primenjeni tehnološki postupak dorade moguće je za ispitivanu čistoću semena crvene deteline od 73,0% odrediti koji je tehnološki postupak bolji, kao i koliko je potrebno izvršiti prolaza semena za doradu kroz sistem mašina da bi se dobilo seme odgovarajućeg kvaliteta.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Po prvom tehnološkom postupku (T1) dorada naturalnog semena crvene deteline čistoće 73% vršila se u tri ponavljanja. Dorada semena pri prvom ponavljanu prikazana je u tabeli 2. Seme je posle prvog prolaska kroz sistem mašina imalo 92% čistog semena, 2% semena lucerke, 3% korova kamilice i bokvice. U uzorku od 5 g pronađeno je 9 vilinih kosica i 2 zrna štavelja. Inertnih materija u vidu cvetića i žetvenih ostataka bilo je 3%. Posle trifolina seme je imalo veoma visoku čistoću od 99,0%, bez korova. U uzorku od 50 g na malom trifolinu pronađena se dva semena štavelja što je po zakonskim propisima. Za vreme dorade od 128,0 min, dobijeno je 176,2 kg čistog semena. Da bi se dobila što veća količina semena sa mašina uzet je otpad da bi se ponovo doradio.

Tabela 2. Čistoća semena crvene deteline u zavisnosti od faze dorade T1-prvo ponavljanje

Table 2. Purity of red clover in relation to processing stage T1-first repetition

Faza dorade *Processing stage*	Čisto seme *Pure seed* (%)	Druge vrste *Other species* (%)	Inertne materije *Inert matter* (%)	Korov *Weed* (%)	
Naturalno seme *Natural seed*	73,0	0	27	-	7 *Cuscuta* spp. /5 g
I prolaz *I passage*	92,0	2	3	3	*Matricaria chamomilla*, *Plantago* spp., 9 *Cuscuta* spp./5 g, 2 *Rumex* spp./5 g
Magnetna mašina *Magnetic machine*	99,0	0	1,0	-	2 *Rumex* spp./50 g

U Tabeli 3. prikazana je dorada naturalnog semena crvene deteline po tehnološkoj šemi T1 pri drugom ponavljanju. Posle prvog prolaska kroz sistem mašina dobijeno je seme čistoće od 95,0%. Analizom je ustanovljeno 2% korova u vidu kamilice. Inertnih materija u vidu cvetića i žetvenih ostataka bilo je 3%. Kamilice kao korovske vrste u crvenoj detelini bilo je 2%.

Na kraju procesa dorade posle magnetnog separatora dobijeno je seme visoke čistoće od 99,2%. Korovskih vrsta u vidu kamilice i štira (*Amaranthus retroflexus* L.)

bilo je 0,2%. Ostatak od 0,6% su inertne materije u vidu žetvenih ostataka. Pri analizi uzorka od 50 g na korove, na malom trifolinu pronađena su 4 zrna štavelja. Vreme dorade je iznosilo 107,0 min pri čemu je dobijeno 167,7 kg čistog semena. Kao i kod predhodnog ponavljanja seme iz otpada je uzeto za ponovnu doradu.

Tabela 3. Čistoća semena crvene deteline u zavisnosti od faze dorade T1-drugo ponavljanje

Table 3. Purity of red clover in relation to processing stage T1-second repetition

Faza dorade *Processing stage*	Čisto seme *Pure seed* (%)	Druge vrste *Other species* (%)	Inertne materije *Inert matter* (%)	Korov *Weed* (%)	
Naturalno seme *Natural seed*	73,0	0	27	-	7 *Cuscuta* spp. /5 g
I prolaz *I passage*	95,0	0	3,0	2	*Matricaria chamomilla*
Magnetna mašina *Magnetic machine*	99,2	0	0,6	0,2	*Matricaria chamomilla*, *Amaranthus retroflexus* L., 4 *Rumex* spp./50 g

Tabela 4. Čistoća semena crvene deteline u zavisnosti od faze dorade T1-treće ponavljanje

Table 4. Purity of red clover in relation to processing stage T1-third repetition

Faza dorade *Processing stage*	Čisto seme *Pure seed* (%)	Druge vrste *Other species* (%)	Inertne materije *Inert matter* (%)	Korov *Weed* (%)	
Naturalno seme *Natural seed*	73,0	0	27	-	7 *Cuscuta* spp. /5 g
I prolaz *I passage*	96,0	0	4,0	-	9 *Cuscuta* spp./5 g
Magnetna mašina *Magnetic machine*	99,2	0	0,8	-	1 *Rumex* spp./50 g

Tabela 5. Čistoća semena crvene deteline u zavisnosti od faze dorade T2-prvo ponavljanje

Table 5. Purity of red clover in relation to processing stage T2-first repetition

Faza dorade *Processing stage*	Čisto seme *Pure seed* (%)	Druge vrste *Other species* (%)	Inertne materije *Inert matter* (%)	Korov *Weed* (%)	
Naturalno seme *Natural seed*	73,0	0	27	-	7 *Cuscuta* spp. /5 g
I prolaz *I passage*	97,0	0	3,0	-	9 *Cuscuta* spp./5 g
Magnetna mašina *Magnetic machine*	99,2	0	0,8	-	1 *Rumex* spp./50 g

Dorada naturalnog semena crvene deteline prvim tehnološkim postupkom pri trećem ponavljanju prikazana je u Tabeli 4. Na kraju procesa dorade dobijeno je seme visoke čistoće od 99,2% bez korova, sa jednim zrnom štavelje u uzorku od 50 g, bez semena viline kosice. Za vreme dorade od 112,0 min dobijeno je 200,0 kg semena. Seme iz otpada je takođe kao i kod predhodna dva ponavljanja prikupljeno za ponovnu doradu.

Prvo ponavljanje pri doradi semena crvene deteline drugim tehnološkim postupkom prikazano je u Tabeli 5. Pri doradi semena deteline drugim tehnološkim postupkom (T2) koristio se glicerin u količini od 5 ml na 0,7 l vode i 500 g čeličnog praha.

Glicerin se predhodno rastvarao u vodi, a zatim se vršilo doziranje u mešaoni. Posle prvog prolaska semena kroz sistem mašina dobijeno je seme visoke čistoće od 97% sa dva zrna viline kosice u uzorku od 5 g. Inertnih materija u vidu cvetića i žetvenih ostataka bilo je 3%.

Na kraju procesa dorade čistoća dorađenog semena bila je veoma visoka i iznosila je 99,2%. U uzorku semena analiziranom na malom trifolinu pronađeno je jedno zrno štavelja. Vreme dorade je iznosilo 132 min, pri čemu je dobijeno 205,0 kg dorađenog čistog semena. Otpad sa mašina se takođe sakupljao za ponovnu doradu.

Doradom semena istim tehnološkim postupkom korišćenjem glicerina u procesu dorade u mešaoni pri drugom ponavljanju seme kao i kod prvog ponavljanja dorađuje u jednom prolasku kroz sistem mašina i kroz trifolin. Čistoća semena u zavisnosti od faze dorade je prikazana u Tabeli 6.

Tabela 6. Čistoća semena crvene deteline u zavisnosti od faze dorade T2-drugo ponavljanje

Table 6. Purity of red clover in relation to processing stage T2-second repetition

Faza dorade *Processing stage*	Čisto seme *Pure seed* (%)	Druge vrste *Other species* (%)	Inertne materije *Inert matter* (%)	Korov *Weed* (%)	
Naturalno seme *Natural seed*	73,0	0	27	-	7 *Cuscuta* spp. /5 g
I prolaz *I passage*	97	0	3	-	6 *Cuscuta* spp. /5 g
Magnetna mašina *Magnetic machine*	99,2	0	0,8	-	2 *Setaria* spp. /5 g, 2 *Amaranthus retroflexus* L. /5 g

Seme posle prolaska kroz sistem mašina sa čistoće od 97,0% doradom na trifolinu ima čistoću od 99,2%, sa po dva zrna semena muhara i štira u uzorku od 5 g, što je po zakonskim propisima. U uzorku od 50 g sa malog trifolina nije pronađeno nijedno seme karantinskih korova viline kosice i štavelja. Za doradu 189,1 kg semena utrošeno je ukupno 130 min vremena.

Tabela 7. Čistoća semena crvene deteline u zavisnosti od faze dorade T2-treće ponavljanje

Table 7. Purity of red clover in relation to processing stage T2-third repetition

Faza dorade *Processing stage*	Čisto seme *Pure seed* (%)	Druge vrste *Other species* (%)	Inertne materije *Inert matter* (%)	Korov *Weed* (%)	
Naturalno seme *Natural seed*	73,0	0	27	-	7 *Cuscuta* spp. /5 g
I prolaz *I passage*	96,0	0	4,0	-	7 *Cuscuta* spp. /5 g
Magnetna mašina *Magnetic machine*	99,4	0	0,6	-	1 *Setaria* spp. /5 g, 1 *Amaranthus retroflexus* L. /5 g

U Tabeli 7. je prikazana dorada semena pri trećem ponavljanju. Posle dorade na mašini za fino čišćenje čistoća semena je iznosila 96% sa 4% inertnih materija u vidu cvetića i žetvenih ostataka. Na kraju procesa dorade dobijeno je seme izuzetno visoke čistoće od 99,4% sa 0,6% inertnih materija u vidu delova cvetića i žetvenih ostataka. Od korova u uzorku od 5 g pronađeno je po jedno zrno muhara i štira. U uzorku od 50 g nije pronađeno seme viline kosice i štira. Ukupno vreme dorade je iznosilo 140 min, a količina dobijenog semena na kraju dorade je bilo 208,0 kg.

Doradom semena iz otpada sa vetra fine mašine zbog veoma niske početne čistoće semena od 30% nije bilo moguće dobiti seme odgovarajuće čistoće po zakonskim normama i ovo seme se baca u otpad.

Doradom semena iz otpada sa prvog tehnološkog procesa sa gornjeg nivoa donjih sita sa fine mašine dobijeno je 39,7 kg čistog semena koje je odgovaralo zakonskim propisima. Sa početne čistoće od 72% sa 7% korova i 19% inertnih materija u vidu cvetića i žetvenih ostataka čistoća dorađenog semena je na kraju dorade bila 97% čistog semena sa 3% inertnih materija. Vreme dorade je iznosilo 45 min. Iz semena iz otpada sa drugog tehnološkog procesa dobijeno je 38 kg semena čistoće 96% sa 4% inertnih materija. Vreme dorade ovog semena je iznosilo 51 min. Iz otpada sa trifolina dorađeno je 16,0 kg čistog semena sa prvog tehnološkog procesa. Vreme dorade je iznosilo 47 min. Sa 79% početne čistoće posle prolaska kroz sistem mašina u košu mešaone seme je bilo 90% čistoće sa 5 zrna štavelja u uzorku od 5 g. Seme je na kraju procesa dorade bilo visoke čistoće od 98% sa 3 štavelja u uzorku od 50 g, bez viline kosice. Sa drugog tehnološkog procesa iz otpada dobijeno je 7,3 kg kvalitetnog semena za 40 min. Ovako veliki gubitak semena dobijenog iz otpada na trifolinu je posledica toga što je seme crvene deteline već bilo tretirano na magnetnom separatoru i zbog namagnetisanja i magnetnog praha koje se nalazi na semenu gubi se velika količina semena. Pri doradi semena iz otpada sa oba tehnološka procesa u mešaoni seme se mešalo sa čeličnim prahom, vodom i određenom količinom glicerina.

U Tabeli 8. su prikazane prosečne vrednosti svih relevantnih parametara dobijenih merenjem pri procesu dorade semena crvene deteline dorađene sa dva različita tehnološka postupka na istom sistemu mašina za doradu.

Tabela 8. Prosečno vreme dorade, utrošak metalnog praha, vode i glicerina, količina dorađenog semena i randman semena crvene deteline pri tehnološkim postupcima T1 i T2

Table 8. The average of the processing time, iron powder consumption, water and glycerin, average quantity of processed seed, output of processing seed during the red clover seed tehnological procedures T1 and T2

Tehnološki postupak *Tehnological procedures*	Vreme dorade *The time of the processing* (min)	Utrošak *Consumption*			Dorađeno seme *Processed seed* (kg)		Randman dorade *Output of processing* (%)
		Čelični prah *Iron powder* (kg)	Glicerin *Glycerin* (ml)	Voda *Water* (l)	Sa dorade *From processing*	Iz otpada *From waste*	
T1	146,3	1,24	0,9	1,6	181,1	21,6	67,6
T2	164,3	1,05	10,7	1,5	200,7	15,1	71,9

Analizom dobijenih podataka iz tabele 8. pri procesu dorade semena crvene deteline različitim tehnološkim postupcima uočava se da je vreme dorade kod prvog tehnološkog procesa kraće za 18 min, ali na kraju procesa dorade dobijena količina semena kod drugog tehnološkog postupka bila je veća za 13,1 kg. Utrošak metalnog praha bio je manji za 0,19 kg kod drugog tehnološkog procesa kao i vode za 0,1 l. Na kraju procesa dorade sa većom ostvarenom količinom dorađenog semena za 13,1 kg randman dorade kod drugog tehnološkog postupka bio je veći za 4,6% od prvog tehnološkog postupka što predstavlja značajan pokazatelj efikasnosti primenjenog tehnološkog postupka i racionalizaciju u procesu dorade semena crvene deteline.

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja, može se zaključiti da u procesu dorade naturalnog semena crvene deteline prosečne čistoće od 73% sa visokim sadržajem inertnih materija od 27%, različitim tehnološkim postupcima svi relevantni parametri dorade zavise od primenjene tehnologije dorade, kao i od početne čistoće naturalnog semena. U procesu dorade semena iste čistoće na istom sistemu mašina, primenom glicerina kod drugog tehnološkog postupka iskorišćenost ovakvog semena bila je veća, odnosno dobijene su veće količine semena. Drugim tehnološkim postupkom (T2) dobijeno je 13,1 kg dorađenog semena više u odnosu na prvi tehnološki postupak (T1).

Primese u naturalnom semenu crvene deteline u vidu inertnih materija ne utiču značajno na sam proces dorade i ovo seme se može lako doraditi uz odgovarajući sistem mašina i njihovo pravilno podešavanje. Problem predstavljaju karantinski korovu u usevu crvene deteline kao što su vilina kosice i štavelj koji su po obliku i veličini slični semenu deteline i veoma ih je teško odstraniti. Najbolje je preventivno delovati tako što će se sejati sortno seme bez korova, i u toku vegetacije odstraniti korov iz useva, ukoliko se pojavi, pre njegovog cvetanja i pojave semena. Ova mera je ujedno i zakonom regulisana. Dorada semena crvene deteline je veoma složen proces i zahteva skupu opremu i obučen kadar. Tokom procesa dorade svi propusti u tehnološkom procesu mogu dovesti do velikih gubitaka semena, a ujedno i do ekonomskih gubitaka. Poboljšanjem procesa dorade i optimizacijom smanjuje se utrošak energija pri procesu dorade semena, odnosno poboljšava se energetska efikasnost.

Na osnovu dobijenih pokazatelja izborom odgovarajućeg tehnološkog postupka i primenjenim sistemom mašina u procesu dorade semena crvene deteline poboljšan je proces dorade, odnosno izvršena je optimizacija i racionalizacija u procesu njene proizvodnje.

LITERATURA

[1] Babić, M., Babić, Lj., 1998. Uticaj osnovnih fizičkih osobina semena pšenice na karakteristike strujanja vazduha. *Selekcija i semenarstvo,* 5(3-4): 29-32.

[2] Black, M., Bewley, J., Halmer, P., 2006. *The Encyklopedia of Seeds Science, technology and uses*. Wallingford, UK.

[3] Copeland, O., Lawrence, McDonald, Miller, 2004. *Seed Drying. Seed Science and Technology*, Norwell, Massachusetts, p. 268– 276.

[4] Čuturilo, S., Nikolić, B., 1986. *Korovi lucerke i njihovo suzbijanje.* Beograd, Nolit.

[5] Erić, P., Đukić, D., Ćupina, B., Mihailović, V., 1996. *Krmno bilje (praktikum)*. Novi Sad, Poljoprivredni fakultet

[6] Glasnik Republike Srbije br. 45, 2005.

[7] Đokić, D., 2010. *Primena različitih tehničko-tehnoloških sistema u doradi semena lucerke. Doktorska disertacija,* Univerzitet u Beogradu. Poljoprivredni fakultet, Beograd.

[8] Đokić, D., Stanisavljević, R., Marković, J., Terzić, D., Anđelković, B., 2012. Impurities in alfalfa seed and their impact on processing technology, *Journal on Processing and Energy in Agriculture* (former PTEP), Vol. 16 (2), 75-78.

[9] Đukić, D., Mihailović, V., Tomić, Z., 1996. Rezultati oplemenjivanja krmnih biljaka u SR Jugoslaviji na kraju XX veka. *VIII jugoslovenski simpozijum o krmnom bilju sa međunarodnim učešćem*, Novi Sad, 5-15.

[10] Đukić, D., Moisuc, A., Janjić, V., Kišgeci, J., 2004. *Krmne, korovske, otrovne i lekovite biljke*. Poljoprivredni fakultet. Novi Sad.

[11] ISTA-International Rules for Seed Testing, 1999. *Seed Science and Technology*, 27, Supplement. p.1 – 333. Basserdorf, Switzerland.

[12] Lugić, Z., Radović, J., Terzić, D., Tomić, Z., Spasić, R., 2000. Semenarstvo višegodišnjih leguminoza u centru za krmno bilje Kruševac. *XI savetovanje, Semenarstvo krmnog bilja na pragu trećeg milenijuma,* Zbornik radova, Sombor, Srbija, str. 47-55.

[13] Marković, J., Ignjatović, S., Radović, J., Lugić, Z. 2007. Uticaj faze razvića na sadržaj makro i mikroelemenata u lucerki i crvenoj detelini. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, Novi Sad, 44, 401-406.

[14] Miladinović, M., 2001. *Proizvodnja semena krmnog bilja*. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.

[15] Mladenov V., Milošević M. 2011. Uticaj sorte i lokaliteta na kvalitet semena ozime pšenice. *Selekcija i semenarstvo*, XVII (1), 83-95.

[16] Savić, Z., Lugić, Z., Neckov, I. 2000a. Uticaj kvaliteta naturalnog semena višegodišnjih krmnih leguminoza na gubitke u doradi semena. *I savetovanje, Nauka, praksa i promet u agraru - znanje u hibridu*, Vrnjačka banja. Zbornik radova, str. 95-98.

[17] Savić Z., Tomić Z., Lugić Z., Radović J. 2000b. Uticaj korovskih vrsta u naturalnom semenu na randman dorade semena lucerke. *XI savetovanje, Semenarstvo krmnog bilja na pragu trećeg milenijuma*, Sombor, Srbija. Zbornik radova 103-110.

[18] Službeni list SFRJ br. 47, 1987.

[19] Statistički godišnjak Republike Srbije, 2011. Republički zavod za statistiku Srbije, Beograd. Srbija.

[20] Šarić T., 1991. *Atlas korova*, Sarajevo: "Svjetlost" Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.

[21] Vasiljević, S., Katić, S., Mihailović, V., 2011. Oplemenjivanje crvene deteline (Trifolium pratense L.) na poboljšan kvalitet krme. *Zbornik referata, 45 savetovanje agronoma Srbije*, Zlatibor, str. 127-136.

[22] Vučković, S., 1999. *Krmno bilje*. Beograd: Institut za istraživanje u poljoprivredi "Srbija", Nova Pazova "Bonart".

APPLICATION OF VARIOUS TECHNOLOGICAL PROCESSES IN RED CLOVER SEED PROCESSING

Dragoslav Đokić[1], Rade Stanisavljević[1], Dragan Terzić[1], Jordan Marković[1], Gordana Radivojević[1], Bojan Anđelković[1], Saša Barać[2]

[1] Institute for forage crops, Kruševac, Republic of Serbia
[2] Faculty of Agriculture, Priština, Lešak, Republic of Serbia

Abstract: This paper presents the results of the processing of natural red clover seed on the processing equipment using different technological methods. Red clover seed, for the establishment and crop utilization, must be of high purity, germination, and high genetic values. These requirements are achieved by processing, or removing impurities and poor quality seeds. Red clover seed processing involves a number of operations, of which the most important are: cleaning, packaging, labeling and storage. In the processing of seeds of this forage plant, the amounts of processed seed directly depends on the content of impurities that may be organic or inorganic, as well as the amount and type of present weed seed. The task is to clean the natural seeds of red clover and thus remove all traces of impurities and extract the basic seed of pure culture. The importance of processed seed is reflected in the fact that the seed must be timely prepared for the favorable condition for quality sowing, germination and emergence.

The aim of the study was to determine relevant parameters of the processing equipment in the red clover seed processing. Parameters were: pure seed (%), weed seeds and seed of other crops (%), inert matter (%), the amount of processed seed (kg), seed processing time (h), losses of seeds (%), processing output (%) and the amount of materials consumed in the seed processing.

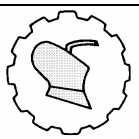
Based on these results and their comparison, choice of appropriate technological processes for red clover seed can be made.

Key words: *seed, processing, red clover, technological process*

Datum prijema rukopisa: 15.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama:
Datum prihvatanja rada: 21.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 3, decembar 2012.
Strane: 11 - 23

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku



UDK: 631.372:669-8

Originalni naučni rad
Original scientific paper

UTICAJ KARAKTERISTIKA TERENA NA OSCILACIJE TRAKTORA

Rajko Radonjić*, Aleksandra Janković, **Branislav Aleksandrović**

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac

Sažetak: U ovom radu su razmotreni problemi oscilacija traktora prouzrokovane neravninama terena. Za simulaciona istraživanja razvijen je modularni model traktorskog sistema. Eksperimentalna platforma je korišćena za merenje oscilatornih parametara guma, krutosti i prigušenja, koji su potrebni za simulaciona istraživanja. Kao ilustrativni primeri prikazani su i diskutovani eksperimentalni rezultati karakteristika guma i simulirani rezultati oscilacija traktora za dva stanja opterećenja i tri oblika pobude od terena.

Ključne reči*: teren, neravnine, traktor, gume, merenja, oscilacije, simulacija.*

UVOD

Pri obavljanju poljoprivrednih operacija ili transportnih zadataka traktor se spreže sa odgovarajućim radnim mašinama ili transportnim sredstvima i pri tome se kreće na terenima različitog mikro i makro reljefa. Pri tome, kao rezultat interakcije traktorskog sistema i tla generiraju se oscilatorni procesi koji utiču na, radnu efikasnost sistema, opterećenje ljudskog operatora, sabijanje i degradaciju tla. Intenzitet ovih procesa zavisi od, karakteristika pobude tla, konstruktivnih i eksploatacionih karakteristika traktora i implemenata, načina dejstva operatora na komande za upravljanje. Ovi uticajni faktori su u dosadašnjim radovima na različite načine obuhvaćeni i analizirani.

U radu [1], autori razmatraju dva vida statističkih karakteristika dejstva neravnina tla na traktor. Prvi vid dejstva, kao pobuda oscilacija, odnosi se na jednu parcelu, čije karakteristike su prikazane u obliku stacionarnih slučajnih funkcija. No, kako isti traktorski sistem može obavljati poljoprivredne operacije na različitim parcelama, odnosno, u različitim terensko-klimatskim zonama, autori definišu i drugi vid statističkih karakteristika. Naime, iz vremenskih zapisa pobudnog dejstva pojedinih parcela, kao stacionarnih slučajnih funkcija, određuju statističke karakteristike, kao pojedinačne

* Kontakt autor. E-mail: rradonjic@kg.ac.rs

parametre, na primer srednje vrednosti, i kao funkcije, na primer autokorelacione funkcije i gustine spektara snage. A zatim prate promene ovih parametara i funkcija od parcele do parcele i tako formiraju bazu podataka o uslovima rada posmatranog traktorskog sistema.

Analitička interpretacija pobudnog dejstva terena na traktor sa implementom prezentirana je u radu [2]. Autor koristi iskustva stečena u domenu identifikacije dejstva neravnina puta na automobil. Pri tome koristi istu strukturu identifikacionog modela za gustinu spektra snage neravnina karakterističnih parcela u funkciji prostorne učestanosti. Linearni i eksponencijalni koeficijenti modela pobude određeni za dve karakteristične parcele, pašnjak i poorana njiva, ukazuju na značajne razlike pobudnog dejstva savremenih puteva i terena u pogledu intenziteta i učestanosti. Razlika u prirodi pobude puta i terena se odražava i na kompleksnost simuliranja oscilatornih procesa drumskih i terenskih vozila. Naime, gustina spektra snage prvog izvoda funkcije pobude savremenih puteva je približno konstantnog nivoa, dakle, tipa "belog šuma", što u značajnoj meri olakšava sintetizovanje pobudnih spektara za konkretne uslove. Za pobudna dejstva terena to nije slučaj, zbog čega su simulaciona istraživanja terenskih vozila nešto kompleksnija. Zbog svoje kompleksne, višenamenske funkcije poljoprivredni traktor se, u toku radnog veka kreće i u jednim i u drugim uslovima, određenim redosledom i sa određenom vremenskom raspodelom.

Nakon 70-tih godina prošlog veka broj radova iz domena identifikacije i sintetizovanja pobudnog dejstva terena na oscilatorne procese traktorskih sistema se povećava, [3] [4]. U rezultatu toga, kao i u domenu drumskih vozila [5], predloženi su i usvojeni normativi za ocenu i klasifikaciju terena sa aspekta njihovog pobudnog dejstva, [6].

Radovi iz, gore pomenutog, drugog segmenta istraživanja se bave pitanjima formiranja fizičko-matematičkih i simulacionih modela oscilatornih procesa traktora i sistema u smislu proučavanja određenih uticaja, fenomena, ali i optimiranja vitalnih podsklopova i sistema, dakle, njihovih konstruktivno-eksploatacionih karakteristika, kao i zahteva i uslova za uvođenje komponenata tehnologije aktivne kontrole i GPS, INS, podrške.

Jedna metoda ispitivanja oscilatornih procesa poljoprivrednih mašina, sa kompletnim elastičnim oslanjanjem, osnovno i dopunsko i nelinearnim elastičnim i prigušnim karakteristikama, prikazana je u radu [7]. Formiran je ravanski, dvo-dimenzionalni model traktora, pobudno dejstvo od tla je aproksimirano korelacionom funkcijom sa diferencijabilnim svojstvima. Kao rezultati istraživanja, prezentirani su pokazatelji oscilatorne udobnosti traktora u funkciji relevantnih parametara i brzine kretanja, za četiri karakteristična moda oscilovanja. Struktura i parametri korišćenog modela, omogućili su poređenje deformacija pneumatika - guma traktora kao osnovnog elastičnog oslanjanja i metalnih opruga, kao elemenata dopunskog elastičnog oslanjanja i njihov uticaj na pokazatelje komfora.

Značaj simulacionih istraživanja u cilju optimiranja elastičnog oslanjanja traktora, sa i bez dopunskog elastičnog oslanjanja, istaknut je u radu [8]. Za datu gustinu spektra neravnina tla, određene su optimalne vrednosti krutosti i prigušenja dopunskog elastičnog oslanjanja, po kriterijumu minimiziranja vertikalnih ubrzanja u izabranim tačkama, uz dopunski uslov ograničenja relativnog hoda oslanjanja.

Intenzivan razvoj traktora i poljoprivrednih mašina prati stalni trend porasta brzine kretanja, koja ispoljava efekte na oscilatornu udobnost, oscilatornu bezbednost,

opterećenje sistema, operatora i tla, [9]. U tom smislu, kompletno elastično oslanjanje traktora postaje sve aktuelnije. Može se reći da trend uvođenja savremenih sistema elastičnog oslanjanja traktora, zatim pogona na obe osovine, upravljanja preko svih točkova, ne prati adekvatan razvoj simulacionih modela i eksperimentalnih sistema. U ovom smislu treba istaći neke aktuelne probleme, čije rešavanje bi doprinelo u pomenutim segmentima istraživanja. Pre svega, formiranje kompleksnih simulacionih modela traktorskih sistema, koji bi adekvatnije obuhvatili nelinearna svojstva sistema dopunskog elastičnog oslanjanja i pneumatika, interakciju kretača, točkova i tla; zatim, kompletnost i raspoloživost baza eksperimentalnih podataka o ispitivanjima traktora, agregata i komponenata. Ovi podaci su polaz za kreiranje adekvatnih i racionalnih simulacionih modela i njihovu verifikaciju. U ovu grupu aktuelnih problema razvoja i korišćenja savremenih traktora treba dodati i potrebu efikasnije identifikacije i razumevanja nepoželjnih fenomena koji nastaju pri uvođenju novih koncepata vitalnih sklopova i njihove interakcije, [10]. Na primer, interakcija SEO i 4WD, kao power hop efekat nestabilnosti traktorskog sistema itd..

Uvidom u dosadašnje relevantne radove iz domena oscilatorne dinamike traktora i priključaka, može se zaključiti da je najviše pažnje posvećeno konceptu traktora sa osnovnim elastičnim oslanjanjem preko pneumatika, [11], [12].Pri tome je glavni problem bio u fazi projektovanja, kako optimirati karakteristike pneumatika i sa aspekta oscilatornih procesa s obzirom na njihovu višenamensku ulogu. Ovo delikatno pitanje je predmet saradnje proizvođača traktora, mašina i guma. Logično je da proizvođači guma, kao komponenata traktora, sprovode određena ispitivanja u određenim uslovima i prema odgovarajućim normativima. Takođe je logično i da proizvođači traktora, kao finalnog proizvoda, obavljaju određena ispitivanja vezana za mehaničke i funkcionalne sprege agregata i njihov uticaj na zahtevane performanse. Retki su, međutim, radovi u kojima se prezentiraju rezultati ispitivanja interakcije traktora, guma i tla u realnim uslovima sa aspekta oscilatornih svojstava, tj. parametara krutosti i prigušenja, [13], [14], [15], [16]. Svakako, da je za ove kompleksne uslove rada traktorskog sistema teško dati egzaktnu matematičku formulacije modela pneumatika u pogledu njegovih elasto-prigušnih, tj. oscilatornih svojstava. Sa druge strane i suviše kompleksni simulacioni modeli i na bazi njih dobijeni rezultati često nisu prikladni za konkretnu upotrebu, posebno u slučajevima kada treba optimalno izabrati i podesiti eksploatacione parametre sistema. Ovde se pre svega misli, na brzinu kretanja, vrstu pneumatika, pritiske u njima, raspodelu balasta, izbor i sprezanje implemenata itd.

U smislu rešavanja nekih od pomenutih problema u ovom radu je korišćena jedna metoda modularnog modeliranja traktorskog sistema integracijom modula bazne dinamike sa modulima vitalnih sistema oslanjanja, pogona, upravljanja, vuče. U narednim poglavljima dat je kratak prikaz predložene metode i neki dobijeni rezultati.

MATERIJAL I METODE RADA

Na osnovu sprovedenih analiza i datih zaključaka u uvodnom delu rada, u ovom poglavlju biće sažeto prikazan predmet rada i korišćena metodologija. Pri tome, prvi segment se odnosi na pitanja formiranja odgovarajućih modela za simulaciona istraživanja. U drugom segmentu prikazan je eksperimentalni sistem koji se koristi za

identifikaciju parametara i karakteristika modula traktorskih sistema uključenih u strukturu simulacionih modela.

Pri formiranju fizičko-matematičkih modela za potrebe istraživanja u ovom radu, pošlo se od prikaza datih na Sl. 1a, b, c. Slika 1a, prikazuje izglede tri od brojnih koncepata poljoprivrednih traktora koji mogu biti predmet ovih istraživanja. Na Sl. 1b, prikazana je jedna od faza modeliranja traktora, koji za razliku od klasičnog koncepta oslanjanja traktora samo preko elastičnih guma, poseduje dopunsko elastično oslanjanje prednje osovine preko metalnih opruga i viskoznih amortizera. Date oznake na slici imaju sledeća značenja: l – međuosno rastojanje, a, b, h – koordinate centra masa, c_1, k_1 – elasto – prigušni parametri dopunskog elastičnog oslanjanja prednje osovine, c_{1p}, k_{1p} – elasto – prigušni parametri prednjih guma, c_{2p}, k_{2p} – elasto-prigušni parametri zadnjih guma, $h(x)$ – izvorna funkcija neravnina podužnog profila tla, $z_o(x)$ – ekvivalentna funkcija neravnina podužnog profila tla, dobijena filtriranjem izvorne funkcije posredstvom modula H_1 i H_2, koji uključuju efekte interakcije podsistema, guma – tlo. U cilju uopštavanja procedura modeliranja i simuliranja na Sl. 1c, je prikazan kompletan oscilatorni model traktora, sa dopunskim elastičnim oslanjanjem obe osovine. Osnovne oznake imaju isto značenje kao i na Sl. 1b, ali su uvedene dopunske oznake modula, M_{1p}-prednjih guma, M_{2p} – zadnjih guma, M_{1s} – dopunskog elastičnog oslanjanja prednje osovine, M_{2s} – dopunskog elastičnog oslanjanja zadnje osovine, pri tome su u svakom od ovih modula specificirane oznake parametara elastičnosti c_i i prigušenja k_i, gde je, i – opšta oznaka indeksa. Osim toga, na Sl. 1c, su date oznake oslonjene mase traktora, m, odgovarajućeg momenta inercije oko poprečne ose traktora, I, zatim neoslonjene mase, m_1, m_2, koordinate karakterističnih tačaka, l_s i l_c, pravac i smer brzine kretanja, v, priključne tačke zadnjeg implementa Zi, prednjeg implementa, Pi.

U opštem slučaju razmatranja, model prikazan na Sl. 1c, poseduje pet stepeni slobode kretanja i to:

- dva stepena slobode elastično oslonjene mase, m, oznake alternativa, $z \rightarrow \theta$, vertikalno i ugaono pomeranje oslonjene mase, ili $z_1 \rightarrow z_2$, vertikalno pomeranje prednjeg i zadnjeg dela oslonjene mase, respektivno,
- zatim po jedan stepen slobode kretanja neoslonjenih masa, m_1, m_2, dakle, njihova vertikalna pomeranja, z_1, z_2, respektivno,
- i na kraju, jedan stepen slobode osnovnog, podužnog kretanja traktora u pravcu koordinate, x, brzinom, v.

Diferencijalne jednačine kretanja, dobijaju se na osnovu fizičkog modela prikazanog na Sl. 1c, čija se struktura i parametri prilagođavaju konkretnom konceptu razmatranog traktora. Pri tome se posmatraju uslovi dinamičke ravnoteže sila i momenata koji dejstvuju u odnosu na položaj statičke ravnoteže.

Treba napomenuti da modularni prikaz strukture opšteg oscilatornog modela na Sl. 1c, olakšava proceduru formiranja odgovarajućih matematičkih modela, kao baze za kreiranje simulacionih programa. Naime, uslovi dinamičke ravnoteže se posmatraju sa uključenim modulima osnovne, vertikalno – podužne dinamike, zatim modulima elasto-prigušnih karakteristika osnovnog i dopunskog sistema elastičnog oslanjanja, sa oznakama na Sl. 1c, koje su u prethodnom tekstu objašnjene, i na kraju, modulima interakcije guma i kolovoza, H_1, H_2, čije je fizičko značenje, takođe, prethodno dato. Dakle, reč je o integraciji spomenutih modula, kojom se u opštem slučaju olakšava formiranje fizičkih i matematičkih modela. Međutim, ovim pristupom se takođe

uprošćava eksperimentalni sistem i metode identifikacije neophodnih ulaznih podataka u simulacione proračune, efikasnije koriste dobijeni eksperimentalni podaci kao i raspoložive baze podataka. I na kraju, a što je veoma bitno, racionalno se kreiraju i koriste simulacioni programi, i sa aspekta vremena neophodnog za sve faze konvencionalnog postupka modeliranje - simuliranje i sa aspekta broja variranja uticajnih faktora i uključivanja teško merljivih, nemerljivih ili nepoznatih fenomena.

U skladu sa datim napomenama, određeni su uslovi dinamičke ravnoteže i to dva (1), (2), za oslonjenu masu m, po jedan (3), (4), za svaku neoslonjenu masu, m_1, m_2 i jedan, za osnovno, podužno kretanje, brzinom v (6).

$$m\ddot{z} + F_{ck1} + F_{ck2} = 0 \tag{1}$$

gde su:
m [kg] - oslonjena masa traktora,
$\ddot{z}$ [m·s^{-2}] - vertikalno ubrzanje centra oslonjene mase traktora,
F_{ck1} [N] - rezultanta sila elastičnih i prigušnih elemenata dopunskog oslanjanja prednje osovine,
F_{ck2} [N] - rezultanta sila elastičnih i prigušnih elemenata dopunskog oslanjanja zadnje osovine.

$$-I\ddot{\theta} - F_{ck1}a + F_{ck2}b = 0 \tag{2}$$

gde su:
I [kg·m^2] - moment inercije oslonjene mase oko poprečne ose traktora,
$\ddot{\theta}$ [rad·s^{-2}] - ugaono ubrzanje oslonjene mase oko poprečne ose traktora,
a, b [m] - koordinate centra oslonjene mase traktora.

$$m_1\ddot{z}_{11} - F_{ck1} + F_{pck1} = 0 \tag{3}$$

gde su:
m_1 [kg] - neoslonjena masa prednje osovine,
$\ddot{z}_{11}$ [m·s^{-2}] - vertikalno ubrzanje neoslonjene mase prednje osovine,
F_{pck1} [N] - rezultanta elastičnih i prigušnih sila prednjih guma.

$$m_2\ddot{z}_{22} - F_{ck2} + F_{pck2} = 0 \tag{4}$$

gde su:
m_2 [kg] - neoslonjena masa zadnje osovine,
$\ddot{z}_{22}$ [m·s^{-2}] - vertikalno ubrzanje neoslonjene mase zadnje osovine,
F_{pck2} [N] - rezultanta elastičnih i prigušnih sila zadnjih guma.

$$F_{pck1} = F_{zo1}, \qquad F_{pck2} = F_{zo2} \tag{5}$$

gde su:
F_{zo1} [N] - pobudna sila od tla preko prednjih točkova,
F_{zo2} [N] - pobudna sila od tla preko zadnjih točkova.

$$F_0 = R_f + R_v + R_j + R_\alpha + R_P \quad (6)$$

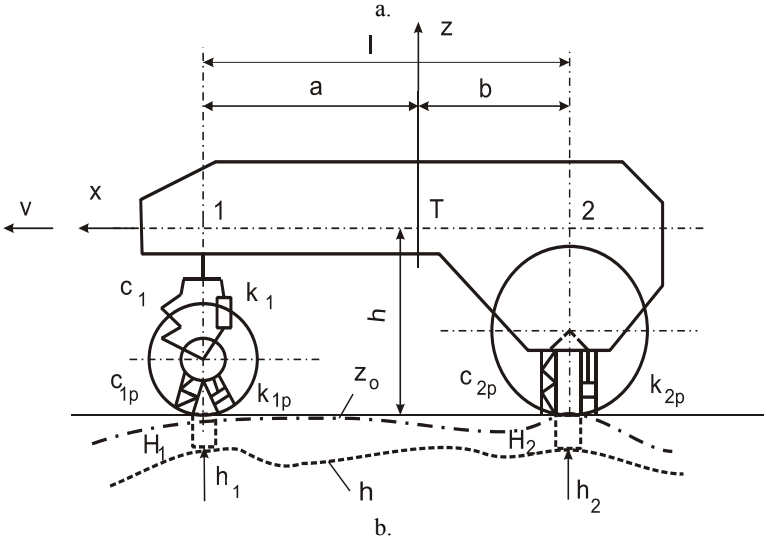
gde su:
F_0 [N] - pogonska sila traktora,
R_f [N] - otpor kotrljanja,
R_v [N] - otpor vazduha,
R_j [N] - otpor inercijalnih sila,
R_α [N] - otpor uspona,
R_p [N] - deo vučne sile traktora za vuču implementa.

Kompleksnost matematičkog modela, prikazanog izrazima (1) do (6), zavisi od prethodno definisane strukture i izabranih, odnosno, određenih parametara gore uključenih modula. Isti mogu biti definisani relativno egzaktnim matematičkim relacijama, što zahteva opsežne teorijske analize podržane eksperimentima u određenim fazama istraživanja. Zatim, prikazani sintetizovanim submodelima baziranim na opsežnim eksperimentima. Moguće je i direktno korišćenje eksperimentalnih, neobrađenih podataka u sprezi sa adekvatnim blokovima i alatima simulacionih programa. Razvijena metodologija i korišćeni pristup u ovom radu, omogućavaju primenu svih ovih varijanti za konkretan slučaj istraživanja.

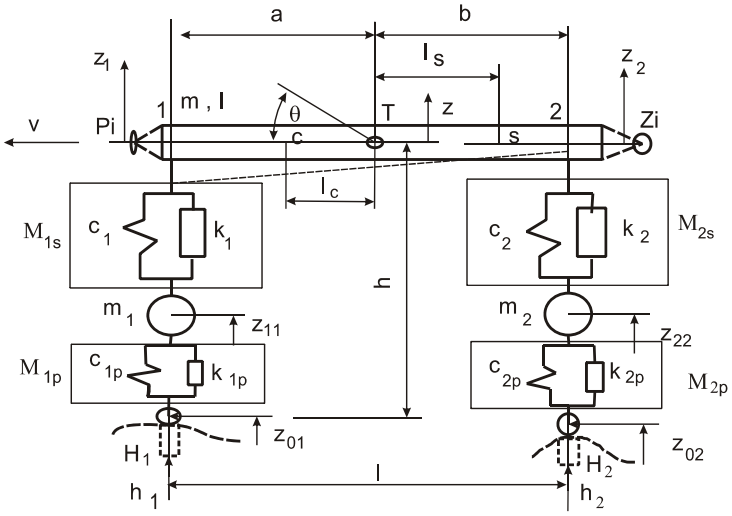
Jedan sistem za eksperimentalnu podršku simulacionim istraživanjima u ovom radu, u cilju identifikacije elasto-prigušnih karakteristika elastičnog oslanjanja kako traktora, tako njegovih implemenata i drugih samohodnih poljoprivrednih mašina na elastičnim gumama, prikazan je na Sl. 1d, e. Baza eksperimentalnog sistema je merna platforma sa sopstvenim pogonom preko motora SUS, Sl. 1d. Platforma je univerzalne namene, za stacionarna, kvazistacionarna i dinamička ispitivanja drumskih, terenskih, radnih vozila, njihovih agregata, podsklopova i komponenata. Za potrebe ovog rada, odnosno, za predloženu metodologiju, na ovoj platformi se mogu ispitivati i identifikovati submodeli elemenata i komponenata elastičnih oslanjanja traktorskih sistema i mašina, kako osnovnih tako i dopunskih. S obzirom na koncept otvorene noseće strukture i bočni položaj točkova na platformu se mogu postaviti i ispitivati točkovi sa gumama različitih tipova i dimenzija, Sl. 1d, e. Deo merne opreme prikazan na sl. 1 d, uključuje merni dinamometar vučne sile i senzor brzine kretanja Leitz-Correvit LG 2, zatim troosni davač ubrzanja, davač hoda HBM, osmokanalni merni sistem i sistem za akviziciju mernih podataka, HBM Spider 8 i lap – top računar.

U stacionarnim uslovima ispitivanja karakteristika elastičnosti guma ili dopunskog elastičnog oslanjanja, vertikalno opterećenje platforme se povećava stupnjevito i za svaku vrednost opterećenja izmeri se vertikalna deformacija gume, odnosno, opruge. Zatim se formira eksperimentalna zavisnost, opterećenje - deformacija gume i podesnom numeričkom metodom odrede karakteristike krutosti. Pri režimima kvazistacionarnih ispitivanja vertikalno opterećenje platforme se menja kontinualno sa niskim relativnim brzinama, posredstvom potisno – podiznih hidrauličnih uređaja, Sl. 1d, davačem sile se meri tok promene opterećenja a davačem pomeranja deformacija elastične komponente i formiraju zavisnosti opterećenje – deformacija.

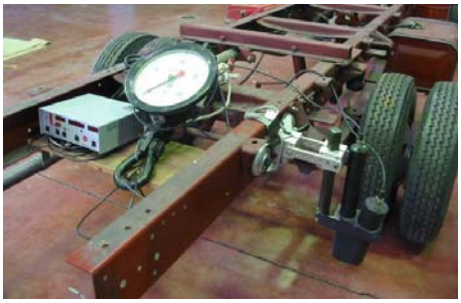
a.


z
l
a
b
v
x
1
T
2
c 1
k 1
h
c 1p
k 1p
z o
c 2p
k 2p
H1
H2
h 1
h
h 2

b.


a
b
l s
z1
z 2
v
Pi
1
m , I
θ
T
z
2
Zi
c
s
l c
M1s
c 1
k 1
c 2
k 2
M2s
h
m 1
m 2
z11
z22
M 1p
c 1p
k 1p
c 2p
k 2p
M2p
H1
z01
H2
z02
l
h 1
h 2

c.



d.

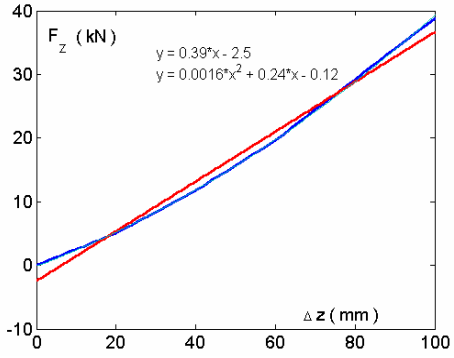
e.

Slika 1. a. konstruktivne izvedbe traktora, b.,c. varijante oscilatornih modela traktora, d. merna platforma sa opremom, e. točkovi sa mernim gumama

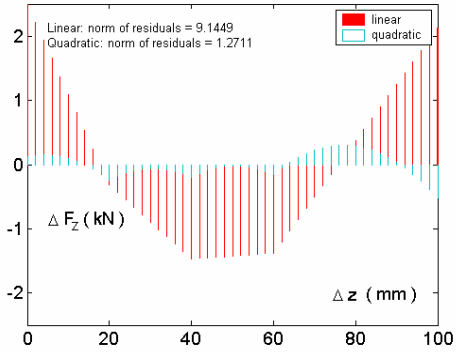
Figure 1. a. tractor design types, b.,c. types of tractor vibration models, d. measurement platform with devices, e. wheels with experimental tires

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

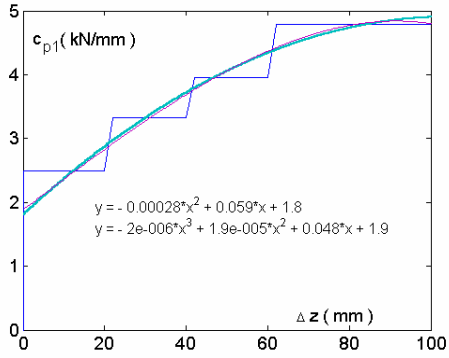
Neki od rezultata istraživanja prikazani su na Slikama 2 i 3. Rezultati prikazani na Slici 2 ilustruju mogućnosti identifikacije elasto-kinemtaskih karakteristika guma na mernoj platformi pri stacionarnim režimima ispitivanja. Na Sl 2a dat je prikaz izmerenih vrednosti vertikalnih deformacija gume u funkciji vertikalnog opterećenja. Na istoj slici su prikazane krive aproksimacije ove zavisnosti. Kao što se vidi iz krivih ocene grešaka na Slici 2b, zadovoljavajuća tačnost aproksimacije se postiže polinomom drugog stepena, plava kriva na Sl. 2a. Osim toga, aproksimacija linearnom funkcijom, crvena kriva, na Sl. 2a, i odgovarajuća ocena greške na Sl. 1b, ukazuju na mogućnosti linearizacije elastičnih karakteristika gume i grešku koja se pri tome čini.



a.



b.

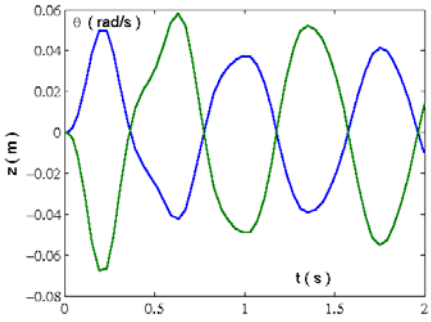


c.

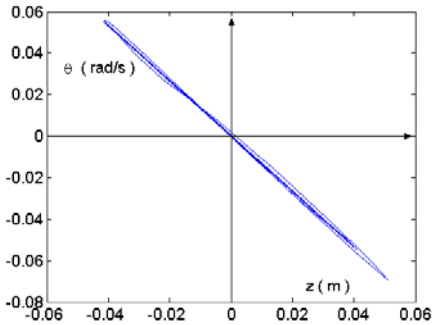
Slika. 2. Eksperimentalne karakteristike elastičnosti traktorske gume

Figure2. Tractor tire elastic characteristics

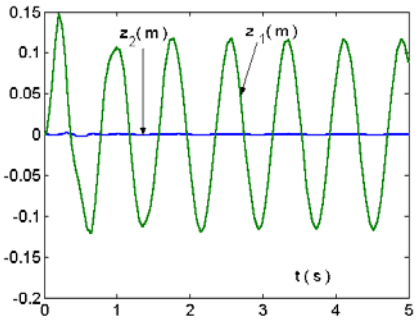
Na osnovu eksperimentalnih zavisnosti na Slici 2a, određena je karakteristika krutosti gume u funkciji vertikalnog hoda, Sl. 2c. Zadovoljavajuća tačnost se postiže aproksimacionim polinomima drugog i trećeg stepena.



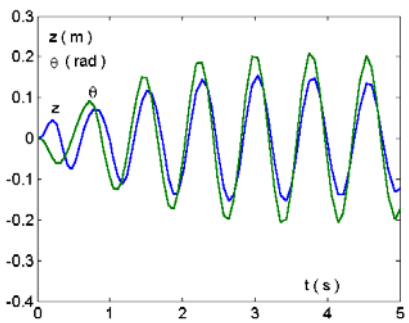
a.



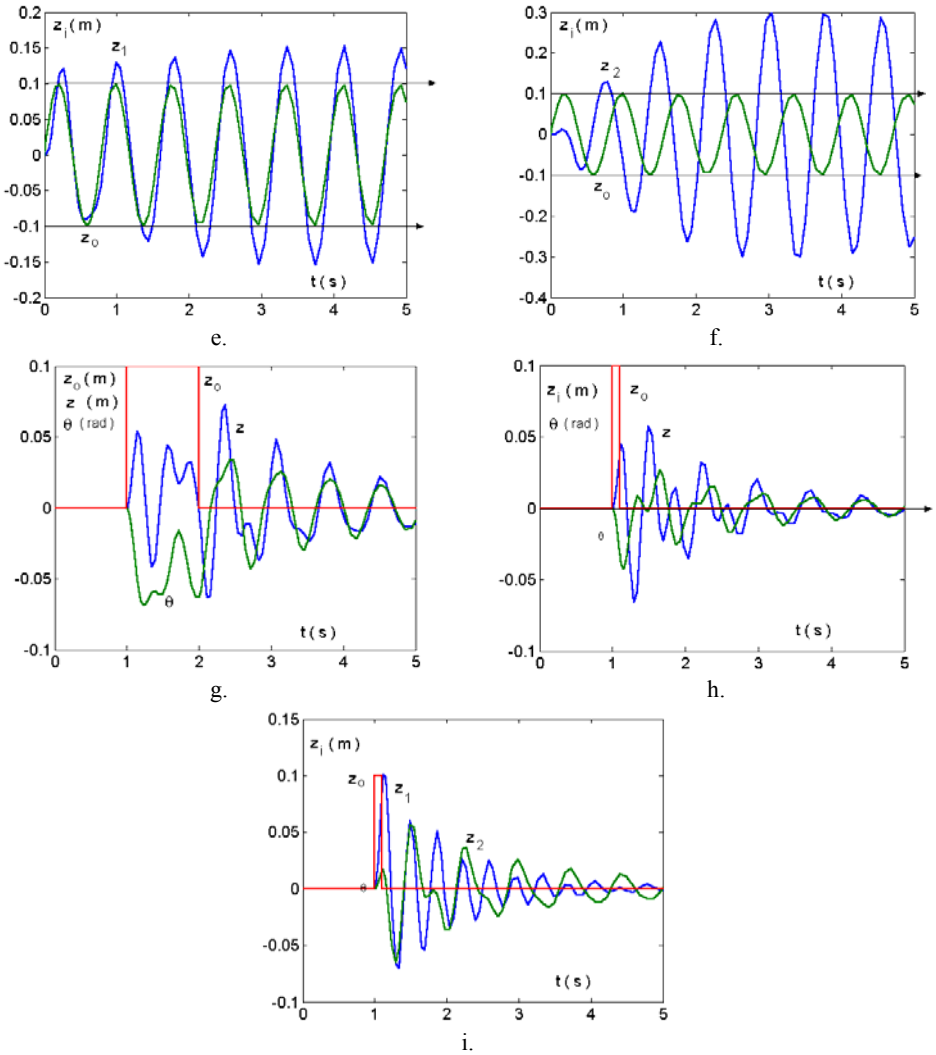
b.



c.



d.



Slika. 3. Rezultati simulacionih istraživanja oscilacija traktora

Figure 3. Results of tractor vibration simulation investigation

Rezultati simulacionih istraživanja oscilatornih procesa traktora, za dva posmatrana slučaja, prikazani su na Slici 3. Prvi slučaj, neopterećen sistem, odnosno, traktor bez implementa, Sl. 3a,b,c. Drugi slučaj, opterećen sistem, traktor u sprezi sa implementom, Sl. 3d,e,f,g,h,i. U smislu ilustracije predložene metode, u ovom radu, prvi slučaj je posmatran kao referentni, sa usvojenim parametrima, $a*b=1$, oznake prema Sl. 1c. Poređenjem ovog težinskog stanja i ekvivalentnog težinskog stanja traktora sa implementom, određenji su relevantni indeksi i to, za masu, $m_{II}/m_I=1.33$, za moment inercije, $I_{II}/I_I=3.63$, za koordinatu centra masa $b_{II}/b_I=0.43$. Uticaj ovih odnosa, dakle, težinskog stanja, rasporeda masa i položaja centra masa, težišta, istaknut je pri analizi prikazanih rezultata.

Rezultati, na Sl. 3a,b,c, kao što je rečeno, odnose se na slučaj neopterećenog sistema, pri čemu se prednji točkovi pobuđuju periodičnom funkcijom neravnina tla, oblika : $z(x) = A\sin\Omega x = A\sin(2\pi/\lambda)x$ u prostornom domenu, odnosno, $z(t) = A\sin\omega t = A\sin(2\pi/T)t$, u vremenskom domenu. Imajući u vidu relaciju prostornih i vremenskih koordinata, dobija se matematički model periodične pobude prednjih točkova od tla u obliku: $z(t) = A\sin(2\pi/\lambda)vt$, koji uspostavlja relaciju između visine neravnina A, njihove talasne dužine, λ i brzine v. Rezultati simulacije na gornjoj slici dobijeni su za vrednosti, $A = 0.1m$, $\lambda = 0.5m$, $v = 2.8$ *m/s*, što približno odgovara parametrima reljefa i režimima kretanja pri grubljem oranju. Kao što se vidi sa Slike 3.a, vertikalno pomeranje oslonjene mase traktora, z, plava kriva, i ugaono zaokretanje, θ, zelena kriva, su takođe periodične funkcije vremena, sa frekvencijom jednakom frekvenciji pobude od tla. Ove dve funkcije su suprotnog znaka, između njih je neznatno fazno kašnjenje i u tesnoj su korelaciji, što se može uočiti na Sl. 3b. Rezultati na Sl. 3c, ukazuju na karakteristike traktora sa skoro raspregnutim oscilacijama prednje i zadnje osovine. Naime, pri pobuđivanju prednje osovine, gore opisanom periodičnom funkcijom tla, prednji deo traktora osciluje periodičnom funkcijom z_1, zelena kriva na Sl. 3c, a zadnji deo traktora z_2, plava kriva, na istoj slici, ostaje skoro nepokretan. Prema baznim podacima simuliranog traktora, vrednost pokazatelja sprege oscilacija iznosi 1.04. Imajući u vidu da je za vrednost ovog pokazatelja 1, sistem potpuno raspregnut, neznatne varijacije, koordinate z_2, ukazuju na adekvatno izabran strukturu i parametre simulacionog modela. Ovi rezultati pružaju uvid u nezavisno oscilovanje pojedinih osovina traktora i pripadajućih delova oslonjene mase, što se ne može direktno postići drugim metodama, s obzirom da su obe osovine istovremeno pobuđene.

Rezultati drugog segmenta istraživanja, Sl. 3d,e,f,g,h, odnose se na opterećen sistem, dakle traktor sa implementom. U gornjem tekstu je ukazano na potencijalne uticaje implementa na oscilatorne parametre, u ovom slučaju, traktorskog sistema, preko brojnih vrednosti relevantnih indeksa. Na bazi tih promena određena je vrednost pokazatelja sprege oscilacija u iznosu od 0.58. Dakle, prisustvo implementa u značajnom stepenu spreže oscilacije prednje i zadnje osovine traktora i time pojačava neke, već nepovoljne efekte oscilatornih procesa. Prikazi dobijenih rezultata na Sl. 3d i nadalje, najbolje to ilustruju. Nivoi vertikalnih i ugaonih oscilacija oslonjene mase traktora, na Sl. 3d su znatno viši u odnosu na prikaz, na Sl. 3a. Ovi nivoi pokazuju i trend porasta sa vremenom, dakle, određenu nestabilnost koordinata položaja, koja u relaciji sa konceptom pogona može dovesti do kompleksnijeg vida nestabilnosti, fenomena „power hop", [10], [15], [16]. Sprega oscilacija osovina traktora na ovim prikazima je očigledna i za neke kompleksnije analize, veoma ilustrativna. Naime, funkcija periodične pobude, točkova prednje osovine, prikazana je zelenom krivom na Sl. 3e i 3f. Na prvoj slici je i prikaz oscilacija koordinate položaja, plava kriva, koje po fazi i frekvenciji prati pobudnu funkciju, ali sa neznatno pojačanim nivoima. Suprotno ovome, dakle i dalje pri pobudi samo prednjih točkova, zadnji deo vozila osciluje po zakonu periodične funkcije z_2, plava kriva na Sl. 3f, sa frekvencijom koja prati frekvenciju pobude, ali sa znatnim faznim kašnjenjem i znatnim pojačanjem nivoa amplituda.

Prikazani rezultati na Sl. 3g,h,j, odnose se na isto stanje opterećenog sistema, ali druge vidove pobude od tla. Reč je o karakterističnim oblicima pobude, tako zvana impulsna, zatim step pobuda itd. U ovom radu su uvedeni posebni pojmovi, tako zvani kratkotrajni impuls, odnosno pojedinačna prepreka uzane širine, i dugotrajni impuls, pojedinačna prepreka veće širina ili kombinovana impuls – step pobuda. Smisao definicija ovih pobuda, odnosno efekata njihovog dejstva na oscilacije traktorskog sistema, najbolje se vidi iz prikaza dobijenih

rezultata na pomenutim slikama. Pobuda sistema prema Slici 3g odgovara impulsu veće širine, tj. trajanja 1s, širine prepreke 2.8 m, za datu brzinu kretanja. A iz reakcije sistema na ovu pobudu, promena vertikalnog pomeranja i ugaonog zaokretanja traktora, z, θ, plava i zelena kriva na Sl. 3g, respektivno, vidi se, da prelazni proces sadrži dva segment, prvi koji odgovara step pobudi i drugi, koji odgovara impulsnoj pobudi – dakle kombinovanoj step-impuls pobudi. Reakcija sistema na Sl. 3h,j, je tipična za impulsnu pobudu, u ovom radu, definisanu, kao "uzani impuls", a prikazuje promene alternativnih koordinata položaja oslonjene mase, z, θ, odnosno, z_1, z_2, respektivno. U oba slučaj se radi o slobodnim prigušenim oscilacijama. Brojni su vidovi prepreka i mikro reljefa tla koji se mogu svesti na tri osnovna vida pobude korišćene u ovom radu.

ZAKLJUČAK

Neravnine terena izazivaju složene oscilatorne procese traktorskih sistema, koji utiču na radnu efikasnost sistema, stanje operatora, degradaciju tla. Sprovedena analiza dosadašnjih istraživanja iz domena oscilatorne dinamike traktora pokazuje da je najveća pažnja posvećena konceptu traktora sa primarnim oslanjanjem preko elastičnih guma. Uvođenje dopunskog oslanjanja točkova i osovina usložava traktorski sistem i otežava teorijsko – eksperimentalna istraživanja. Jedan pristup, prikazan u ovom radu baziran je na korišćenju simulacionog modela modularnog tipa i eksperimentalnog sistema za identifikaciju strukture i parametara modula. Identifikovani moduli elastičnih karakteristika guma ukazuju na njihove nelinearne karakteristike, polinomi drugog i trećeg steopena. Formirani programski blokovi su omogućili uključivanje svih vidova nelinearnosti sistema, oblika pobuda od tla, efekata filtriranja i kašnjenja sistema. Predložena i korišćena eksperimentalno – simulaciona procedura omogućila je nezavisno praćenje pobude preko točkova prednje i zadnje osovine, zatim utvrđivanja stepena njihove sprege i efekata koji ispoljavaju na oscilatorne procese. U tom smislu, uticaj implementa je obuhvaćen relevantnim indeksima uticajnih parametara. Njihova promena je u relaciji sa povećanjem sprege oscilacija po osovinama i nivoa opterećenja. Ilustrativni rezultati potvrđuju da gore prikazana simulaciona metoda uz podršku baza eksperimentalnih podataka može pomoći u smislu sagledavanja nepovoljnih oscilatornih efekata traktorskih sistema i njihovog odklanjanja.

LITERATURA

[1] Anilovič, V., Marčinskij, J. 1973. Statističeski harakteristiki vozdejstvij nerovnostej puti na podvesku traktorov. *Traktori i seljhozmašini*, N 5, st. 7 – 9.

[2] Wong, J. 1972. Effect of vibration on the performance off-road vehicles. *Journal of Terramechanics*, Vol. 8, N4.

[3] Robichand, R., Molnan, M. 1990. Measuring soil roughness changes with an ultrasonic profiler. *Trans. ASAE 33*, 6, 1851 – 1858.

[4] Wong, J. 2001. *Theory of ground vehicle*. Third edition, John Wiley& Sons.

[5] ISO 2631, *Evaluation of human exposure to whole-body vibration*. General requirements.

[6] ISO 5007, *Agricultural wheeled tractors and field machinery* – Measurement of whole – body vibration of the operator.

[7] Vološin, J., Goljskakov, E. 1974. Primenie teori markovskih procesov k isledovaniju kolebanij kolesnih mašin. *Traktori i seljhozmašini*, N12, 1974.

[8] Vološin, J., Sinev, A. 1975. K raščetu optimalnoj sistemi podresorivanija transportnih mašin. *Traktori i seljhozmašin*, N9, 1975.

[9] Rill, G., Saly, D., Wilks, E. 1992. Improvement of dynamics wheel loads and ride quality of heavy agricultural tractors bz suspending front axles. *Heavy vehicles and roads technology, safety and policy*, p 116-121. London, 1992.

[10] Deere & Company. 2011. *How to control power hop*: MFWD and 4WD tractors.

[11] Owzar, A. 1976. Untersuchung des Schwingungs Verhaltnes von ugefederten luftbereifen Fahrzeugen. *ATZ*, 78, 9.

[12] Renius, T. 1994. Trends in tractor design with particular reference to Europa. *J. Agric. Eng. Resh*. 57, 3-22.

[13] Lines, J., Murphy, K. 1991. The stiffness of agricultural tractor tyres. *Journal of terramechanics*, Vol 28, N1, p 49 -64.

[14] Volfson, B. 1999. Comparison of two simulation models of tire – surface interaction. *Proc. 13th Intl. Conf. of ISIVS*, p. 311 – 318.

[15] Dessevre, D. 2005. Experimental characterization and numerical modeling of the power hop phenomen. *VDI Berichte, No 1895,* p. 125 – 130Disseldorf, Germany.

[16] Sakai, K., Sasao, A., Shibusawa, s. 1999. Nonlinear dynamics of bouncing and power hop. *ASABE Paper*, No 991066.

EFFECT OF TERRAIN CHARACTERISTICS ON THE TRACTOR VIBRATION

Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Branislav Aleksandrović

University of Kragujevac, Faculty of Engineering Sciences, Kragujevac, Republic of Serbia

Abstract: In this paper the problems of tractor vibration excited from terrain unevenness are considered. For simulation investigation a modular vibration model of tractor system is developed. A experimental platform for measurement of tire vibration parameters, stiffness and damping, as support to simulation investigation, is used. As ilustrative examples are presented and discused the experimental results of tire characteristics and simulate resultes of tractor vibration for two load states and three form of terrain excitation.

Key words: *terrain, unevenness, tractor, tire, measuremet, vibration, simulation.*

Datum prijema rukopisa: 19.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 21.11.2012.
Datum prihvatanja rada: 25.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 3, decembar 2012.
Strane: 25 - 29

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 631.4

Originalni naučni rad
Original scientific paper

HAOTIČNI MODEL RASTA PROFITA U PROIZVODNJI POLJOPRIVREDNIH MAŠINA

Vesna D. Jablanović[*]

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za agroekonomiju Beograd-Zemun

Sažetak: Osnovni cilj ovog rada je prikazivanje relativno jednostavnog haotičnog modela rasta profita u proizvodnji poljoprivrednih mašina koji ima mogućnost generisanja stabilne ravnoteže, ciklusa i haos. Ključna hipoteza ovog rada se zasniva na ideji da koeficijent $\pi = f\cdot(a- d)$ igra značaju ulogu u određenje lokalne stabilnosti profita u proizvodnji poljoprivrednih mašina, pri čemu je a koeficijent funkcije ukupnog prihoda, dok je d koeficijent funkcije ukupnih troškova u proizvodnji poljoprivrednih mašina. Najzad, koeficijent f pokazuje vezu između profita i totalnog output-a.

Ključne reči*: haos, profit, proizvodnja poljoprivrednih mašina*

UVOD

Teorija haosa se koristi da bi se dokazalo da se haotične fluktuacije mogu javiti u kompletno dinamičkim modelima. Haotični sistemi pokazuju senzitivnu zavisnost od početnih uslova: naizgled beznačajne promene početnih uslova proizvode velike razlike outputa. Ovo se veoma razlikuje od stabilnih dinamičkih sistema u kojima mala promena jedne varijable proizvodi malu i lako merljivu sistematičnu promenu.

Teorija haosa počinje sa Lorenz-ovim [12] otkrićem kompleksne dinamike koja se javlja od tri nelinearne diferencijalne jednačine vodeći ka turbulenciji vremena.. Li i Yorke [11] su otkrili da jednostavna logistička kriva može pokazati veoma kompleksno ponašanje. Dalje, May [14] opisuje haos u populacionoj biologiji. Teoriju haosa su, između ostalih, u ekonomiji primenili: Benhabib i Day [1-2], Day [4-5], Grandmont [7], Goodwin [6], Medio [15], Lorenz [13], Jablanovic [8-10].

[*] Kontakt autor. E-mail: vesnajab@ptt.rs

Rad je deo istraživanja na projektu III-46006, Održiva poljoprivreda i ruralni razvoj u funkciji ostvarivanja strateških ciljeva Republike Srbije u okviru Dunavskog regiona“.

MATERIJAL I METOD RADA

Kreiranja haotičnog modela

Ukupan prihod u preduzeću koje proizvodi poljoprivredne mašine (TR_t) može se prikazati na sledeći način:

$$TR_t = a \cdot Q_t - b \cdot Q_t^2 \quad (1)$$

gde je:
TR_t - ukupan prihod fabrike poljoprivrednih mašina,
Q_t - količina output-a,
a i b - koeficijenti.

Sa druge strane, ukupni troškovi preduzeća koje proizvodi poljoprivredne mašine (TC_t) prikazani su na sledeći način:

$$TC_t = dQ_t + cQ_t^2 \quad (2)$$

gde je:
TC_t - ukupni troškovi fabrike poljoprivrednih mašina,
Q_t - količina output-a,
d i c - koeficijenti.

Ukupan profit (Π_t) označava razliku između ukupnih prihoda (TR_t) i ukupnih troškova (TC_t), odnosno:

$$\Pi_t = (a - d) \cdot Q_t - (b + c) \cdot Q_t^2 \quad (3)$$

Dalje, pretpostavlja se da je proizvedena količina poljoprivrednih mašina (Q_t) funkcija profita u prethodnom periodu (Π_{t-1}). Dakle:

$$Q_t = f\,\Pi_{t-1} \quad (4)$$

Supstitucijom (4) u (3) dobija se :

$$\Pi_t = f(a - d)\,\Pi_{t-1} - f^2(b + c)\,\Pi_{t-1}^2 \quad (5)$$

Dalje, pretpostavlja se da je tekuća vrednost profita preduzeća koje proizvodi poljoprivredne mašine (Π), ograničena svojom maksimalnom vrednošću u vremenskoj seriji (Π^m). Ova pretpostavka zahteva modifikaciju zakona rasta. Uvodi se koeficijent π ($\pi = \Pi \cdot \Pi^{m-1}$) koji se kreće između 0 i 1. Uvođenjem koeficijenta π u model (5), dobijamo model rasta profita preduzeća koje proizvodi poljoprivredne mašine:

$$\pi_t = f\,(a - d)\,\pi_{t-1} - f^2\,(b + c)\,\pi_{t-1}^2 \quad (6)$$

Model koji je prikazan jednačinom (6) se naziva logistički model. Za većinu izbora f, a, b, c, i d ne postoji eksplicitno rešenje za (6). Naime, poznavajući f, a, b, c i d i

mereći π_0 ne bi bilo dovoljno da se predvidi π_t za ma koju tačku vremena, kao što je ranije bilo moguće. Ovo je suština prisustva haosa u determinističkim feedback procesima. Lorenz [12] je otkrio ovaj efekat - nedostatak predvidivosti u determinističkim sistemima. Senzitivna zavisnost je jedan od centralnih elemenata determinističkog haosa.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Haotična priroda modela

Logistička jednačina se često navodi kao primer kako se kompleksno, haotično ponašanje može pojaviti na osnovu veoma jednostavne nelinearne dinamične jednačine. Ovu jednačinu je popularisao Robert May [14]. Logistički model je Pierre François Verhulst koristio kao demografski model.

Moguće je pokazati da je proces iteracije logističke jednačine :

$$z_{t+1} = \pi z_t (1 - z_t), \ \pi \in [0,4], \ z_t \in [0,1] \tag{7}$$

ekvivalentan iteracijama modela rasta (6) kada se koristi sledeća identifikacija:

$$z_t = \frac{f(b+c)}{(a-d)} \ \pi_t \quad i \quad \pi = f(a - d) \tag{8}$$

Upotrebom (8) i (6) dobija se:

$$z_{t+1} = \frac{f(b+c)}{(a-d)} \ \pi_{t+1} = \frac{f(b+c)}{(a-d)} \ [f(a - d) \pi_t - f^2 (b + c) \pi_t^2] =$$

$$= f^2 (b + c) \pi_t - \frac{f^3 (b+c)^2}{(a-d)} \ \pi_t^2 \tag{9}$$

Upotrebom (6) i (7) dobija se:

$$z_{t+1} = \pi z_t (1 - z_t) = f(a - d) \ \frac{f(b+c)}{(a-d)} \ \pi_t [1 - \frac{f(b+c)}{(a-d)} \ \pi_t]$$

$$= f^2 (b + c) (a - d) \pi_{t-1} - \frac{f^3 (b+c)^2}{(a-d)} \ \pi_{t-1}^2 \tag{10}$$

Tako se dokazalo da su iteracije logističkog modela profita preduzeća koje proizvodi poljoprivredne mašine (6) identične $z_{t+1} = \pi z_t (1 - z_t)$ upotrebom

$z_t = \frac{f(b+c)}{(a-d)}\ \pi_t$ i $\pi = f\ (a - d)$. To je značajno zato što su se dinamička svojstva logističke jednačine (7) detaljno analizirala (Li i Yorke [11], May [14]).

Pokazano je da :

1. Za vrednosti parametra $0 < \pi < 1$ sva rešenja će konvergirati ka $z = 0$;
2. Za $1 < \pi < 3{,}57$ postoje fiksne tačke čiji broj zavisi od π,
3. Za $1 < \pi < 2$ sva rešenja će monotono rasti ka $z = (\pi - 1)\cdot\pi^{-1}$;
4. Za $2 < \pi < 3$ fluktuacije će konvergirati ka $z = (\pi - 1)\cdot\pi^{-1}$;
5. Za $3 < \pi < 4$ sva rešenja će neprekidno fluktuirati ;
6. Za $3{,}57 < \pi < 4$ rešenje postaje »haotično« što znači da postoje potpuno aperiodično rešenje ili periodična rešenja sa veoma velikom i komplikovanom periodom. To znači da staza z_t fluktuira na naizgled slučajan način tokom vremena.

ZAKLJUČAK

Ovaj rad sugeriše zaključak u korist upotrebe haotičnog modela rasta profita preduzeća koje proizvodi poljoprivredne mašine. Model (6) se oslanja na vrednosti parametara *f, a, b, c, d* i početnu vrednost profita preduzeća koje proizvodi poljoprivredne mašine, π_0. Mala promena vrednosti parametra *f, a, b, c, d* i početne vrednosti profita preduzeća koje proizvodi poljoprivredne mašine, π_0, otežava predviđanje dugoročnog kretanja proizvodnje poljoprivrednih mašina.

Ključna hipoteza ovog rada se zasniva na ideji da koeficijent $\pi = f\cdot(a - d)$ igra značaju ulogu u određenje lokalne stabilnosti profita u proizvodnji poljoprivrednih mašina, pri čemu je:

- *a* - koeficijent funkcije ukupnog prihoda,
- *d* - koeficijent funkcije ukupnih troškova u proizvodnji poljoprivrednih mašina,
- *f* - koeficijent koji pokazuje vezu između profita i output-a u proizvodnji poljoprivrednih mašina.

LITERATURA

[1] Benhabib, J., Day, R.H. 1981. Rational Choice and Erratic Behaviour. *Review of Economic Studies* 48, p.p. 459-471.

[2] Benhabib, J., Day, R.H. 1982. Characterization of Erratic Dynamics in the Overlapping Generation Model. *Journal of Economic Dynamics and Control* 4, p.p. 37-55.

[3] Benhabib, J., Nishimura, K. 1985. Competitive Equilibrium Cycles. *Journal of Economic Theory* 35, p.p. 284-306.

[4] Day, R.H. 1982. Irregular Growth Cycles. *American Economic Review* 72, p.p. 406 - 414.

[5] Day, R.H. 1983. The Emergence of Chaos from Classica Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics* 98, 200.

[6] Goodwin, R.M. 1990. *Chaotic Economic Dynamics.* Clarendon Press. Oxford.

[7] Grandmont, J.M. 1985. On Enodgenous Competitive Business Cycles. *Econometrica* 53, p.p. 994-1045.

[8] Jablanovic, Vesna. 2012a. The Chaotic General Economic Equilibrium Model and Monopoly. *Asian Journal of Business Management* 4(4), p.p. 373-375.

[9] Jablanovic, Vesna. 2012b. The Lerner Index and the Chaotic Monopoly Output Growth Model. *Asian Journal of Business and Management Sciences*, Vol. 1., No. 12, p.p. 102-106.

[10] Jablanovic, Vesna. 2012c. The Chaotic Cost-Plus Pricing Model. *Australian Journal of Business and Management Research*, Vol. 2, No. 1, p.p. 46-50.

[11] Li, T., Yorke, J. 1975. Period Three Implies Chaos. *American Mathematical Monthly* 8, p.p. 985 – 992.

[12] Lorenz, E.N. 1963. Deterministic nonperiodic flow. *Journal of Atmospheric Sciences* 20, p.p. 130-141.

[13] Lorenz, H.W. 1993. *Nonlinear Dynamical Economics and Chaotic Motion.* 2nd edition. Springer-Verlag, Heidelberg.

[14] May, R.M. 1976. Mathematical Models with Very Complicated Dynamics. *Nature* 261, p.p. 459-467.

[15] Medio, A. 1993. *Chaotic Dynamics: Theory and Applications to Economics.* Cambridge University Press, Cambridge.

A CHAOTIC PROFIT GROWTH MODEL IN THE AGRICULTURAL MACHINES PRODUCTION

Vesna D. Jablanovic

University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute for Agroeconomy Belgrade-Zemun, Republic of Serbia

Abstract: The basic aim of this paper is to provide a relatively simple profit growth model in the agricultural machines production that is capable of generating stable equilibria, cycles, or chaos.

A key hypothesis of this work is based on the idea that the coefficient $\pi = f\,(a - d)$ plays a crucial role in explaining local stability of the profit in the agricultural machines production, where a is the coefficient of the total revenue function, d is the coefficient in the total cost function in the agricultural machines production, and the coefficient f describes the relation between total output and profit.

Key words*: chaos, profit, production, agricultural machines*

Datum prijema rukopisa: 30.10.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 08.11.2012.
Datum prihvatanja rada: 15.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 3, decembar 2012.
Strane: 31 - 36

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 631.4

Originalni naučni rad
Original scientific paper

THE SELECTED PROBLEMS OF THE STUDY ON THE QUALITY OF MINERAL FERTILIZER SOWING WITH DISC SPREADERS

Milan Koszel*

University of Life Sciences in Lublin, Faculty of Production Engineering, Department of Agricultural Equipment Exploitation and Management in Agricultural Engineering, Lublin, Poland

Abstract: The aim of this study was the influence of working parameters of mineral fertilizer on quality of sowing. The application of fertilizers is conducted with a particular accuracy, mainly characterized by a variation coefficient connected with the surface irregularity (the longitudinal and transverse one in relation to the direction of the unit ride) of the distribution of a fertilizer dose on a field surface. The irregularity of fertilizer spread is a phenomenon which occurs in every case of fertilizer application, both by hand and a machine. Generally, two types of irregularity can be identified, i.e. the punctual and belt one (the transverse and longitudinal one). The punctual irregularity results from a random of fertilizer granules or grains sowed using any method and it is measured on definite, small areas. The belt irregularity results from diverse fertilizer mass distribution in transverse and longitudinal directions in relation to the movement of the distributor.

Key words*: mineral fertilizer, transverse and longitudinal distribution quality of sowing*

INTRODUCTION

The growth of efficiency of husbandry in agriculture is connected with the improvement of the processes of agricultural production, which in turn is conditioned by the dynamics of introducing scientific and technological advancements - particularly the biological and chemical ones. These two categories of progress have a decisive influence on the level of agricultural production, and so does the progress in the mechanization of agriculture.

* Corresponding author. E-mail: milan.koszel@up.lublin.pl

The level of agricultural production is more and more conditioned by the application of industrial production means. The inappropriate use of such means can influence the quality of agricultural materials and pose a threat to environment. Therefore their application must be monitored.

On the units of sustainable agriculture are integrated fertilization plants. The basic function fertilization in the system covering on enabling in remunerative way of waited crops about desirable quality the achievement level the alimentary under the cultivation plant's needs be sustainable as well as the reduction to minimum of threats for natural environment, caused to transfer from soil the alimentary components to land waters [5].

The regular spread of fertilizer in essential way it influences on height on crop. The spread such as ecological aspect mainly also therefore, causing that wrong changes, that the excess of fertilizer be rinsed to surroundings, e. g. in soil waters [6].

MATERIAL AND METHODS

The aim of this study was the influence of working parameters of mineral fertilizer on quality of sowing.

The effect of work of mineral fertilization machines depends on many various, interacting factors. The physical and mechanical properties of fertilizers are of major significance since large diversity of these properties creates difficulties in the designing and construction of fertilizer distributors, and also it influences the quality of sowing [1].

The application of fertilizers is conducted with a particular accuracy, mainly characterized by a variation coefficient connected with the surface irregularity (the longitudinal and transverse one in relation to the direction of the unit ride) of the distribution of a fertilizer dose on a field surface. The transverse irregularity of spread mainly depends on the type of distributing unit, the longitudinal irregularity, however, on the fertilizer dosing unit. The irregularity of fertilizer distribution on a field surface influences yielding of crops, including a fall in crops and the incomplete utilization of a fertilizer as well as the pollution of the natural environment [3].

RESULTS AND DISCUSSION

The irregularity of fertilizer spread is a phenomenon which occurs in every case of fertilizer application, both by hand and a machine. Generally, two types of irregularity can be identified, i.e. the punctual and belt one (the transverse and longitudinal one). The punctual irregularity results from a random distribution of fertilizer granules or crystals sowed using any method and it is measured on definite, small areas. The belt irregularity results from a diverse fertilizer mass distribution in transverse and longitudinal directions in relation to the movement of the distributor. It is measured on large areas which are equivalent to the width of a sowing belt or a definite section of the distributor ride. This irregularity is measured using relative mean deviation or relative standard deviation, variation (irregularity) coefficient of fertilizer mass distribution. Many researchers claim that determining of longitudinal irregularity is inexpedient, because deviations from the mean distribution vary within a small range and the irregularity coefficient is small. For this reason, numerous methodological recommendations advise

to replace measuring of longitudinal irregularity with the measurement of fertilizer dosage irregularity on a sowing disc [8].

In aim estimating the basic working parameters fertilizers was marked spatial schedule sowed fertilizer, which represents of his pulp falling on individual of surface on seed belt quantity. Many kinds of spatial schedules of fertilizer exist (fig. 1). The most popular transverse distribution is (TRD), which performances of work of different models serve to comparing fertilizers [4].

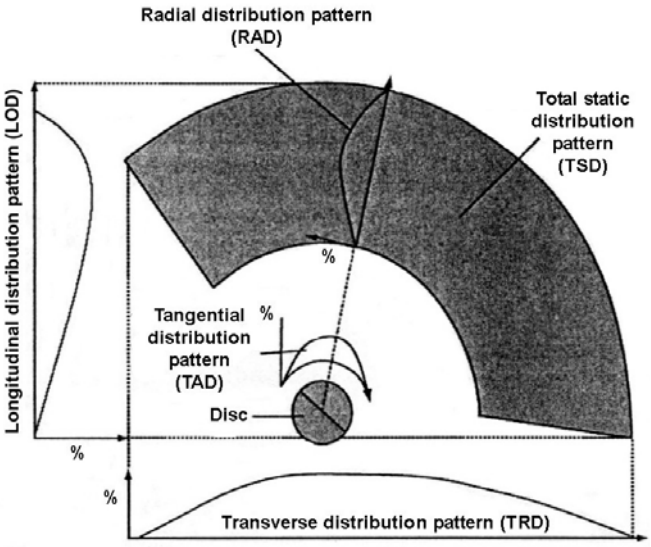


Figure 1. Types of fertilizer distribution patterns [4]

The question of distribution regularity is especially important in the case of applying various fertilizer doses, as it is practiced in modern precision farming in environment-friendly agricultural technologies. The basic criterion of evaluating the quality of fertilizer distributor work is the relative standard deviation of fertilizer transverse distribution. The transverse distribution is connected with the working width of a machine determined in such a way that allows for the overlapping of fertilizer spread belts from successive rides of a fertilizer distributor moving on the field in a sewing shuttle way. Another criterion is obtaining of the planned dose of fertilizer per 1 hectare, which is a variable in the function of the distance covered by a machine according to the plan of fertilization [9].

The distribution regularity is also affected by the shape of a distributing paddle, its height and place on the sowing disc (fig. 2).

It is also essential for the distributor to be appropriately leveled during the study because fertilizer particles are ejected from the disc onto the field on different perpendicular trajectories. Even with the discs deviation of 5° there are considerable differences in the quality of fertilizer distribution [10].

The working width and distribution regularity depends don't only from the fertilizer constructions, but and from physical properties of sowed fertilizer. So as to get optimum

values it complies individual adjustment of dosage point on disc and the adjust of sowing vanes [6].

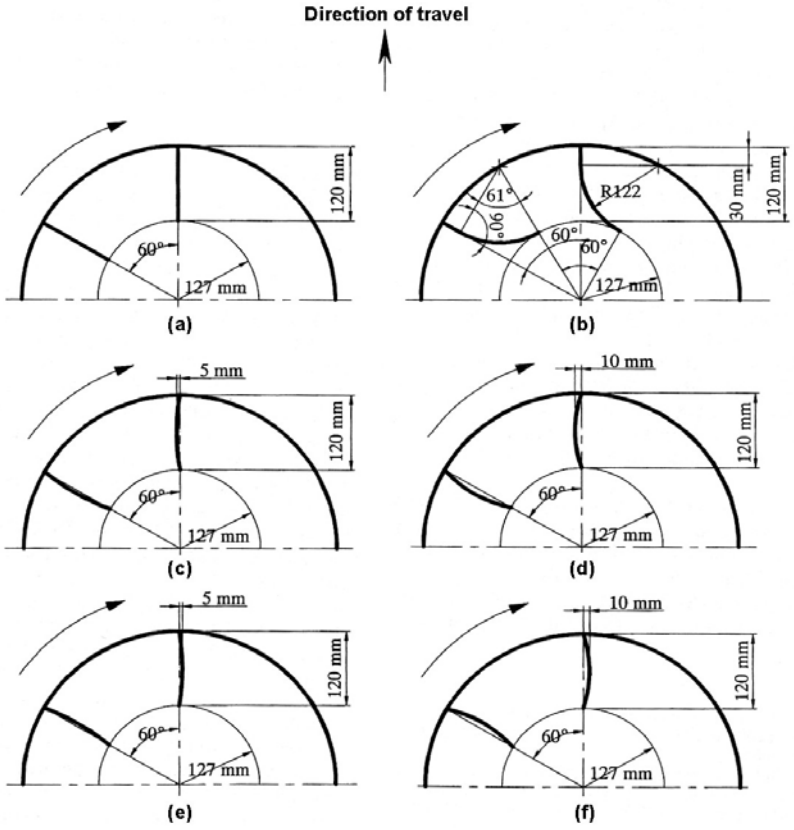


Figure 2. Vanes used in experiments [10]
(a) – straight, (b) – composite, (c) – forward-curved-5, (d) – forward-curved-10, (e) – back-curved-5, (f) – back-curved-10.

On the efficiency fertilized also influences the disc rotation speed. The analysis of investigations over influence of the disc rotary speed of quality of sowing showed that that the increase crumbling with her growth follows together with the granules. This phenomenon it was should translate, that together with increase of rotary disc speed increase of strength of influence on granule of fertilizer the vanes follows also as well as the of friction counteracting resistance their sliding in decentralizing direction [7].

Universally applied in agriculture the disc fertilizers don't dump on rational fertilized plants and their applying state real threat for natural environment. It is considerably better solution applying pneumatic fertilizer which in connection with system of satellite location makes possible more effective the utilization from mineral fertilizers the components [2].

CONCLUSIONS

The study has shown that the summary coefficient of superficial irregularity of fertilizer sowing on a field depends on the transverse, longitudinal as well as fertilizer dosage irregularities. Moreover, insufficient and excessive fertilization of field surface is an essential factor causing the reduction of crops. In the case of excessive fertilization of filed surface there occurs incomplete utilization of fertilizer, which causes environmental pollution.

The study of the regularity of fertilizer dosing to the working unit of disc distributor has revealed that a fertilizer dose size per hectare, the way of its positioning as well as the degree of filling of the tank with fertilizer do not have a significant effect on the regularity of fertilizer dosing to the working unit of a disc distributor. In all the investigation combinations, the quantity of dosed fertilizer did not differ significantly from the planned dose. The coefficient of dosage irregularity, which indirectly determines the longitudinal quality of fertilizer sowing, remains within acceptable limits, which means that it has no effect on the quality of fertilizer distribution. Therefore, the coefficient of transverse irregularity, whose limiting value determines the acceptable working width of disc distributors, is of major significance in the process of fertilizer distribution.

The study of the influence of sowing discs parameters on fertilization effectiveness has shown that the physical and mechanical fertilizer proprieties including form, granulometric composition and looseness have a significant influence on the process of fertilizer sowing. A fertilizer dose has a minimal effect on the working width and the value of transverse irregularity coefficient of fertilizer sowing in the function of working width. The following factors have a significant influence on fertilization effectiveness: the diameter of sowing discs, the number and shape of paddles, discs revolutions and the height of discs mounting above the ground.

BIBLIOGRAPHY

[1] Bogun G. 2000. Metoda oceny jakości pracy rozsiewaczy nawozowych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2000, Nr 1. p. 5 – 10. Warszawa.

[2] Gała Z. 2000. Konieczność przeprowadzenia zmian w technice nawożenia mineralnego. *Wieś Jutra*, 2000, 1 (28). p. 21 – 22. Warszawa.

[3] Kamiński J. R. 2000. Metoda oceny wpływu parametrów tarcz rozsiewających na efektywność nawożenia. *Prace Naukowe IBMER Warszawa*, 2000. p. 5 – 30. Warszawa.

[4] Kęska W., Ratajczak P. 2005. Symulacyjne badania procesu wysiewu nawozu rozsiewaczem tarczowym. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2005, Vol. 50 (3). p. 24 – 31. Poznań

[5] Podleśna A. 2006. Zasady zrównoważonego nawożenia. *Wieś Jutra*, 2006, 7 (96). p. 9 – 11. Warszawa

[6] Sobkowiak B. 2004. Technika stosowania stałych nawozów mineralnych. *XII Krajowe Seminarium Stosowanie Agrochemikaliów. Materiały szkoleniowe. IUNG Puławy*, 2004. p. 137 – 150. Puławy

[7] Waszkiewicz Cz., Kacprzak P. 2009. Wpływ prędkości obrotowej tarczy rozsiewającej na jakość wysiewanych nawozów. *Technika rolnicza, ogrodnicza i leśna*, 2009, Nr 3. p. 7 – 9. Poznań.

[8] Witek A. 2000. Równomierność dozowania nawozu na zespół roboczy rozsiewacza tarczowego. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2000, Nr 1. p. 11 – 17. Warszawa

[9] Yilidrin Y. 2006. Effect of vane number on distribution uniformity in single-disc rotary fertilizer spreaders. *Applied Engineering in Agriculture*, 2006, Vol. 22 (5). p. 659 – 663.

[10] Yilidrin Y. 2008. Effect of vane shape on fertilizer distribution uniformity in single-disc rotary fertilizer spreaders. *Applied Engineering in Agriculture*, 2008, Vol. 24 (2). p. 159 – 163.

ODABRANI PROBLEMI ISTRAŽIVANJA KVALITETA RASIPANJA MINERALNIH ĐUBRIVA DISKOSNIM RASIPAČIMA

Milan Koszel

Univerzitet prirodnih nauka u Lublinu, Fakultet za proizvodno mašinstvo,
Institut za eksploataciju poljoprivrednih mašina i menadžment poljoprivredne tehnike,
Lublin, Poljska

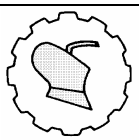
Sažetak: Cilj ovog istraživanja bio je uticaj radnih parametara mineralnog đubriva na kvalitet rasipanja. Aplikacija đubriva izvodi se posebnom tačnošću, koja se najviše karakteriše koeficijentom varijacije u zavisnosti od nepravilnosti (longitudinalna i transverzalna u zavisnosti od pravca kretanja rasipača) distribucije norme đubrenja po površini parcele. Nepravilnost u rasipanju se javlja pri svakoj aplikaciji đubriva, kako pri ručnom, tako i pri mašinskom rasipanju. Generalno, mogu se definisati dva tipa nepravilnosti: tačkasta i trakasta (transverzalna i longitudinalna). Tačkasta nepravilnost je rezultat neujednačenosti granula đubriva ili semena, pri rasipanju ili setvi na bilo koji način, a meri se na maloj ograničenoj površini. Trakasta nepravilnost nastaje zbog različite raspodele mase đubriva u transverzalnim i longitudinalnim pravcima, u zavisnosti od pravca kretanja rasipača.

Ključne reči*: mineralno đubrivo, transverzalna i longitudinalna distribucija, kvalitet rasipanja*

Datum prijema rukopisa: *Paper submitted:*	20.07.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: *Paper revised:*	23.07.2012.
Datum prihvatanja rada: *Paper accepted:*	30.07.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 3, decembar 2012.
Strane: 37 - 44

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku



UDK: 536.7.,581.5

Originalni naučni rad
Original scientific paper

UTICAJ BIOMASE NA SMANJENJE EMISIJE UGLJEN DIOKSIDA

Lazar N. Ružičić[1*], Ljiljana Kostadinović[1], Nikola Počuča[2], Predrag Petrović[3]

[1] Megatrend univerzitet, Beograd, Fakultet za biofarming, Bačka Topola
[2] Siker d.o.o., Beograd
[3]Institut „Kirilo Savić“, Beograd

Sažetak: Biomasa se može smatrati strategijskim potencijalom, ne samo zbog toga što je obnovljiv izvor energije i što je široko rasprostranjena, već i zbog toga što se njenom primenom može obezbediti dovoljna količina energije uz redukovanje emisije CO_2 i drugih štetnih gasova, čime se postiže minimalan negativan uticaj na životnu sredinu. U radu je dat pregled tehnika za spaljivanje biomase, kao i tehničko-tehnološke karakteristike toplana za proizvodnju energije iz biomase u cilju promovisanja primene ovog obnovljivog izvora energije. Takođe, predstavljena je i opcija zajedničkog sagorevanja biomase i fosilnih goriva. Odlučujući faktor u pojačanom korišćenju biomase trebali bi biti njeni niski nabavni i eksploatacioni troškovi, ali primena modernih spalionica sa niskom emisijom je ekonomski opravdana samo na velikim postrojenjima, jer se tada dobija maksimalan učinak i iz problematičnih goriva (slama i specijalno zasađene kulture (*Miscanthus Sinesis*).

Ključne reči*: biomasa, emisija ugljen dioksida, toplane za proizvodnju energije iz biomase.*

UVOD

Biomasa je u zavisnosti od izvora različito definisana, ali kao osnovna može da se navede odrednica prema Pravilniku o graničnim vrednostima emisije štetnih gasova u atmosferu iz konvencionalnih izvora (NN 140/97): „Biomasa je gorivo koje se dobija od biljaka ili delova biljaka kao što su drvo, slama, stabljike žitarica, ljušture itd.

[*] Kontakt autor. E-mail: laru@sbb.rs

Rad je deo istraživanja u okviru projekta: Unapređenje održivosti i konkurentnosti u organskoj biljnoj i stočarskoj proizvodnji primenom novih tehnologija i inputa. br. TR 31031 koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja R Srbije.

Ona je obnovljiv izvor energije, a generalno se može podeliti na drvnu, nedrvnu i životinjski otpad"[1].

Svetska kretanja u oblasti korišćenja obnovljivih izvora energije pokazuju da se sve razvijene zemlje ubrzano orijentišu ka intezivnoj primeni svih raspoloživih obnovljivih izvora energije. Mnoge zemlje Evrope već danas imaju oko 20% komercijalne energije proizvedene iz biomase (Austrija, Švedska, Finska). Dodatan razlog i impuls za korišćenje biomase potiče od sve strožijih uslova koje nameće zaštita okoline. Gledajući dugoročno, iscrpivost svetskih energetskih potencijala svih vrsta, i čak mnogo ranije iscrpivost i onako malih energetskih potencijala Srbije, ukazuje da se energetika Srbije mora orijentisati na sve veće korišćenje obnovljivih izvora energije, a pre svega biomase. Ovakva orijentacija nameće i primenu novih, efikasnijih i ekološki prihvatljivih energetskih tehnologija, što će povećati njenu konkurentnost na domaćem i stranom tržištu [2].

Sagorevanje biomase rezultuje emisijom koja se smatra ugljen-neutralnom, jer je ugljenik nastao iz prirodnog ciklusa ugljenika. Naime, biljka za rast i razvoj uzima ugljen dioksid iz vazduha koji se spaljivanjem biljnih ostataka (biomase) ponovo emituje [3]. Prema trenutnom Sporazumu iz Kjota i brojnim programima za emisiju gasova staklene bašte, korišćenje biomase i nusproizvoda biomase kao alternativnih goriva može biti klasifikovano kao smanjenje emisija gasova staklene bašte. Biomasa je sama po sebi gorivo i može se koristiti u svom neizmenjenom obliku kao energent u procesima sagorevanja radi dobijanja toplote. To je najstarija tehnologija iskorišćenja energije biomase. Međutim, sve je veći interes da se biomasa pretvori u drugi vid energije - električnu energiju, ili da se dobiju vrednija goriva, koja se zatim mogu koristiti u različitim uređajima. Da bi biomasa postala privlačna kao energent neophodno je da postoje tehnologije koje omogućavaju da se na efikasan način iskoristi energija biomase, zatim da imaju znatno manji uticaj na okolinu, i da je proizvedena energija dovoljno konkurentna energiji iz fosilnih goriva [4]. Tehnologije konverzije biomase nude određene prednosti, ali imaju i određene nedostake. Kao prednost treba istaći da je biomasa ekološki znatno prihvatljivija proizvodnja energije, jer omogućuje zamenu fosilnih goriva pri proizvodnji električne energije; omogućava dobijanje kvalitetnih tečnih i gasovitih goriva koji se mogu primeniti za pogon motornih vozila i da primenom raznovrsnih tehnologija daje mogućnost integracije goriva iz biomase u postojeće energetske sisteme. Glavna prednost u korištenju biomase kao izvora energije je ogroman potencijal, ne samo u tu svrhu zasađene biljne kulture već i otpadni materijali u poljoprivrednoj i prehrambenoj industriji [5][6]. Gasovi koji nastaju korištenjem biomase mogu se takođe iskoristiti u proizvodnji energije. Prednost biomase u odnosu na fosilna goriva je i neuporedivo manja emisija štetnih gasova i otpadnih supstancija. Računa se da je opterećenje atmosfere sa CO_2 pri korištenju biomase kao goriva zanemarivo, budući da je količina emitovanog CO_2 prilikom sagorevanja jednaka količini apsorbovanog CO_2 tokom rasta biljke - ukoliko su seča i prirast drvne mase u održivom odnosu – 1 hektar šumskih površina godišnje apsorbuje jednaku količinu CO_2 koja se oslobađa sagorevanjem 88.000 litara lož-ulja ili 134.000 m^3 prirodnog gasa [3][7]. Kao nedostaci se navode često složeni procesi za konverziju biomase; zatim obično viša cena postrojenja za korišćenje biomase u poređenju sa konvencionalnim postrojenjima koja koriste fosilna goriva, kao i činjenica da su mnoge tehnologije konverzije biomase još u demonstracionoj fazi, ili i ako su komercijalne, ne postoji veliki broj postrojenja, na osnovu kojih bi gradnja takvih postrojenja postala znatno jeftinija.

Tehnologije koje se koriste za konverziju biomase mogu se podeliti u tri velike grupe: termo-hemijska konverzija, fizičko-hemijska konverzija i bio-hemijska konverzija [3].

MATERIJAL I METODE RADA

Cilj rada je bio da se utvrdi masa emitovanog ugljen dioksida kao posledica sagorevanja različitih goriva u odnosu na biomasu, za ostvaren isti toplotni efekat. Različita goriva, obzirom na njihov drugačiji hemijski sastav ne doprinose u istoj meri emisiji ugljendioksida. Da bi se različita goriva mogla međusobno porediti, uvodi se koeficijent emisije ugljendioksida KCO_2, koji predstavlja masu emitovanog ugljendioksida u atmosferu svedenu na jedinicu energije. Koeficijent emisije ugljendioksida određuje se:

$$KCO_2 = 3{,}67 \cdot g_c \cdot H^{-1} \quad (1)$$

gde su:

KCO_2	[$kgCO_2 \cdot J^{-1}$]	- koeficijent emisije ugljendioksida,
$3{,}67$	[-]	- stehiometrijski koeficijent,
g_c	[$kg \cdot kg^{-1}$]	- maseni udeo gorivog ugljenika u gorivu,
H	[$J \cdot kg^{-1}$]	- toplotna moć goriva.

U Tabeli 1 prikazani su koeficijenti emisije ugljendioksida različitih goriva, a u tabeli 2 prikazane su energetske vrednosti pojedinih vrsta biomase, kao i ušteda koja se ostvaruje primenom biomase za proizvodnju električne energije. Ispitivanje je izvršeno primenom tehnike spaljivanja raznih vrsta fosilnih goriva i biomase u pilot postrojenju snage do 15 kW, koje se inače koristi u domaćinstvu za dobijanje tople vode i grejanje prostorija.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Biomasa spada u obnovljive izvore energije i kao takva se smatra za CO_2 neutralnu. Pri sagorevanju biomase emituje se tačno onoliko ugljendioksida koliko biljka veže procesom fotosinteze u toku rasta, pa je u tom smislu koeficijent emisije ugljendioksida biomase jednak nuli. Međutim taj podatak je validan samo onda kada seču prati pošumljavanje, u suprotnom usvaja se koeficijent emisije koji je prikazan u tabeli 1. Najzastupljeniji gas staklene bašte je ugljendioksid koji je u atmosferi zastupljen sa samo 370 ppm, odnosno čini 0,037% zemljine atmosfere. Međutim koncentracija ugljendioksida u vazduhu porasla je 31% u odnosu na 1750. godinu. Sadašnja koncentracija je veća nego što je to dosad ikada bila. Oko 98% emisije ugljendioksida potiče od sagorevanja fosilnih goriva, dok se ostatak emituje pri proizvodnji cementa, proizvodnji kreča, sagorevanju otpada. Deo emisije je i posledica nekontrolisane seče šuma, ali je očigledno da uticaj ostalih uzročnika zanemarljiv u odnosu na dominantan ″izvor″- sagorevanje fosilnih goriva. Kao najpovoljnije gorivo u smislu ekološke pogodnosti (Tabela 1) nameće se prirodni gas koji ima najmanji koeficijent emisije ugljendioksida za isti ostvareni toplotni efekat. Razlog tome je sastav prirodnog gasa kod koga je ubedljivo najviše zastupljen metan, a zatim i ostali niži ugljovodonici. Sastav gasa je takav da ima najmanje učešće ugljenika u odnosu na ostala fosilna goriva (gc), zbog čega se sagorevanjem pored ugljendioksida emituje i vodena para.

Toplotna moć biomase je znatno niža od uglja i u zavisnoti od procenta vlažnosti i pepela, nalazi se u predelu od 15-18 $MJ \cdot kg^{-1}$.

Niska gustina biomase (nasipna gustina za slamu iznosi do 60 $kg \cdot m^{-3}$, gustina slamenih bala iznosi do 150 $kg \cdot m^{-3}$, nasipna gustina uglja iznosi 900 $kg \cdot m^{-3}$), doprinosi tome da je zapreminski potrebno 10 do 15 puta više biomase, nego za ugalj.

Procenat vlažnosti biomase čak i nakon lagerovanja je znatno veći nego kod uglja. Slama i Miscanthus poseduju između 10-30 % vode, drvo može da dostigne i do 50 % i time je poredljivije sa smeđim ugljem. Tehničko predsušenje biomase je od strane procesa naporno i najčešće nepotrebno.

Tabela 1. Koeficijent emisije ugljendioksida različitih goriva

Table 1. Carbon dioxide emissions coefficient of different fuels

Gorivo *Fuel*	Emisija (kg $CO_2 \cdot GJ^{-1}$) *Emission (kg $CO_2 \cdot GJ^{-1}$)*
Biomasa *Biomass*	109,6
Treset *Peat*	106,0
Kameni ugalj *Coal*	101,2
Mrki ugalj *Brown coal*	97,1
Lignit *Lignite*	96,4
Dizel *Diesel*	77,4
Sirova nafta *Crude oil*	74,1
Kerozin *Kerosene*	73,3
Benzin *Gasoline*	71,5
Tečni naftni gas *Liqued petroleum gas*	63,1
Prirodni gas *Natural gas*	56,1

U Tabeli 2 prikazane su energetske vrednosti i vrednosti uštede uvoza energije goriva iz raznih vrsta biomase. Osnovni zaključak koji se nameće iz Tabele 2 je da je energetski potencijal biomase zavidan i da može zameniti energiju iz uvoza u vrednosti od čak 57 miliona Eura, a CO_2 uštedni potencijal iznosi preko 290.000 t. Najveći CO_2 uštedni potencijal postiže se primenom ostataka piljevine. Osim energetskog važan je i ekološki aspekt koji je sa ekološkim krizama pridoneo i uslovio razvoj korištenja biomase u energetske svrhe. Zbog takozvane čiste energije i mogućnosti kontrolisanja zaštite okoline, korišćenje biomase i ostalih obnovljivih izvora energije sve više će dobijati na značaju, uz otvaranje niza novih delatnosti i radnih mesta i samanjenja uvoza i upotrebe fosilnih goriva.

Tabela 2. Energetski potencijal raznih vrsta biomase

Table 2. Energy potential of various types of biomass

Biomasa *Biomass*	Količina *Quantity*	Energetska vrednost *Energy value*	CO_2 uštedni potencijal *Saving potential of CO_2*	Vrednosti uštede uvoza energije goriva 1€/EU* *Reductions of imports of energy fuels 1€/EU**
	(t)	(KWh·kg^{-1})	(t)	(Mio €)
Drvo iz šumarstva *Wood from forestry*	30.000	5,2	40.000	7,8
Ostatak piljevine *Rest of sawdust*	40.000	5,2	62.000	10,0
Drvni odpadci *Trash wood*	8.000	4,6	10.000	1,8
Ostala lignin slična goriva poput energetskih biljaka, ostataka itd. *Other fuels such as lignin similar power plants, residues, etc.*	Slama: *Straw:* 63.000 Brze plantaže: *Fast-growing plantation:* 15.000	4,8 4,1	60.000 15.000	15,0 3,0
Energetske biljke (celuloza, šećer, skrob) *Energy crops (cellulose, sugar, starch)*	Poljane: *Meadow:* 100.000	0,7	25.000	Struja: *Electricity:* 1,8 Toplota: *Heat:* 0,8
Uljane biljke *Oilseed plants*	25.480	9,0	23.000	Gorivo: *Fuel:* 10,0
Biogeni ostaci *Biogenic residues*	Tečni stajnjak: *Liquid manure:* 521.500 Đubrivo: *Fertilizer:* 187.500 Ostaci pri čišćenju žitarica: *Remains to clean the grain*: 3.300	0,1 0,5 4,0	22.500 33.000 2.600	Struja: *Electricity:* 1,7 Toplota: *Heat:* 0,8 Struja: *Electricity:* 2,5 Toplota: *Heat:* 1,0 Toplota: *Heat:* 0,6
Potencijal biomase *Biomass potential*			293.100	56,8

* EU- ekvivalent ulju

** EU- oil equivalent*

U tom smislu potrebno je za određena ili sva područja i regione u Srbiji uraditi i socijalnu dimenziju korišćenja biomase koja se nalazi na istima, sa svim prednostima koja se postižu.

Za korišćenje biomase principijelno odgovaraju tehnike spaljivanja, koje se danas koriste za čvrsta goriva. Jedan od važnijih kriterijuma za odabir toplane je veličina postrojenja. Ovde je moguće razlikovati mala (do 15 kW), srednja (do 1 MW) i velika postrojenja.

Mala postrojenja (do 15 kW) se koriste u domaćinstvima za toplu vodu i grejanje prostorija, a do 1 MW se koriste u privredi. Ovde najčešće korišćeni sistemi loženja su šaht i podšubna spaljivanja. Ispitivanjem emisije u postojećim postrojenjima u industriji utvrđeno je da zbog nepotpunog sagorevanja mogu nastati visoke emisije prašine, ugljenmonoksida i ugljenihvodonika. Ove emisije nastaju kroz nestacionarne postupke pri dovodu i odvodu, ali i kao delimičan teret, jer se efikasnost najčešće postiže kroz paljenje i gašenje dovoda goriva i kroz neoptimalni odnos goriva i vazduha. Novo razvijena postrojenja, koja se već koriste u Austriji za pelete od drveta, pokazuju da spaljivanje i u ovom području efikasnosti može imati niske emisione vrednosti.

Postrojenja sa snagom većom od 1 MW koriste se za proizvodnju toplote, procesne pare i struje najčešće kao kogeneracijska postrojenja. Gornja granica snage za postrojenja isključivo na biomasu leži danas otprilike između 50-100 MW_{th} , jer nabavka goriva, transport i logistika za veće snage su jako teški. U području ove snage uglavnom se koristi spalionica otporna na rđu, jer se ova zbog oblika, vlažnosti i problematičnih goriva najbolje pokazala. Princip ciklonske spalionice ističe se kroz manje emisije, ali je zbog tehnike postrojenja teža postavka i zbog toga se koristi u privredi kod snage veće od 10 MW. Spalionice prašine za biomasu su pogotovo korisne kada je gorivo već usitnjeno. Prašinske spalionice se uglavnom koriste u velikim postrojenjima na ugalj, jer se one ističu kroz visoku efikasnost gustine, dobru kontrolu i potpuno sagorevanje. Kod goriva sa finim i grubim sastavom može se primeniti kombinacija prašinske i spalionice otporne na rđu. Za spaljivanje bala od slame u Danskoj koriste specijalnu konstrukciju pod nazivom „cigaret sagorevanje“, sa površinskim sagorevanjem bala, koje se u praksi dobro pokazalo.

Odabir sistema spalionice zavisi i od toga u kom obliku (sečka, piljevina, peleti, bale itd.) se biomasa nalazi. Priprema drveta u sečku kao goriva se dobro pokazala u Austriji, te je time postala standardizacija za drvnu biomasu. Za slamastu biomasu konkurišu u principu dva tipa pripreme. Prva varianta je presanje u bale odmah nakon žetve. Dalja priprema poput otvaranja bala i sitnjenje se odvija na lokaciji spalionice, i ona se razlikuje od jedne tehnike spaljivanja do druge. Druga varijanta je pravljenje peleta, i to po mogućnosti diretkno na polju, jer se time povećava transportna gustina i već je biomasa pripremljena za određenu vrstu sagorevanja.

Postrojenja za spaljivanje su raznih veličina i metoda koje su usklađene sa tim. Tako su još uvek u funkciji i najjednostavnije tehnike, uz razvoj novih i kombinacija i revitalizacija postojećih tehnologija sagorevanja i tehničke opreme.

ZAKLJUČAK

Jedan od najperspektivnijih alternativnih izvora energije u svetu i u Srbiji svakako je biomasa. Glavne osobine biomase kao energenta jesu njena relativno jednostavna eksploatacija, sagorevanje sa značajno smanjenom emisijom štetnih gasova, redukcija

pepela i dr. Korišćenjem biomase, koja predstavlja ostatak ratarske i stočarske proizvodnje, može se u energetskom sektoru obezbediti višestruka korist: redukcija sagorevanja fosilnih goriva i drvne mase, čime se na više načina sprečava uništavanje šuma (seča, kisele kiše i sl.) i obezbeđuje očuvanje i zaštita ovog složenog ekosistema. Iskorišćavanje energetskog potencijala biomase dobijene iz stočarske proizvodnje digestijom, prvenstveno podrazumeva produkciju biogasa, visokoenergetskog i „čistog" goriva, ali i dobijanje kvalitetnog nusproizvoda pomenute digestije – đubriva koje se može koristiti u prihranjivanju različitih biljnih kultura.

Postoje različite procene potencijala i uloge biomase u globalnoj energetici budućnosti i u gotovo svim scenarijima predviđa se značajan porast korišćenja biomase na globalnom nivou. Na iskorišćavanje biomase stavljen je akcenat i prilikom skorašnjeg definisanja javnih politika u energetskom sektoru Republike Srbije. To se posebno odnosi na energetsko iskorišćavanje biomase u Vojvodini na čijoj teritoriji se, zahvaljujući intenzivnoj poljoprivredi, generišu značajne količine biomase.

Odlučujući faktor u pojačanom korišćenju biomase trebalo bi biti niski nabavni troškovi, kao i niski troškovi korišćenja iste. Studije i izvedena postrojenja pokazuju da se termičko korišćenje obnovljivih resursa već sada učestalije koristi u krugovima jake privrede. U poređenju sa zemnim gasom kao energentom su troškovi investicije mnogo veći, imajući u vidu pripremu goriva, tehniku spaljivanja i filtere dimnih gasova, koje se ne svode na nulu kroz troškove nabavne cene biomase. Ako je na biomasi da značajno doprinese smanjenju CO_2, onda je na politici da stvori odgovarajuće uslove. U ovom radu je iznešena opcija zajedničkog sagorevanja biomasa, kao obnovljivog izvora energije, i fosilnih goriva, u smislu zaštite životne sredine i posledica sagorevanja čistih fosilnih goriva. Odnosno kao opcija za smanjenje energetsko zavisne emisije CO_2 sa relativno malim korišćenjem biomase, iako kod nas postoji brz i visok potencijal biomase kao i postrojenja koja pogoduju za ovo. Ukoliko bi bila potrebna kod postojećih postrojenja i neka investiciona ulaganja ti troškovi bi bili niski i ekonomski, a pogotovo ekološki opravdani.

LITERATURA

[1] De Žarden, Dž.R. 2006. *Ekološka etika.* JP Službeni glasnik. Beograd.

[2] Vasiljev, T., Kljajić, M., Bjedov, S., Matijević, T. 2006. *Biomasa.* Grupa za promociju zelene energije. Univerzitet u Novom Sadu. Dostupno na: www.obnovljiviizvorienergije.rs [Datum poslednjeg pristupa: 29.10.2012.]

[3] Mesarović, M. 2007. Strategija korišćenja biomase kao obnovljivog izvora energije. *Agronomska saznanja* 17, str. 1-3.

[4] Ružičić, L., Kostadinović, Lj., Oljača, M., Gligorević, K., Fišter, S., Jurišić, B., Bojat, N. 2011. Alternativni izvori energije i zaštita životne sredine. P*rvi simpozijum o upravljanju prirodnim resursima sa međunarodnim učešćem.* Fakultet za menadžment, Megatrend univerzitet, Bor, str. 178-186.

[5] Ilić, M., Oka, S., Tešić, M. 2003. *Energetski potencijal i karakteristike ostataka biomase i tehnologije za njenu primenu i energetsko iskorišćavanje u Srbiji*. Studija urađena u okviru projekta ev. Broj NP EE611-113A finansiranog od strane Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije. Institut za nuklearne nauke „Vinča", Laboratorija za termotehniku i energetiku, Beograd.

[6] Valent, V., Krgović, M., Kršikapa, M., Nikolić, S. 2008. Energetski potencijali u svetu i njihov značaj u celulozno-papirnoj industriji. *Hemijska industrija* 62(4), str. 223–232.

[7] Stevanović, B., Knežić, L., Čikarić, S., Ilić-Popov, G., Karaman, G., Nedović, B., Todić, D., Vukasović, V., Vujošević, M., Stojanović, B., Tošović, S., Božović, B., Mijović, D., Angelus, J., Pantović, M., Stefanović, Đ. 2003. *Enciklopedija: Životna sredina i održivi razvoj*. Knjiga tačnih odgovora. Ecolibri: Beograd/Zavod za udžben. i nastavna sredstva: Srpsko Sarajevo.

EFFECT OF BIOMASS TO REDUCE CARBON DIOXIDE EMISSIONS

Lazar N. Ružičić[1], Ljiljana Kostadinović[1], Nikola Počuča[2], Predrag Petrović[3]

[1] Megatrend University, Beograd, Faculty of biofarming, Bačka Topola, Republic of Serbia
[2] Siker d.o.o., Belgrade, Republic of Serbia
[3]Institute „Kirilo Savić", Belgrade, Republic of Serbia

Abstract: Biomass can be considered strategic potential, not only because it is a renewable source of energy and it is widespread, but also because its application can provide a sufficient amount of energy to reduce emissions of CO_2 and other greenhouse gases, resulting in a minimum negative impact on environment. This paper presents an overview of techniques for biomass burning, as well as technical and technological characteristics of plant for the production of energy from biomass in order to promote the implementation of renewable energy sources. It also presents the option and joint combustion of biomass and fossil fuels. The decisive factor in the increased use of biomass should be its low acquisition and operating costs, but the application of modern low-emission incinerator is economically viable only for large plants, because then gets maximum effect from the problem of fuel (straw and specially planted Culture (*Miscanthus Sinesis*).

Key words: *biomass, carbon dioxide emission, heating machine for the production of energy from biomass.*

Datum prijema rukopisa: 17.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 21.11.2012.
Datum prihvatanja rada: 21.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 3, decembar 2012.
Strane: 45 - 61

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 681.3

Originalni naučni rad
Original scientific paper

USING THE VERIS ELECTRICAL CONDUCTIVITY CART AS A DRAFT PREDICTOR

Robert D. Grisso[1*], Jeffery P. Ehrhardt[2], Michael F. Kocher[2], Paul J. Jasa[2], Jack L. Schinstock[1]

[1]Virginia Tech University, College of Agriculture and Life Sciences, Department of Biological Systems Engineering, Blacksburg, VA, USA
[2]University of Nebraska, College of Agricultural Science and Natural Resources, Department of Biological Systems Engineering, Lincoln, NE, USA

Abstract: The use of an electro-conductivity cart as a reference implement to predict tillage draft was studied. Regression analysis was used to develop prediction equations for the draft of two implements (three-point mounted field cultivator and electro-conductivity cart) in measured operating conditions across a variety of speeds and tillage depths in two surface conditions. The data were then used to study the reference implement concept. Routines to predict the draft of the field cultivator from the measured draft of an electro-conductivity cart were developed. The Pearson correlations for measured draft compared to predicted draft using the Veris cart as the analog device ranged from 0.89 to 0.95.

Key words*: machinery management, draft prediction, draft modeling, reference implement*

INTRODUCTION

The most convenient method to estimate a given implement's energy requirement is to measure the draft required to pull the implement under desired operating conditions. Accurate knowledge of draft requirements is useful for optimal matching of power units to implements. However, tillage forces vary greatly due to numerous factors that influence these forces. Complicating the relationship is the large number of factors, interactions between factors and variability of the parameters within a short distance. Since a large number of factors influencing draft requirement and various potential combinations of tillage devices exist, it is prohibitively expensive to test all implements

[*] Corresponding author. E-mail: rgrisso@vt.edu

in all conditions for every soil type. Thus, the body of knowledge is incomplete. However, determining which variables have the greatest influence on the energy requirement for tillage with the most common tillage tools would greatly enhance the process of matching power units to tillage implements.

The purpose of the tillage reference implement concept is to predict the draft of a variety of soil-engaging implements with the measurement from a single device. The Veris electrical conductivity (EC) cart (Model 3100) was equipped with a load cell and was used as a tillage reference implement. The draft from the reference implement was then used to predict the draft force of a field cultivator in a Yutan silty clay loam. The EC cart is typically used to gather geo-referenced data for electrical conductivity (possibly correlated to soil texture and organic matter) for precision farming. With the addition of draft measurements, the potential exist to assess tillage energy requirements with soil properties on a zone basis.

The objective of a large body of existing work has been to predict the draft of a given implement under certain soil conditions and operating parameters. There have been two main approaches to accomplish this end: empirical methods and analytical methods. In both approaches, including more variables in the model generally increases the accuracy of the model, but this also increases complexity, and the number of input variables that must be known to use the model.

Most analytical approaches to draft prediction are based on the Passive Earth Pressure Theory. Kuczewski and Piotrowska [1] proposed a model to predict forces on narrow soil cutting tines using this theory. The model was designed to improve upon models proposed by Godwin and Spoor [2], McKeys [3], Swick and Perumpral [4], and Kuczewski and Piotrowska [5]. Their model did increase the accuracy of draft prediction over the existing models when tested in a laboratory setting.

Wheeler and Godwin [6] proposed a force prediction model for a single tine at a single depth for various speeds and rake angles in both frictional and cohesive soils. The model was shown to have good agreement under shallow depth conditions for predicting both horizontal and vertical forces of the single tine at speeds up to 20 $km \cdot h^{-1}$. The model was shown to give good agreement for the horizontal forces for multiple-tined units and in the frictional soil.

Onwualu and Watts [7] tested three current models for predicting tillage forces. The three models tested were those proposed by McKeys and Desir [8], Swick and Perumpral [4], and the 2-D model of Soehne as reported by Gill and Vandern Berg [9]. They used wide and narrow plane tillage blades in one soil type at constant moisture content, at two depths, two rake angles and eight speeds. They found that none of the Passive Earth Pressure Theory-based models for predicting draft that they tested accurately predicted actual forces.

In studies employing the empirical approach, parameters of the soil, implement, operating conditions and the forces to be modeled are measured and recorded. This data is then analyzed to formulate predictive equations. A statistical regression routine is the usual means of this analysis. The most common resulting formula format is a series of measured variables with corresponding coefficients.

ASAE Standards [10] provide empirical equations to approximate draft and power requirements for a variety of tillage tools in three general soil conditions as part of *D497.4 Agricultural Machinery Management Data*. The standard describes tillage draft as a function of implement type, soil type, implement width, depth, and speed. A number

of other properties are also necessary to consider when analyzing tillage draft. Glancey *et al.* [11] listed some of these additional variables as: static and dynamic component of soil shear stress, soil-metal friction coefficient, soil density, and implement geometry. However, depth of operation was found to be the most significant factor while speed was often significant. Most work that has been done on tillage draft in the past was focused on specific draft and has concluded that tillage depth is the primary determinant of the amount of power required to pull an implement through soil, with speed often having a significant effect.

Speed was found to significantly influence draft in a study of 5 simple blades in two soil types by Kushwaha and Linke [12]. Mielke *et al.* [13] ran experiments with a bi-level subsoiler and a conventional subsoiler at three depths. They found that power requirements increased with tillage depth, but did not formulate an equation to relate the two parameters. Glancey and Upadhyaya [14] noted that speed was a significant determinant of draft, but speed squared was not significant for a moldboard plow in a Capay clay soil.

Tillage tool draft, primarily for moldboard plows, was predicted from an equation presented by Upadhyaya [15]. The equation included factors for depth, width of cut, speed and wet soil bulk density and dynamic cone index.

$$D \cdot CI_d^{-1} \cdot w^{-1} = d \cdot w^{-1} \cdot (C_1 + C_2 \cdot r_w \cdot s \cdot CI_d^{-1}) \quad (1)$$

Where:

D	[N]	- draft force,
CI_d	[kPa]	- dynamic cone index,
r_w	[mg·m^{-3}]	- wet bulk density,
s	[km·h^{-1}]	- field speed,
d	[m]	- depth of tillage,
w	[m]	- width of the tool,
C_1	[N·kPa^{-1}·m^{-1}]	- geometry-dependent coefficient,
C_2	[N·h·m^3·mg^{-1}]	- geometry-dependent coefficient.

After testing analytical methods, Onwualu and Watts [7] presented an empirical model and concluded that draft and vertical forces are a function of the speed and the square of speed. They also stated that the analytical models that were tested were insufficient because they only incorporated the speed squared. They presented the following regression-type model:

$$D = C_0 + C_3 \cdot s + C_4 \cdot s^2 \quad (2)$$

Where:

D	[N]	- draft force,
s	[km·h^{-1}]	- field speed,
C_0	[N]	- regression coefficient,
C_3	[N·h·km^{-1}]	- regression coefficient,
C_4	[N·h^2·km^{-2}]	- regression coefficient.

R^2 values of 0. 99 for draft force predictions were obtained with both the narrow and wide blades across the entire range of other variables.

Grisso *et al.* [16] developed equations to predict draft requirements by empirical means for several implements at a variety of travel speeds and tillage depths in wheat stubble on Sharpsburg silty clay loam. They also measured soil moisture content, bulk density and cone index and used these values as covariates in the regression analysis. Draft of a chisel plow increased in a linear manner with travel speeds and quadratically with tillage depths when used for primary tillage. The equations presented were of the following form:

$$D_i = C_1 \cdot d + C_2 \cdot d^2 + C_3 \cdot s + C_5 \cdot d \cdot s + C_6 \cdot CI \quad (3)$$

Where:

D_i [N] - predicted draft force of the ith implement,
d [m] - depth of tillage,
s [km·h^{-1}] - field speed,
CI [kPa] - cone index,
C_1 [N·m^{-1}] - regression coefficient,
C_2 [N·m^{-2}] - regression coefficient,
C_3 [N·h·km^{-1}] - regression coefficient,
C_5 [N·h] - regression coefficient,
C_6 [N·kPa^{-1}] - regression coefficient.

The bulk density and moisture content of the soil were also included in the regression analyses, but these variables were not found to be statistically significant. Cone index was only found to be significant for the tandem disk model. The models presented above were verified with a final replication of the experiment.

Al-Suhaibani and Al-Janobi [17] found a significant increase in draft with depth and speed for all treatment combinations. Another study was conducted in Morocco with 6 tillage implements [18]. A regression relationship with speed and depth was presented with the following equation:

$$uD = C_o + C_1 \cdot d + C_3 \cdot s \quad (4)$$

Where:

uD [N·m^{-1}] - unit draft force,
d [m] - depth of tillage,
s [km·h^{-1}] - field speed,
C_0 [N·m^{-1}] - regression coefficient,
C_1 [N·m^{-2}] - regression coefficient,
C_3 [N·h·m^{-2}] - regression coefficient.

Increasing depth, width and rake angle were found to increase draft requirements [19]. Speed, soil consistency, depth and type of opener were all found to affect draft requirements of direct seeders by [20]. Their work determined that opener draft increased an average of 4% for each km·h^{-1} that speed increased, heavy clay required more draft power than a sandy loam soil, and that draft increased an average of 20% for every cm increase in depth.

Nicholson *et al.* [21] developed a routine to predict the draft of a tandem disk, a sweep plow, a non-standard chisel plow and an implement designed to be a draft analog. The surface conditions were the following: loose till, firm till and wheat stubble. Disk

draft was found to be a function of the mass of the disk. The data from the sweep plow was analyzed using a regression routine. Soil, depth and speed were all found to be significant determinants of draft. Depth-speed interaction was significant for one set of data, this indicated that with increasing depth, speed had more influence. The resulting equation for unit draft of the sweep plow, analog implement, and non-standard chisel plow was:

$$uD = d \cdot d_R^{-1} \cdot (C_1 + C_2 \cdot s) \tag{5}$$

Where:

uD	[N·m^{-1}]	- unit draft force,
d	[m]	- depth of tillage,
d_R	[m]	- reference depth,
s	[km·h^{-1}]	- field speed,
C_1	[N·m^{-1}]	- regression coefficient,
C_2	[N·h·m^{-2}]	- regression coefficient.

The concept of using one implement as an analog to predict the draft requirements of different implements has been explored. The potential savings of time and money with a reference implement could be considerable. Draft studies could be completed with a single device and the results applied to a number of other tillage tools. Also, predictive efforts would be greatly facilitated because a standard would exist to which other implements could be compared. Additionally, for an unknown set of operating conditions, a single tillage pass could generate accurate predictions for a number of other implements.

Glancey *et al.* [22] used two reference devices, one resembling a cone penetrometer cross-section and the other a typical lister, to predict tillage draft of three other implements: a subsoiler, a moldboard plow and a chisel plow. The experiments were conducted on two soil types, at 5 speeds and four depths for the cone penetrometer-type reference implement and 3 depths for the lister reference implement. The soil was tested for bulk density, moisture content, cone index and grouser. Four replications were completed. Measurements for a given run were averaged into a mean value of draft for that test. The resulting data were analyzed using an orthogonal regression technique. Drafts of the implements were determined to depend primarily on operating depth, and speed was only significant in some instances. The conclusion of the work was that the relationship between the drafts of the reference tool and a given implement is logarithmic. The results supported the concept of predicting implement draft with a standard reference tool.

The concept of using the draft of a single tine as a reference to predict the draft for an entire implement composed of similar tines was proposed [6]. They presented a linear relationship between the draft of a single tine and a unit with multiple tines. If tines have a negligible width, the resulting formula to predict the draft of a unit with multiple tines from the draft force of a single tine is the following:

$$D = n \cdot D_t - (n - 1) \cdot D_{ti} \tag{6}$$

Where:

n	[-]	- number of tines

D [N] - predicted draft of an implement with n tines,
D_t [N] - horizontal force component of the single tine,
D_{ti} [N] - horizontal force component of an imaginary tine.

Where the depth of the imaginary tine is:

$$d_i = d - x \cdot 2^{-1} \tag{7}$$

Where:
d [m] - depth of the single tine,
x [m] - tine spacing.

The soil failure planes are assumed to act at 45º to the horizontal. The D_{ti} term describes the "equivalent draft force" required to disturb the interacting zone above and between the individual tine soil failure boundaries. Prediction of the draft force was successful, but vertical force was not accurately predicted.

Nicholson *et al.* [21] described a reference implement concept and the fabrication of a tillage tool designed with the intention to serve as a reference implement. This reference implement consisted of two chisel shanks, two lister bottoms and two small v-blade sweeps mounted on a wheeled frame. A preliminary graph to correlate the draft from the reference implement to the draft from a chisel plow considering speed and soil firmness was presented. The graph demonstrates that unit draft of an unknown implement is proportional to that of a reference implement. It also demonstrates the concept that draft of the reference implement can be used to predict the draft of another implement even if the two devices were tested at different speeds. This is based on the findings of the study that draft increases with speed, but the rate of increase depends on the firmness of the soil. The graph was not intended to be an exact predictor of draft, it was presented only to demonstrate the concept and relationships.

Yasin [23] explored the concept of a reference implement and described the relationship between a given implement and the reference implement.

$$F_n = D_i \cdot D_{RI}^{-1} \tag{8}$$

Where:
D_i [N] - measured draft from the ith implement,
D_{RI} [N] - draft of the reference implement as predicted by a regression equation,
F_n [-] - set of scale factors.

A set of equations to predict the draft of three implements from the measured draft of a non-standard tillage reference implement (TRI) were produced testing the following general form of equation:

$$D_i = b_0 + b_1 \cdot D_{TRI} + b_2 \cdot D_{TRI}^2 \tag{9}$$

Where:
D_i [N] - draft of the ith implement,
D_{TRI}[N] - measured draft of the tillage reference implement,
b_0 [N] - regression coefficient,
b_1 [-] - regression coefficient,
b_2 [N^{-1}]- regression coefficients.

The models presented were verified with a final replication of the experiment. All treatment values for all three implements were within the 95% prediction interval; however, not all treatment values were inside the 95% confidence intervals. Yasin [23] concluded that: "The use of the TRI provides an appropriate and generalized method for predicting and comparing the implement draft."

MATERIAL AND METHODS

The objective of this study was to investigate the application of an electro-conductivity cart as a reference implement to predict tillage draft.

The purpose of the tillage reference implement concept is to predict the draft of soil-engaging implements from the measured draft force of a different implement used as an analog. Factors influencing draft of the reference implement are incorporated into a regression equation to predict the draft of the implement. This equation can be combined with a prediction equation for a different tillage tool to produce a scale factor. When the scale factor is multiplied by the measured draft of the reference implement, a refinement of the prediction of the unknown draft of the second implement results. Thus, the draft of any implement could be predicted from a measurement of the draft of a reference implement, provided that a scale factor existed between the two implements, and was known.

In order to use historical reference implement concepts to predict draft, the implement must be used to physically till the local conditions. It is undesirable to maintain an implement that serves only this one functional purpose and it is inefficient to expend the energy to use an implement that does not accomplish some agronomical benefit. It is more efficient to use a reference implement which can serve another purpose as it is being run through a given field. For this reason, the Veris soil electro-conductivity (EC) cart (Model 3100, Veris Technologies, a Division of Geoprobe Systems, Salina, KS) was used as a reference implement to predict tillage draft.

Experimental Procedure. The experiment was performed at the University of Nebraska Agricultural Research and Development Center near Mead, Nebraska. The majority of the field was classified as a Yutan Silty Clay Loam. The remainder of the field, primarily the western border and northwest corner, was Tomek Silty Clay Loam. The soil types were nearly identical for the purposes of this study. Five repetitions of each surface condition were completed.

Soil type was defined by the size fractions of soil particles. Soil particles may be sorted into three categories according to their size: clay, silt and sand. The percentage of each of these particles determines textural classification. The soil had 28% clay, 64% silt, and 8% sand. The Atterberg limits were 40% for the liquid limit and 18% for the plastic limit. The maximum bulk density at the plastic limit was 1.52 $mg \cdot m^{-3}$. Soil type was determined from soil survey maps available from the Soil Conservation Service of the United States Department of Agriculture.

The implements used in this study were a field cultivator and the Veris cart. The three-point hitch mounted field cultivator, (Model 1100, Deere & Co., Moline, IL) had a 3.6 m working width with 25 spring shanks equipped with sweep tips (21.6 cm wide and 60º nose angle). The shanks were arranged on 45.7 cm centers on each of three tiers,

with eight shanks on the front gang, eight on the middle gang and nine on the rear gang. Depth control for the field cultivator was accomplished by locking the 3-point control lever at consistent positions and turning off the tractor's draft control feature.

The Veris electro-conductivity cart, (Model 3100) consisted of a 76.2 mm square tube toolbar 230 cm wide attached to a forward frame. The total length of the frame was 105 cm. The drawn hitch extended in front of the frame. The cart trailed six flat 42 cm disk blades ("DuraDisc", Ingersoll Products Corp, Chicago, IL) on spring-loaded arms oriented in the direction of travel. Two tires were used to raise and lower the device and served as gauge wheels. Four coulters were attached between the wheels and one coulter was mounted outside of each wheel. All components were mounted symmetrically to the midpoint of the tool bar. The first pair of coulters were 13 cm from the midpoint, the second pair 34 cm from the midpoint, the weights were then inboard of the tires and then the final pair of coulters were positioned 111 cm from the midpoint. The cart was loaded with 6 "suitcase" weights, each with a mass of 47 kg. Depth control and raising and lowering was accomplished by a ratchet mechanism acting on the tire assemblies.

The statistical experimental design used for the procedures was a split plot randomized complete block design (RCBD). The treatments were surface condition, travel speed and implement depth. Surface conditions were undisturbed wheat stubble and a double disked surface that was allowed to settle for a minimum of 9 days. Prescribed travel speeds were 4.8, 6.4 and 9.7 $km \cdot h^{-1}$ for all implements. The depths prescribed for the field cultivator were the following: 5.1, 7.6 and 12.7 cm. The Veris cart was run only at the 7.6 cm depth. Treatments were replicated five times.

The Veris cart was only used at a single depth because, with the wheels fully retracted, the depth of penetration depended on the weight of the cart and the firmness of the soil. At a depth of 7.6 cm, the gauge wheels were constantly in contact with the soil surface, thus depth could be maintained at a consistent level.

Plots were laid out with implement travel perpendicular to small grain drilled rows. Each main plot was 82.3 m by 36.6 m and each experimental unit was 21.3m by 4.1m and were marked with flags to separate the plots. All implement data were collected with a data acquisition system similar to that described by Lackas *et al.* [24]. The system consisted of a laptop computer, a DataPAC System 10 signal conditioning unit (Model 10KU, Daytronic Corp, Miamisburg, OH), a 3-point hitch dynamometer, a fifth wheel speed sensor and a "s-type" tension load cell (Model PST-1000, Precision Transducers, Auckland, New Zealand). The fifth wheel speed sensor consisted of a bicycle tire (28x2.125) mounted on a swiveling frame so that the tire would run in the wheel track of the front tractor tire. The speed sensor had a rotational sensor attached to its axle (Hall-effect transducer, 120 $pulses \cdot revolution^{-1}$, Beckman Instruments Inc., Fullerton, CA). The data collection software was configured to gather data sets consisting of a continuous stream of 300 data points from each channel. The operator manually started the system and data was collected for approximately 24 sec. One data set was collected for each experimental run.

A 3-point hitch mounted cone penetrometer was used to measure soil resistance to penetration. The cone base was 3.2 cm^2 and procedures were according to ASAE Standard S313.2 [25]. The data collection system of the penetrometer consisted of a load cell, depth position indicator, and a Polycorder (Model 516C-64-A, Omnidata

International Inc., Logan, UT). Soil resistance to penetration was measured at three locations in each experimental unit. These locations were 2.5 m from the starting border of the experimental unit and evenly spaced perpendicular to the direction of travel. Soil resistance to penetration was measured to a depth of 23.5 cm. Data from the cone penetrometer was averaged for each of the three soil depth sections: 0-82.5 mm, 82.5-158.8 mm and 158.8-235.0 mm.

Before tillage, each experimental unit was sampled twice to determine the soil's moisture content and bulk density. Soil cores were pulled 3 m from both the east and west borders in the north-south midpoint of each experimental unit. Each of the samples was divided into three depth sections and tested separately: 0-82.5 mm, 82.5 -158.8 mm and 158.8-235.0 mm. The cores were obtained using a JMC-Zero Contamination Tube Sampler [26]. According to ASTM and ASA Standards [27-28] soil dry basis moisture content and bulk density were determined after the samples were weighed and oven dried at 110ºC for 72 hours.

The average values for draft, pull, vertical force, torque, speed, and depth from each experimental unit were calculated and used in the statistical analysis. The average values for each soil depth section (0- 82.5 mm, 82.5-158.8 mm and 158.8-235.0 mm) for cone index, moisture content and bulk density were used in the analyses. The data analyses were completed in two separate procedures, each with a different objective. The first series of data analysis procedures produced predictive equations for the draft force using standard regression routines. Regressions were run to produce predictive equations for each surface condition separately, and both surface conditions combined. Of the five repetitions completed, data from 3 replications were used in the data analysis steps to formulate predictive equations. The formulas resulting from the three repetitions were then verified against the actual data from the other remaining two replications by a t-test comparison.

The second series of data analysis procedures was completed in order to explore the reference implement concept. In this procedure, routines to predict the draft of the field cultivator were developed from combining the actual draft of the Veris cart with the regression equations found in the first data analysis routines. The regression equations resulting from the three repetitions were then verified against the actual data from the other two replications by a t-test comparison. The equations formulated to predict draft were then incorporated into a routine to predict the draft of the field cultivator from the measured draft of the Veris cart. Prediction equations of the following format were produced:

$$D_{FC} = D_{pFC} \cdot D_{pRI}^{-1} \cdot D_{aRI} \tag{10}$$

Where:

D_{FC} [N] - predicted draft of the field cultivator from the reference implement,

D_{pFC} [N] - predicted draft of the field cultivator from the draft prediction regression equations,

D_{pRI} [N] - predicted draft of the reference implement from the draft prediction regression equations,

D_{aRI} [N] - measured draft of the reference implement.

RESULTS AND DISCUSSION

The data from 3 replications was used to develop regression coefficients for evaluating various combinations of treatment influences and interaction terms and selecting the best fit equations. The draft of the field cultivator was found to be a function of the depth of operation. The draft of the Veris cart was a function of speed and the cone indices. Draft prediction equations were of the same form for both surface conditions, but the values of the regression coefficients were different. It is interesting to note that both of the prediction equations were independent of soil bulk density and moisture content.

Regression equations to predict Field Cultivator draft forces:

$$D_{FC} = C_0 + C_1 \cdot d + C_2 \cdot d^2 \tag{11}$$

Where the Veris cart draft forces:

$$D_{Veris} = C_0 + C_3 \cdot s + C_4 \cdot CI_1 + C_5 \cdot CI_2 \tag{12}$$

Where:

D	[N]	- draft force,
d	[cm]	- tillage depth,
s	[km·h^{-1}]	- travel speed,
CI_i	[N·cm^{-2}]	- cone indices at different depths,
C_0	[N]	- regression coefficient,
C_1	[N·cm^{-1}]	- regression coefficient,
C_2	[N·cm^{-2}]	- regression coefficient,
C_3	[N·h·km^{-1}]	- regression coefficient,
C_4	[N·kPa^{-1}]	- regression coefficient,
C_5	[N·kPa^{-1}]	- regression coefficient.

Table 1. Regression coefficients for draft force equations for field cultivator and Veris cart on two soil surfaces

Implement		R^2	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
			Intercept	d	d^2	s	CI_1*	CI_2**
FC	wss	0.8131	-23092.60	7283.673	-325.016			
FC	dds	0.9086	-5579.33	2846.932	-77.437			
FC		0.8340	-14336.00	5065.300	-201.230			
both	Veris	0.1922	4089.57			-51.204	1.713	-8.182
Wss	Veris	0.4963	3586.26			16.695	-0.289	-7.194
dds	Veris	0.3630	3798.50			-13.897	0.232	-10.486

* 0 - 82.5 mm

** 82.5 mm - 158.8 mm

Draft forces from the regression routines were predicted with fair accuracy. The R^2 values given in Tab. 1 are for the predictive eqs. (11-12). This calculation is from the regression output and described what percentage of variation is explained by the regression equation. The Pearson Correlations and p-values shown in Tab. 2 are from the two-sample matched pairs t-tests that were performed to compare the measured draft

forces from the 2 remaining verification replications to the predicted draft forces from the regression eqs. (11-12).

Table 2. Pearson correlations and p-values for measured (verification data sets) and predicted draft from eqs. (11-12)

Implement		Draft	
		wss	dds
FC	Pearson C	0.9702	0.9797
FC	p-value	0.0164	0.5798
Veris	Pearson C	0.0707	0.2164
Veris	p-value	0.0607	0.4546

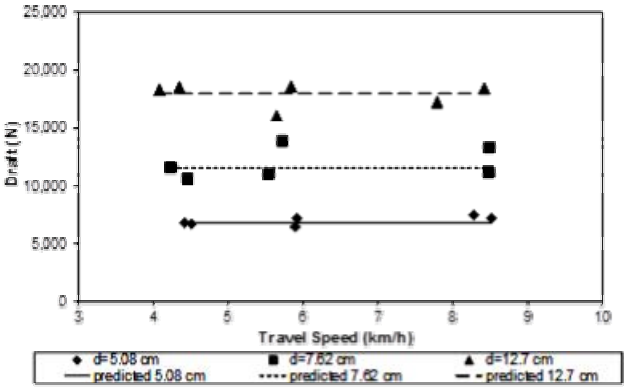


Figure 1. Measured (verification data set) field cultivator draft force scatter on the wheat stubble surface, predicted with eq. (11)

Tab. 2 gives the Pearson correlations and p-values resulting from a series of matched pair two sample t-tests with two-tail distribution. For the field cultivator, the prediction eq. (11) for draft returned R^2 values of 0.813 and 0.908 for the wheat stubble surface (wss) and disked surface (dds), respectively. Pearson correlations were 0.970 and 0.980, respectively. Fig. 1 and 2 graphically represent closeness of the verification observations to the predicted values for the field cultivator. A comparison of measured draft and predicted draft is shown in Fig. 5. The prediction eq. (12) for draft of the Veris cart was not as accurate with R^2 values of 0.192 for the wheat stubble surface and 0.496 for the disked surface. Pearson correlations also reflected this lack of accuracy with the verification data sets with values of 0.071 and 0.216, respectively. Similarly, Figs. 3-4 show the measured to predicted values. Fig. 6 does not show a good fit to the 1:1 line.

The reference implement concept worked quite well even though the action of the two implements on the soil was different. Tab. 3 contains a summary of the results of the t-test for the means of paired two sample sets. The measured draft of the field cultivator from the 3-point dynamometer was compared to draft predicted by the reference implement concept model. Pearson Correlations are given as well as p-values for a two-tail distribution. Separate indicates that one set of coefficients was used to predict the draft of the field cultivator for the wheat stubble surface condition and a different set of coefficients was used to predict the draft of the field cultivator for the disked surface condition.

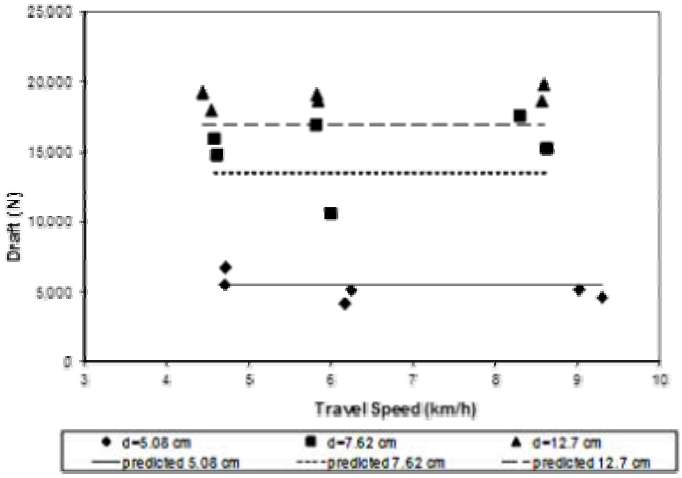


Figure 2. Measured (verification data sets) field cultivator draft force scatter on the double disked surface, predicted with eq. (11)

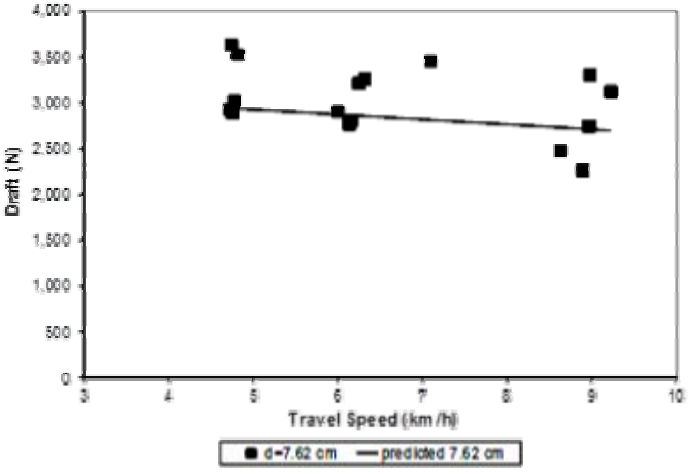


Figure 3. Measured (verification data set) Veris draft force scatter on the wheat stubble surface, predicted with eq. (12) using CI_1 = 91.5 N·cm^{-2} and CI_2= 130.7 N·cm^{-2}

Table 3. Pearson correlations and p-values for the reference implement concept predictions compared with the 2 verification data sets

Surface Conditions						
Equation	*wss and dds*		*wss*		*dds*	
	Pearson C	*p-value*	*Pearson C*	*p-value*	*Pearson C*	*p-value*
Separate	*0.9236*	*0.8049*	*0.9115*	*0.5934*	*0.9486*	*0.6823*
Both	*0.9087*	*0.9908*	*0.8950*	*0.9967*	*0.9361*	*0.9781*

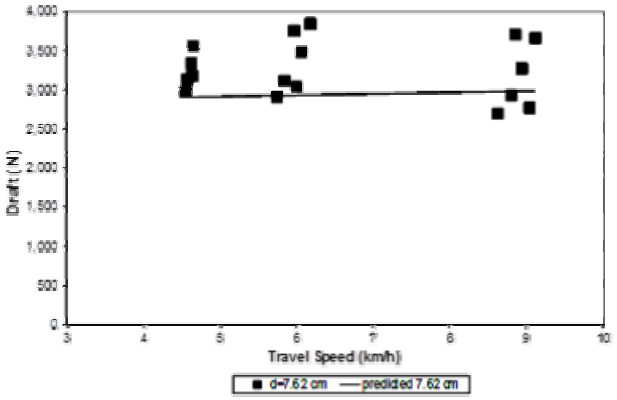


Figure 4. Measured (verification data set) Veris draft force scatter on the double disked surface, predicted with eq. (12) using CI_1 = 44.0 N·cm^{-2} and CI_2= 71.2 N·cm^{-2}

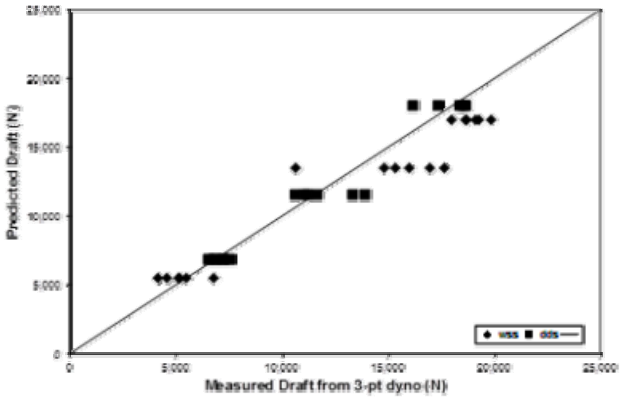


Figure 5. Measured (verification data set) and predicted draft forces for the field cultivator

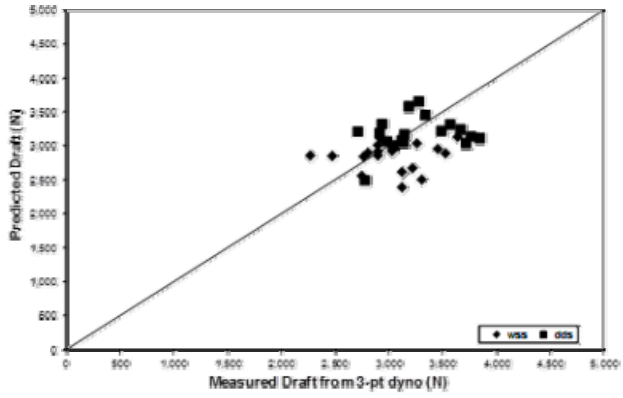


Figure 6. Measured (verification data set) and predicted draft forces for the Veris cart

Both indicates that the coefficients used to predict the draft of the field cultivator included data from both surface conditions, and thus, only one set of coefficients was used for both surface conditions. The table header indicates which data were used for the t-test comparison. “wss and dds” indicates that all the data from the verification repetitions was included in the t-test. “wss” indicates that only the data from wheat stubble surface condition was tested while “dds” indicates that only the data from disked surface condition was tested. For all combinations the statistical null hypothesis, which is that the means are the same, could not be rejected. Thus, the reference implement concept predicted the draft of the field cultivator with sufficient accuracy to be considered successful. Interestingly, the routines that did not consider surface condition returned higher p-values, indicating that there was no value to maintaining coefficients to predict separately for each surface condition.

Fig. 7 and 8 graphically compare the actual and predicted values for the draft forces of the field cultivator. The diagonal lines provided are 1:1 measured versus predicted lines. Points located closer to the line indicate better prediction accuracy.

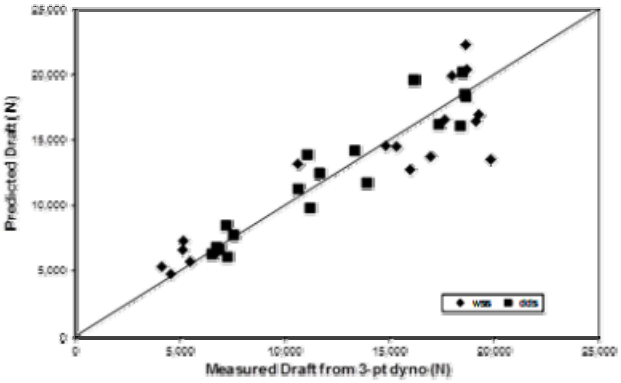


Figure 7. Measured and predicted values for draft forces of the field cultivator from the reference implement concept (eq. (10)), separate coefficients for each surface conditions

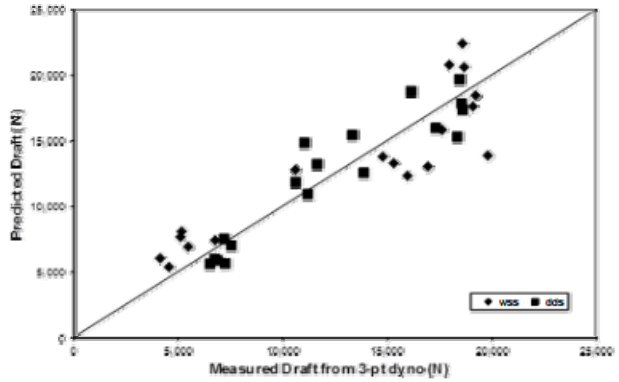


Figure 8. Measured and predicted values for draft forces of the field cultivator from the reference implement concept (eq. (10)), same coefficients for both surface conditions

The Veris cart was equipped with a pull-meter attached to the tongue of the cart. The relationship between the forces measured by this pull meter and the 3-point dynamometer were compared. The measured draft force means were not significantly different between the measured drafts of the pull meter and the 3-point dynamometer. The Veris cart does not require the use of the three point dynamometer. It is light and can be transported at highway speeds behind a pick-up truck. Data for electro-conductivity and draft could be collected simultaneously and correlated with geo-referenced data. A wealth of information for further study would be gained by collecting draft data from fields for which electro-conductivity data are collected.

This paper presents the concept of creating a ratio of predictive equations that is multiplied by the measured draft of a reference implement. This ratio is most accurate when the reference implement and desired tillage implement are tested in similar soil conditions. This test will establish the regression coefficients for the predictive equations. The measured draft of the reference implement provides a correction factor to the ratio of predictions that accounts for some unmeasured and/or uncontrollable variables such as soil conditions. The ASAE Standards [10] draft equations could be used if similar reference implement equations are developed and have adjustments for the soil factor.

CONCLUSIONS

The measured draft of an electro-conductivity cart was successfully used to predict the draft requirement of a field cultivator. The Pearson correlations for measured draft compared to predicted draft using the Veris cart as the analog device ranged from 0.89 to 0.95. Other conclusions include the following:

1. Surface condition did not significantly affect the accuracy of the draft prediction.
2. Using the Veris cart as a reference implement has a number of advantages over other implements.
3. Bulk density and moisture content of the soil did not appear to affect the accuracy of the draft and reference implement predictions.

BIBLIOGRAPHY

[1] Kuczewski, J., Piotrowska, E. 1998. An improved model for forces on narrow soil cutting tines. *Soil and Tillage Res*. 46(3-4):231-239.

[2] Godwin, R.J., Spoor, G. 1977. Soil failure with narrow tines. *J. Agric. Engn. Res.* 22(4):213-228.

[3] McKeys, E. 1978. The calculation of draft forces and soil failure boundaries of narrow cutting blades. *Transactions of the ASAE* 1:20-24.

[4] Swick, W.C., Perumpral, J.V. 1988. A model for predicting dynamic soil-tool interaction. *J. Terramechanics* 25(1):43-56.

[5] Kuczewski, J., Piotrowska, E. 1994. Calculation of narrow tines resistance by different methods. Ann. Warsaw Agricult. Univ. *SGGW (s Agricult.)* 28:13-18.

[6] Wheeler, P.N., Godwin, R.J. 1996. Soil dynamics of single and multiple tines at speeds up to 20km/h. *J. Agric. Engng. Res.* 63(3):243-250.

[7] Onwualu, A.P., Watts, K.C. 1998. Draught and vertical forces obtained from dynamic soil cuttting by plane tillage tools. *Soil and Tillage Res.* 48(4):239-253.

[8] McKeys, E., Desir, F.L. 1984. Prediction and field measurements of tillage tool draft and efficiency in cohesive soils. *Soil and Tillage Res*. (4):459-470.

[9] Gill, W.R., Vandern Berg, G.E. 1968. Soil dynamics in tillage and traction. Agriculture Handbook No. 316. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture (USDA). pp.126-140.

[10] ASABE Standards. 2006. ASAE D497.5 FEB 2006, Agricultural machinery management data. *St. Joseph, Mich*.: ASABE

[11] Glancey, J.L., Upadhyaya, S.K., Chancellor, W.J. Rumsey, J.W. 1989. An instrumented chisel for the study of soil-tillage dynamics. *Soil and Tillage Res*. 14(1):1-24.

[12] Kushwaha, R.L., Linke, C. 1996. Draft--speed relationship of simple tillage tools at high operating speeds. *Soil and Tillage Res*. 39(1-2):61-73.

[13] Mielke, L.N., Grisso, R.D., Bashford, L.L., Parkhurst, A.M. 1992. Bi-level subsoiler performance using tandem shanks. *Applied Eng. Agric*. 10(3):345-349.

[14] Glancey, J.L., Upadhyaya, S.K. 1995. An improved technique for agricultural implement draught analysis. *Soil and Tillage Res*. 35(4): 175-182.

[15] Upadhyaya, S.K. 1984. Prediction of tillage implement draft. *ASAE Paper and Presentation No. 84-1518*. ASAE, St. Joseph, Mich.: ASAE

[16] Grisso, R.D., Yasin, M., Kocher, M.F. 1996. Tillage implement forces operating in silty clay loam. *Transactions of the ASAE* 36(6):1977-1982.

[17] Al-Suhaibani, S.A., Al-Janobi, A. 1997. Draught requirements of tillage implements operating on sandy loam soil. *J. Agric. Engng. Res*. 66(3):177-182.

[18] Bashford, L.L., Byerly, D.V., Grisso, R.D. 1991. Draft and energy requirements of agricultural implements in semi-arid regions of morocco. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 22(3):79-82.

[19] McKeys, E., Maswaure, J. 1997. Effect of design parameters of flat tillage tools on loosening of a clay soil. *Soil and Tillage Res*. 43(3-4):197-206.

[20] Collins, B.A., Fowler, D.B. 1996. Effect of soil characteristics, seeding depth, operating speed and opener design on draft force during direct seeding. *Soil and Tillage Res*. 39(3-4):199-211.

[21] Nicholson, R.I., Bashford, L.L., Mielke, L.N. 1984. Energy requirements for tillage from a reference implement. *ASAE Paper and Presentation No. 84-1028*. ASAE, St. Joseph, Mich.: ASAE

[22] Glancey, J.L., Upadhyaya, S.K., Chancellor, W.J., Rumsey, J.W. 1996. Prediction of implement draft using an instrumented analog tillage tool. *Soil and Tillage Res*. 37(1):47-65

[23] Yasin, M. 1991. Development of a tillage reference implement for measuring and comparing tillage draft. Unpublished Ph.D. dissertation, University of Nebraska Library. Lincoln, NE.

[24] Lackas, G.M., Grisso, R.D., Yasin, M., Bashford, L.L. 1991. Portable data acquisition system for measuring energy requirements of soil engaging implements. *Computers and Electronics in Agric.* 5(4):285-296.

[25] ASAE Standards. 1990. ASAE S313.2: Soil cone penetrometer. *St. Joseph, MI: ASAE*

[26] Doran, J.W., Mielke, L.N. 1984. A rapid, low-cost method for determination of soil bulk density. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:717-719.

[27] ASTM Standards. 1970. ASTM D2216-66. Standard methods of laboratory determination of moisture content of soil. *Philadelphia, PA:ASTM.*

[28] ASA Standards. 1965. ASA 30-2.2: Methods of soil analysis. Bulk density. *Madison, WI:ASA*

UPOTREBA VERIS VOZILA ZA MERENJE ELEKTROPROVODLJIVOSTI ZA PREDVIĐANJE OTPORA VUČI

Robert D. Grisso[1], Jeffery P. Ehrhardt[2], Michael F. Kocher[2], Paul J. Jasa[2], Jack L. Schinstock[1]

[1]Tehnički Univerzitet Virdžinije, Fakultet za poljoprivredu i prirodne nauke, Institut za inženjering bioloških sistema, Blacksburg, VA, SAD
[2]Univerzitet Nebraske, Fakultet za poljoprivredne nauke i prirodne resurse, Institut za inženjering bioloških sistema, Lincoln, NE, SAD

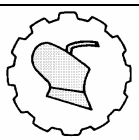
Sažetak: U radu je analizirana upotreba vozila za merenje elektroprovodljivosti kao referentnog priključka za predviđanje otpora vuči pri obradi zemljišta. Regresiona analiza je primenjena za razvoj jednačina za proračun otpora vuči dva priključka (nošeni setvospremač i vozilo za merenje elektroprovodljivosti) u radnim uslovima merenja pri više različitih radnih brzina i dubina obrade, kao i dva stranja obradive površine. Rezultati merenja su zatim upotrebljeni za analizu koncepta referentnog priključka. Iz izmerenih vrednosti otpora vuči vozila za merenje elektroprovodljivosti su razvijeni postupci za predviđanje otpora vuči setvospremača. Pearson korelacije izmerenih otpora sa otporima predviđenim na osnovu podataka Veris vozila kao analognog uređaja varirale su u opsegu od 0.89 do 0.95.

Ključne reči*: upravljanje mašinama, predviđanje otpora vuči, modeliranje otpora vuči, referentni priključak*

Datum prijema rukopisa: *Paper submitted:*	10.07.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: *Paper revised:*	13.07.2012.
Datum prihvatanja rada: *Paper accepted:*	28.08.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 3, decembar 2012.
Strane: 63 - 70

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku



UDK: 631.58

Originalni naučni rad
Original scientific paper

EFEKTI MEHANIZOVANOG NAČINA APLIKACIJE TEČNOG STARTNOG ĐUBRIVA U PROIZVODNJI KUKURUZA

Milan Dražić[1]*, Miloš Pajić[1], Zoran Dumanović[2], Dušan Radojičić[1], Kosta Gligorević[1], Miloš Stojanović[3], Steva Božić[1]

[1]Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Beograd-Zemun
[2]Institut za kukuruz "Zemun Polje", Beograd-Zemun
[3]Agromarket doo, Kragujevac

Sažetak: Konvencionalna proizvodnja kukuruza podrazumeva upotrebu standardnih mineralnih hraniva koja se u zemljiše mogu uneti na različite načine. Za razliku od konvencionalne proizvodnje, ova istraživanja su sprovedena uz predpostavku da će se primenom različitih normi osnovnih i tečnih startnih đubriva kao i unapređenim načinom njihove aplikacije ostvariti veće vrednosti prinosa i niži sadržaj vlage ubranog zrna. U radu je istraživan uticaj mehanizovane aplikacije različitih normi i načina unošenja osnovnog i tečnog startnog đubriva u zemljište pri proizvodnji merkantilnog kukuruza. Aplikacija tečnih startnih đubriva vršena je istovremeno sa setvom i to na dva načina: u trake i tačke pojedinačno za svaku biljku. Dobijeni rezultati pokazuju da je prinos zrna na površinama gde je vršena aplikacija startnog đubriva viši za 1,79 $t \cdot ha^{-1}$, dok je sadržaj vlažnosti zrna niži za 3,6% u odnosu na rezultate dobijene na kontrolnoj površini.

Ključne reči*: startno đubrivo, mehanizovana aplikacija, kukuruz, prinos, vlažnost,*

UVOD

Kukuruz je danas jedan od najznačajnijih ratarskih useva kako u svetu tako i kod nas. U našoj zemlji, tokom 2012 godine kukuruzom je zasejano 1.235.000 ha [8]. Kukuruz je biljka univerzalnog privrednog značaja, jer se koristi u ishrani ljudi, stoke i za prerađivačku industriju. Savremena ratarska proizvodnja, pa samim tim i proizvodnja

* Kontakt autor. E-mail: mdrazic@agrif.bg.ac.rs

Rad je rezultat istraživanja u okviru realizacije Projekta TR-31051: "Unapređenje biotehnoloških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda ".

kukuruza imaju za cilj postizanje što većih prinosa po jedinici površine kao i što bolji kvalitet dobijenog zrna. Na kvalitet i količinu dobijenog zrna utiču agroekološki uslovi kao i primenjena tehnologija gajenja [7]. Pravilan sistem ishrane biljaka, zasnovan na naučnoj osnovi, jedna je od najznačajnijih agrotehničkih mera u proizvodnji kukuruza i uopšte u ratarskoj proizvodnji. Ujedno, to je agrotehnička mera kojom najefikasnije možemo uticati na povećanje prinosa, pod uslovom da se hraniva upotrebljavaju racionalno i u dovoljnoj količini [10].

Kukuruz se svrstava u grupu ratarskih useva koji proizvode najveću količinu organske materije po jedinici površine. Pored toga savremeni hibridi imaju genetski potencijal koji dostiže prinos i do 20 $t \cdot ha^{-1}$ i zato kukuruz kao biljka zahteva znatne količine hraniva [4]. Konvencionalna proizvodnja kukuruza podrazumeva upotrebu mineralnih đubriva koja sadrže tri osnovna elementa azot, fosfor i kalijum koji su neophodni za pravilan rast i razvoj same biljke kukuruza [2]. U ogledu koji je sproveden, pored upotrebe konvencionalnih mineralnih đubriva izvršena je i aplikacija tečnog startnog đubriva neposredno sa setvom.

Startna đubriva nisu namenjena da obezbede sve neophodne hranljive materije biljci. Tečno startno đubrivo koje se aplicira zajedno sa setvom ima zadatak da obezbedi lako dostupne hranljive materije tek proklijalom semenu [5]. Uticaj fosfora na život biljke je višestruk. U fenofazi klijanja i nicanja fosfor utiče na rast i razvoj korenovog sistema biljke kao i na povećanje otpornosti prema bolestima. Iz tog razloga tečna đubriva koja se u zemljište unose zajedno sa setvom sadrže veći procenat fosfora.

Đubrivo se aplicira u neposrednoj blizini semena tako da nakon klijanja biljka odmah počinje sa usvajanjem hraniva, što dovodi do ubrzanog rasta i ranijeg nicanja [6]. Sa ubrzanim rastom biljka dobija prednost u odnosu na konkuretne korovske biljke kao i ranije postizanje zrelosti [11]. Dalje u radu će biti prikazan način mehanizovane aplikacije tečnog startnog đubriva kao i njegov uticaj na prinos i sadržaj vlage dobijenog zrna u proizvodnji kukuruza.

MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanja su obavljena na oglednoj parceli instituta za kukuruz Zemun Polje tokom 2012. godine. Zemljište na kome je postavljen ogled je slabo karbonatni černozem. U Tabelama 1 i 2 prikazana su osnovna agrohemijska svojstva zemljišta na kojem je postavljen ogled.

Tabela 1. Osnovna agrohemijska svojstva zemljišta

Table 1. Basic agrochemical properties of the soil

Dubina *Depth*	pH *pH*	pH *pH*	$CaCO_3$ *$CaCO_3$*	Humus *Humus*	Ukupni N *Total N*	Odnos C/N *C/N ratio*
(cm)	H_2O	KCl	(%)	(%)	(%)	-
0-30	7,38	6,71	0,62	2,77	0,20	8,0:1
30-60	7,86	7,08	1,54	2,61	0,18	8,1:1

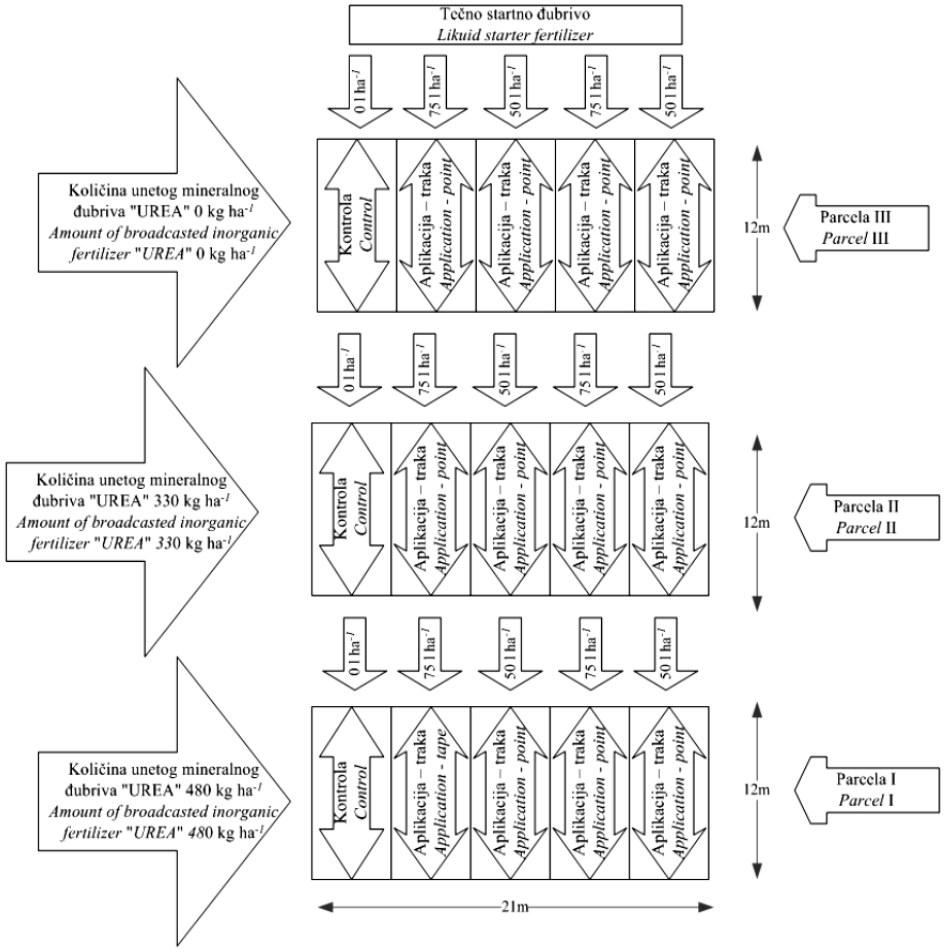
Predusev je bila ozima pšenica, a nakon žetve uklonjeni su žetveni ostaci i izvršeno je ljuštenje strništa. U jesen je izvršeno duboko oranje bez unošenja hraniva. Predsetvena

priprema izvedena je u dva prohoda, tanjiranjem a nakon toga je izvršena kultivacija. Celokupna količina azota, fosfora i kalijuma uneta je neposredno pre izvođenja predsetvene pripreme.

Tabela 2. Prisustvo makro elementa u ispitivanom zemljištu

Table 2 Macronutrients concentration in the soil samples

Dubina *Depth*	NH_4 *NH_4*	NO_3 *NO_3*	NH_4+N_3 *NH_4+N_3*	N *N*	P_2O_5 *P_2O_5*	K_2O *K_2O*
(cm)	($mg \cdot kg^{-1}$)	($mg \cdot kg^{-1}$)	($mg \cdot kg^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($mg \cdot 100g^{-1}$)	($mg \cdot 100g^{-1}$)
0-30	11,9	14,7	26,6	120,0	16,0	23,0
30-60	2,8	12,6	15,4	69,0	10,0	18,1



Slika 1. Grafički prikaz postavljenog ogleda

Figure 1. Diagram of experimental setup

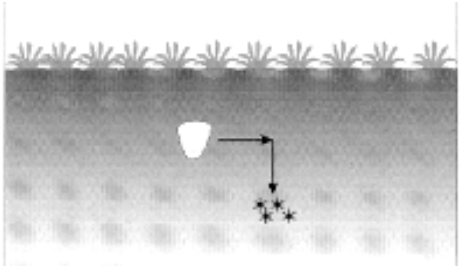
Ogled je postavljen po split-plot modelu po potpuno slučajnom planu. Ukupna površina na kojoj je postavljen ogled iznosi 756 m^2 i podeljena je na tri parcele. Sve tri parcele su jednakih površina sa dimenzijama 21 × 12 m. Površina elementarne parcele iznosi 16,8 m^2.

Na parceli I (Slika 1) neposredno pre izvođenja predsetvene pripreme izvršeno je unošenje mineralnog đubriva "UREA" (46% N) u količini od 300 kg·ha^{-1}. Na parceli II na isti način izvršeno je unošenje mineralnog đubriva "UREA" (46% N) u količini od 150kg·ha^{-1}, dok na parceli III nije vršeno unošenje mineralnih đubriva.

Setva kukuruza je obavljena je 17. apila 2012 godine. Sejan je hibrid "ZP-427" sa normom setve 60.000 biljaka·ha^{-1}. Setva je obavljena četvororednom pneumatskom sejalicom "Majevica- MPS 566/01" u agregatu sa traktorom "MTZ-82". Na sejalici je izvršena adaptacija postavljanjem prototipa mašine za aplikaciju "PTI-12/7", čime je izvršena aplikacija tečnog startnog đubriva zajedno sa setvom. Prototip mašine je namenjen za aplikaciju tečnih đubriva kod širokorednih useva u ratarskoj proizvodnji.

Adaptacija sejalice podrazmeva postavljanje dodatnih otvarača brazde, rezervoara, pumpe, senzora, rasprskivača i upravljačke jedinice. Programiranjem upravljačke jedinice može se uticati na ostvarenu normu kao i način apliciranja. Jedan od načina je aplikacija tečnog đubriva u neprekidne trake duž celog reda. Drugi način za aplikaciju je da se tečno đubrivo dozira prekidno "u tačkama" za svaku biljku, čime se može ostvariti ušteda startnog đubriva.

Aplikacija je izvršena na dva mehanizovana načina, kao i u dve različite norme aplikacije. U oba slučaja, tečno startno đubrivo, je uneto na 5 cm bočno u stranu od semena kao i 5 cm ispod dubine na koju je seme posejano [1] [3] kao što je prikazano na Slici 2.



Slika 2. Šema unošenja tečnog startnog đubriva

Figure 2. Pattern of liquid starter fertilizer application

U proleće, nakon setve zemljište može biti hladno što dovodi do usporenog porasta korena posejane biljke, a samim tim i nemogćnost da dođe do dostupnih hraniva nephodnih za rast i razvoj. Upotreba startnih đubriva podrazumeva postavljanje određene količine hraniva u blizini semena kako koren može što lakše stići do njih i početi sa usvajanjem. Osnovni zadatak startnih đubriva je da obezbedi pristupačan izvor hraniva neophodnih za rast i razvoj biljke. Hemijski sastav korišćenog tečnog starnog đubriva prikazan je u Tabeli 3.

Tretman herbicidima izvršen je 26. maja 2012. godine, na celokupnoj površini na kojoj je postavljen ogled, pri čemu je korišćena kombinacija dva herbicida, "LAUDIS" u količini od 2 l·ha^{-1} i "KALISTO" u količini od 200 gr·ha^{-1}. Na parcelama I i II, 7. juna izvršena je prihrana mineralnim đubrivom "UREA" (46% N) u količini od 180 kg·ha^{-1}. Na parceli III nije vršena prihrana mineralnim hranivima.

Tabela 3. Hemijski sastav tečnog startnog đubriva

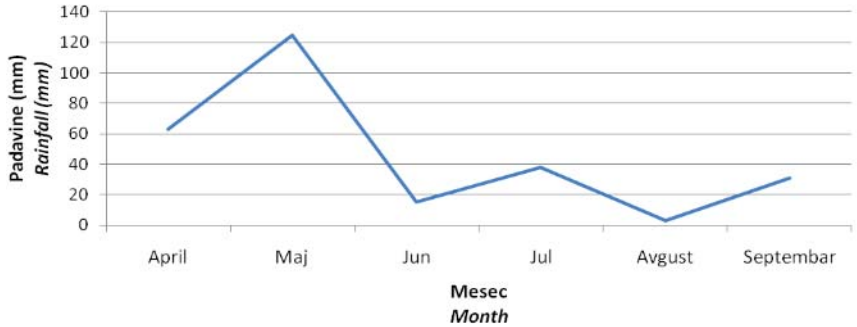
Table 3. Chemical composition of liquid starter fertilizer

	N *N*	P_2O_5 P_2O_5	K_2O K_2O	Fe *Fe*	Mn *Mn*	Zn *Zn*	Aminokiseline *Aminoacids*	Fulvo kiseline *Fulvoacids*
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Startno đubrivo *Liquid starter fertilizer*	8	20	8	0,01	0,01	0,02	3	3

Berba je obavljena 17. septembra. Određivanje prinosa gajenih kultura je rađena metodom probnih površina [9], po dijagonali površine tretmana, u tri ponavljanja. Vlažnost zrna je određena pomoću uređaja "Pfeuffer-HE 90", odmah nakon ubiranja.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Rezultati istraživanja, sa različitim varijantama unošenja osnovnog i tečnog startnog đubriva prikazani su tabelarno. Kako je ogled sproveden tokom 2012. godine, koju karakteriše jako niska količina padavina u toku vegetacionog perioda, tako su i dobijene vrednosti prinosa kukuruza ispod proseka. Na Slici 3 dat je prikaz količine i rasporeda padavina za period april-septembar 2012. godine, meteorološke stanice instituta za kukuruz "Zemun Polje".



Slika 3. Raspored i količine padavina 2012. godine

Figure 3. Distribution and amount of precipitation in 2012

Rezultati eksperimentalnih ispitivanja poljskog ogleda sa različitim sistemima primene đubriva prikazani su tabelarno.

Rezultati prikazani u Tabeli 4 pokazuju različite vrednosti žetvenog indeksa u zavisnosti od primenjenog sistema đubrenja. Više vrednosti žetvenog indeksa ostvarene su na površinama gde je pored unošenja mineralnog đubriva vršena i aplikacija startnih đubriva u odnosu na kontrolne površine. Najviša vrednost žetvenog indeksa ostvarena je na površini gde je vršena trakasta aplikacija startnog đubriva u količini od 50 $l \cdot ha^{-1}$ a količina mineralnog đubriva iznosila 480 $kg \cdot ha^{-1}$. Ako dobijenu vrednost žetvenog indeksa od 82,7 uporedimo sa vrednostima ostvarenim na kontrolnoj površini možemo zaključiti da se primenom startnih đubriva može uticati na porast vrednosti ovog parametra.

Tabela 4. Vrednost žetvenog indeksa ubranog zrna

Table 4. Value of the harvest index of harvested kernels

Količina unetog mineralnog đubriva (UREA) ($t \cdot ha^{-1}$) *Applied mineral fertilizer (UREA) dose* ($t \cdot ha^{-1}$)	Način aplikacije tečnog startnog đubriva *Method of liquid starter fertilizer application*				Kontrola *Control*
	Tačka *Point*	Tačka *Point*	Traka *Path*	Traka *Path*	-
	50 $l \cdot ha^{-1}$	75 $l \cdot ha^{-1}$	50 $l \cdot ha^{-1}$	75 $l \cdot ha^{-1}$	0 $l \cdot ha^{-1}$
300+180	71,7	60,9	82,7	67,9	48,1
150+180	65,0	57,6	59,2	59,7	38,2
0+0	61,9	51,0	63,0	43,8	28,4

U Tabeli 5 dat je prikaz vrednosti sadržaja vlage ubranog zrna kukuruza tretiranog različitim sistemima đubrenja.

Tabela 5. Sadržaj vlage ubranog zrna (%)

Table 5. Moisture contents of harvested kernel (%)

Količina unetog mineralnog đubriva (UREA) ($t \cdot ha^{-1}$) *Applied mineral fertilizer (UREA) dose* ($t \cdot ha^{-1}$)	Način aplikacije tečnog startnog đubriva *Method of liquid starter fertilizer application*				Kontrola *Control*
	Tačka *Point*	Tačka *Point*	Traka *Path*	Traka *Path*	-
	50 $l \cdot ha^{-1}$	75 $l \cdot ha^{-1}$	50 $l \cdot ha^{-1}$	75 $l \cdot ha^{-1}$	0 $l \cdot ha^{-1}$
300+180	12,0	12,1	12,1	12,7	15,6
150+180	13,6	13,0	11,9	13,4	13,9
0+0	14,0	13,0	14,7	13,3	13,1

Rezultati pokazuju da primenjeni sistemi đubrenja imaju određeni uticaj na sadržaj vlage dobijenog zrna. Površine kod kojih je vršena aplikacija startnog đubriva pokazuju niži procenat vlažnosti zrna. Vrednost vlažnosti zrna na kontrolnoj površini bila je viša za 3,6% u odnosu na vlažnost zrna sa površine gde je vršena aplikacija startnog đubriva.

U Tabeli 6 dat je prikaz dobijenih vrednosti prinosa postavljenog ogleda. Prikazani rezultati pokazuju da su različiti sistemi đubrenja ostvarili različite vrednosti prinosa.

Tabela 6. Prinos ubranog zrna ($t \cdot ha^{-1}$)

Table 6. Yield of the harvested kernel ($t \cdot ha^{-1}$)

Količina unetog mineralnog đubriva (UREA) ($t \cdot ha^{-1}$) *Applied mineral fertilizer (UREA) dose* ($t \cdot ha^{-1}$)	Način aplikacije tečnog startnog đubriva *Method of liquid starter fertilizer application*				Kontrola *Control*
	Tačka *Point*	Tačka *Point*	Traka *Path*	Traka *Path*	-
	50 $l \cdot ha^{-1}$	75 $l \cdot ha^{-1}$	50 $l \cdot ha^{-1}$	75 $l \cdot ha^{-1}$	0 $l \cdot ha^{-1}$
300+180	4,87	5,52	5,83	5,95	4,16
150+180	4,52	5,31	5,51	5,62	3,96
0+0	4,23	4,96	4,45	4,97	3,85

Na površinama gde je vršena aplikacija startnog đubriva mogu se primetiti više vrednosti ostvarenog prinosa. Najveći prinos ostvaren je na površini gde je izvršeno

unošenje mineralnog đubrivu u količini od 480 kg·ha^{-1} i izvršena trakasta aplikacija startnog đubriva u količini od 75 l·ha^{-1}. Upoređivanjem ostvarenog prinosa na ovoj parceli i kontrolnoj površini može se doći do zaključka da je prinos na parceli gde je vršena aplikacija startnog đubriva bio viši za 1,79 t·ha^{-1}. I pored jako male količine padavina u toku vegetacije, primena startnog đubriva je u velikoj meri uticala na porast ostvarenog prinosa.

ZAKLJUČAK

Održivost proizvodnje kukuruza u velikom stepenu zavisi od agroekološki uslova kao i primenjene tehnologije gajenja, u kojoj značajnu ulogu zauzima sistem đubrenja. Primena đubriva predstavlja agrotehničku meru kojom najefikasnije možemo uticati na povećanje prinosa. Dobijeni rezultati pokazuju da vrednosti prinosa, žetvenog indeksa kao i vlažnosti zrna u velikoj meri variraju kod različitih sistema đubrenja. Primenom tečnih startnih đubriva, koja se u zemljište apliciraju zajedno sa setvom, u velikoj meri može se uticati na povećanje prinosa. Dobijeni rezultati takođe pokazuju da sa primenom startnih đubriva dolazi do smanjeja procenta vlažnosti, kao i do povećanja vrednosti žetvenog indeksa kukuruza. Na površinama, gde je pored unošenja mineralnog đubriva vršena i aplikacija startnih đubriva, ostvareni prinos je bio viši za 1,79 t·ha^{-1} dok je sadržaj vlažnosti dobijenog zrna niži za 3,6% u odnosu na rezultate ostvarene na kontroloj površini.

LITERATURA

[1] Binford, G.D., Hansen, D.J., Tingle, S.C. 2002. Corn Response to Starter and Seed-Placed Fertilizer in Delaware. *Mid-Atlantic Grain and Forage Journal,* 8: 7-23.

[2] Glamočlija, Đ., Živanović, Lj., Ikanović, J. 2007. Proizvodnja kukuruza u uslovima ishrane biljaka azotom. Zbornik radova sa 21. *Konferencije Agronoma, veterinara i tehnologa*. 13 (1/2): 31-44.

[3] Gordon, W.B. 2009. Starter Fertilizer Application Method and Composition in Reduce-Tillage Corn Production. *Beter Crops,* 93(2): 10-11.

[4] Latković, D., Jaćimović, G., Marinković, B., Malešević, M., Crnobarac, J. 2009. Sistem đubrenja u funkciji prinosa kukuruza u monokulturi i dvopolju. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta,* 31 (1): 77-84.

[5] Mandić, G., Đukić, A., Stevović, I. 2007. Biološka produktivnost i agrohemijski pokazatelji smonice pod kukuruzom u uslovima primene različitih đubriva. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo,* 44 (1): 461-467.

[6] Mascagani, H.J., Boquet, D., Bell, B. 2007. Influence of Starter Fertilizer on Corn Yield and Plant Developmen on Mississippi River Alluvial Soils. *Beter Crops,* 91 (2): 8-10.

[7] Mesarović, S. 2009. *Šta je najvažnije znati u proizvodnji kukuruza.* Kukuruz-tehnologija ishrane: 1-4. Dostupno na: www.agro-ferticrop.rs/ferticrop/wp-content/uploads/2011/.../kukuruz.pdf/ [datum pristupa: 16.11.2012.]

[8] Milojić, A. 2012. *Statistički godišnjak Republike Srbije 2012*. Republički zavod za statistiku: 1-410.

[9] Oljača, I.S., Dolijanović, K.Ž. 2003. *Praktikum iz agroekologije*. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet: 1-97.

[10] Starčević, Lj., Latković, D. 2006. Povoljna godina za rekordne prinose kukuruza. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo,* 42 (2): 299-310.

[11] Zublena, J.P. 1997. *Starter Fertilizers for Corn Production*. Soil Facts. Dostupno na: www.soil.ncsu.edu/publications/Soilfacts/AG-439-29/ [datum pristupa: 13.11.2012.]

EFFECTS OF MECHANIZED METHOD OF LIQUID FERTILIZER APPLICATION IN CORN PRODUCTION

Dražić Milan[1], Pajić Miloš[1], Dumanović Zoran[2], Radojičić Dušan[1], Gligorević Kosta[1], Stojanović Miloš[3], Božić Steva[1]

[1] University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade, Republic of Serbia
[2] Maize Research Institute „Zemun Polje“, Belgrade, Republic of Serbia
[3]Agromarket doo, Kragujevac, Republic of Serbia

Abstract: Conventional corn production assumes usage of standard inorganic fertilizers which can be added to the soil by different methods. Unlike conventional production, this research was conducted with assumption that by using different application rates of basic and liquid starter fertilizers, as well as, with improved method of their application, higher yield values and lower moisture content of harvested kernels would be realized. This paper explored influence of mechanized application with different rates and ways of broadcasting basic and liquid starter fertilizer to the soil for corn production. Liquid starter fertilizers were applied concurrently with plantation in two ways: in lanes and spots individually for each plant. The results obtained show that kernel yield was higher in areas where starter fertilizer application was performed for 1.79 $t \cdot ha^{-1}$, while kernel moisture contents was 3.6% lower compared to results obtained over control surfaces.

***Key words*:** *starter fertilizer, mechanized application, maize, yield, moisture*

Datum prijema rukopisa: 19.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 20.11.2012.
Datum prihvatanja rada: 21.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 3, decembar 2012.
Strane: 71 - 79

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 631(059)

Originalni naučni rad
Original scientific paper

EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE AKUMULACIJE TOPLOTE U AKUMULATORU TOPLOTE PRIMENOM FAZNOPROMENLJIVOG MATERIJALA

Nedžad R. Rudonja[*1], **Goran S. Živković**[2], **Mirko S. Komatina**[1], **Branislav S. Repić**[2]

[1] *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet*
[2] *Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Laboratorija za termotehniku i energetiku*

***Sažetak**:* U radu je data opšta diskusija o razlozima primene akumulatora toplote i fazno-promenljivih materijala kao skladišnih medijuma. Dat je deo eksperimentalnih rezultata dobijenih merenjem tokom procesa promene faze parafina. Uočeno je da je potrebno povećati broj zapreminskih izvora toplote u akumulatoru kako bi se dobila manja stratifikacija temperature tokom procesa zagrevanja.

***Ključne reči**: akumulator toplote, promena faze, parafin*

UVOD

Akumulacija toplote primenom fazno-promenljivih materijala predstavlja veoma značajno polje istraživanja u nauci i tehnici. Problem akumulacije toplote potiče još iz perioda daleke istorije, ali se danas sve više pominje u oblasti energetske efikasnosti (solarna energija, toplotne pumpe i sl.), i korišćenja toplote dobijene sagorevanjem biomase. Biomasa predstavlja nuzproizvod u poljoprivredi (slama, kukuruzovina, sojina sačma, ostaci orezivanja voća, ostaci seče šuma itd.), pa njeno korišćenje može dovesti do značajne uštede u samim poljoprivrednim gazdinstvima, ali i uštede na nivou države ostvarene smanjenim uvozom energenata. Važno je napomenuti da najveće učešće pojedinih obnovljivih izvora energije u energtskom potencijalu Srbije pripada biomasi sa 63% i solarnoj energiji sa 17% [4]. Ostali potencijal leži u geotermalnoj energiji, energiji vetra i energiji malih vodenih tokova. Osim biomase koja predstavlja poljoprivredni „otpad“ sve češće se javlja i planska sadnja

[*] Kontakt autor. E-mail: nrudonja@mas.bg.ac.rs

Razvoj i unapređenje tehnologija za energetski efikasno korišćenje više formi poljoprivredne i šumske biomase na ekološki prihvatljiv način, uz mogućnos kogeneracije, III42011, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja

visokoenergetskih, brzorastućih biljaka čijim se sagorevanjem može dobiti značajna količina toplote (Miskantus-visokoenergetska biljka). Tokom sagorevanju biomase javlja se problem skladištenja trenutno dobijene toplote. Akumulacija dobijene toplote najčešće se vrši zagrevanjem vode [1] u velikim rezervoarima. Međutim, u slučajevima kada su skladišni kapaciteti ograničeni, kada je potrebno da se toplota skladišti u nekom materijalu na određenoj temperaturi, ili kada su temperature skladištenja više, mora se ići na optimizaciju samog skladištenja toplote koja, u najvećem broju slučajevima, kao rezultat daje primenu fazno-promenljivih materijala [3]. Akumulacija toplote fazno-promenljivim materijalima (PCM - phase change material) predstavlja sve češće tehničko rešenje u gradnji solarnih sistema čime se želi ublažiti „ahilova peta“ solarnih sistema koja se ogleda u nedostatku kontinualnog snabdevanja toplotom. Dakle, onda kada postoji trenutno oslobađanje toplote koje je više od zahtevanih toplotnih potreba vrši se akumulacija toplote u toplotnim akumulatorima (TES – Thermal Energy Storage) na određenoj temperaturi. Izbor fazno-promenljivog materijala zavisi od više faktora, ali se kao najznačajniji mogu navesti sledeći:

a) temperatura skladištenja toplote,
b) raspoloživi skladišni prostor,
c) hemijska agresivnost fazno promenljivog materijala,
d) zapaljivost,
e) eksplozivnost.

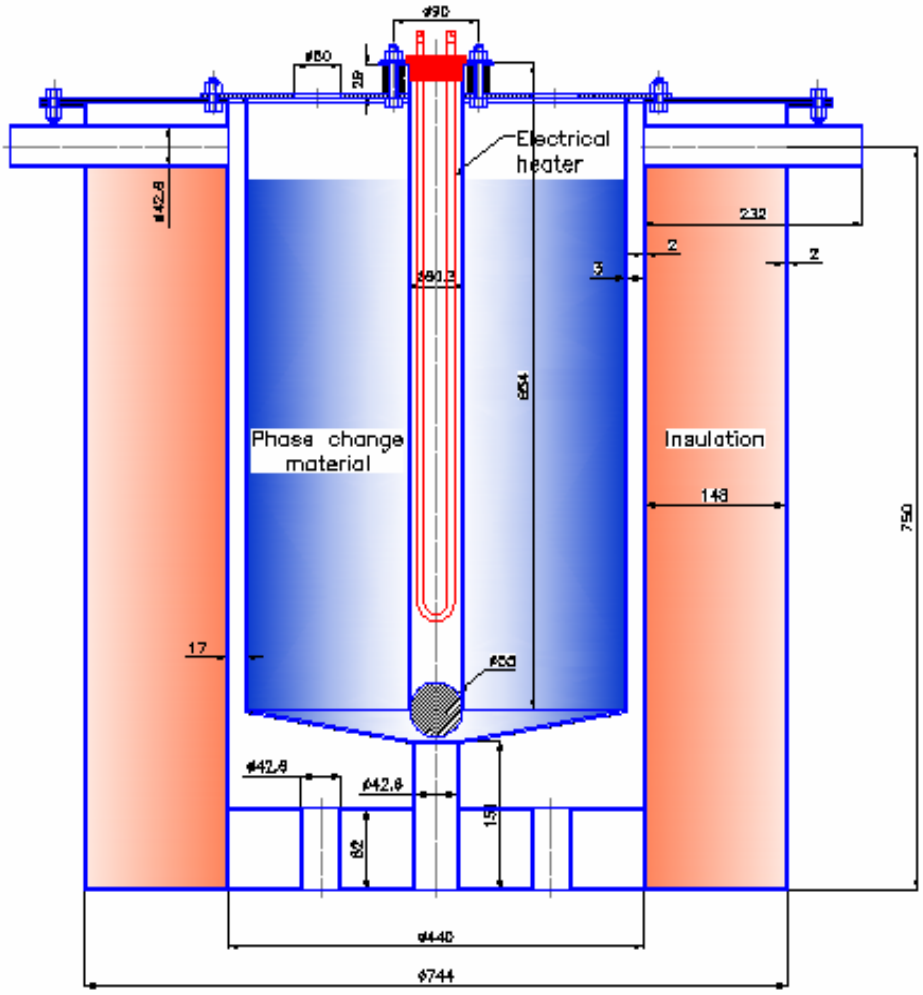
U skladu sa iznetim zahtevima najčešće su podele fazno-promenljivih materijala je na fazno-promenljive materijale organskog i neorganskog tipa. Druga podela je prema temperaturi promene faze i ona predstavlja polaznu instancu pri izboru fazno-promenljivog materijala. Kao fazno-promenljivi materijali najčešće se koriste razne parafinske frakcije, polimeri, hidratne soli, metali itd.

U okviru Projekta III 42011 razvijena je eksperimentalna instalacija za ispitivanje karakteristika fazno-promenljivih materijala i mogućnosti akumulacije toplote u akumulatorima toplote. Izvršena su merenja sa parafinom kao fazno-promenljivim materijalom, što je u nastavku ovog rada prikazano.

MATERIJAL I METOD RADA

Eksperimentalna instalacija i opis merenja

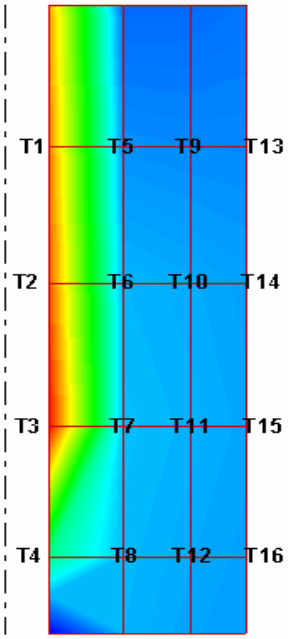
Kao što je prethodno navedeno u okviru projekta III 42011 Ministarstva nauke i prosvete konstruisana je i izvedena eksperimentalna instalacija akumulatora toplote na kojoj su izvršena određena merenja i posmatranja promene faze parafina kao fazno-promenljivog materijala. Ukupna zapremina akumulatora toplote koja je ispunjena fazno-promenljivim materijalom iznosi 77 dm^3. Po celoj zapremini akumulatora toplote raspoređeno je ukupno 16 termo-parova kojima je vršeno merenje temperature parafina, dok je posebnim termo-parovima merena temperatura vazduha na ulazu i izlazu iz akumulatora toplote. Vazduh je služio za „pražnjenje“ akumulatora toplote, tj. hlađenje parafina.



Slika. 1 Akumulator toplote

Figure 1 Thermal energy storage

Topljenje parafina vršeno je električnim grejačem napajanim trofaznom električnom energijom. Snaga električnog grejača kontrolisana je reostatom preko promene napona. Električni grejač je, kao što se vidi na Slici 1, smešten u centralnoj oblasti akumulatora toplote. Ulaz hladnog vazduha nalazi se na dnu, a izlaz zagrejanog vazduha je pri vrhu akumulatora toplote. Vazduh se zagreva strujanjem kroz međuprostor između cilindra u kome se nalazi parafin i cilindra sa čije se spoljašnje strane nalazi izolacija od mineralne vune. Raspored termo-parova kojima su merene temperature parafina prikazan je na Slici 2.

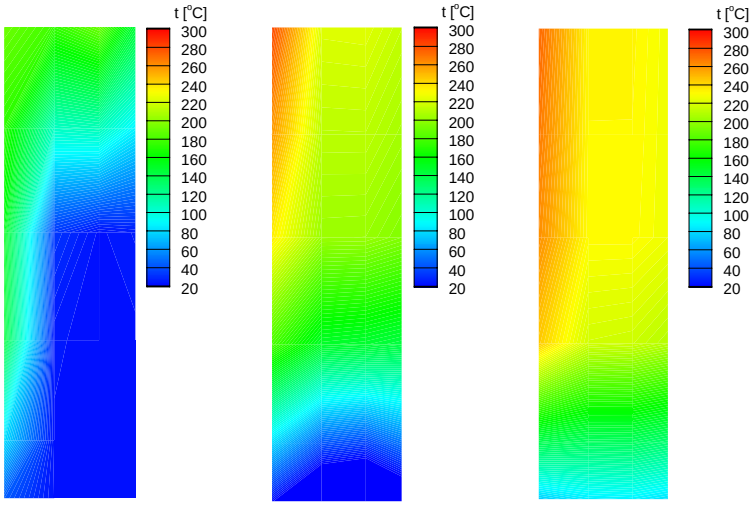


Slika. 2 Raspored termoparova u parafinu

Figure 2 Arrangement of thermocouples in paraffin

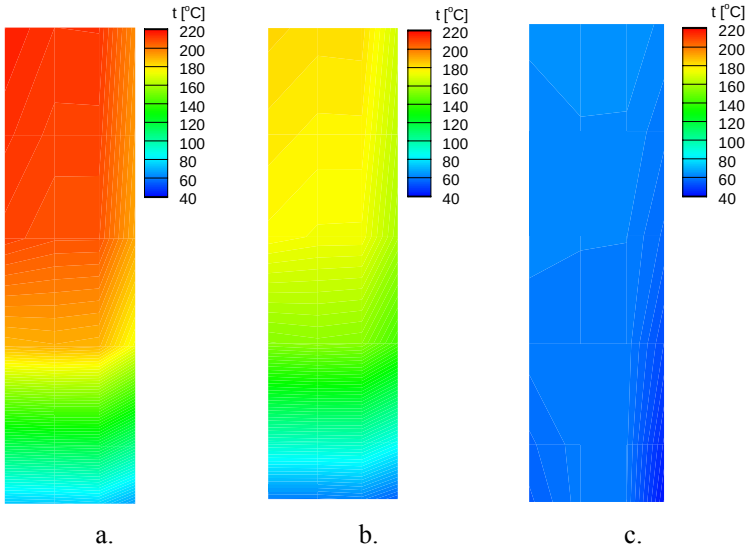
REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Na osnovu podataka dobijenih merenjem temperature izvršena je i vizuelizacija temperaturskog polja u akumulatoru toplote, odnosno u parafinu, a što je prikazano u nastavku rada. Dobijeni temperaturski profili odgovaraju i teorijskim razmatranjima i zaključcima [2]. Dakle, prvo dolazi do topljenja u uskom sloju koji je smešten neposredno uz grejač. U ovom sloju dominira prenošenje toplote kondukcijom. Dalje, kako se proces dovođenja toplote nastavlja dolazi do topljenja veće količine materijala u kome, usled razlike u gustinama, dolazi do prirodnog strujanja, pa se toplota sa grejača na istopljeni materijal prenosi prirodnom konvekcijom. Front istopljenog materijala se ubrzano prostire sa leva na desno, uz istovremeno dovođenje toplote sa vrha akumulatora, od istopljenog materijala iz gornjih zona, ka neistopljenom materijalu koji se nalazi na dnu akumulatora. Proces topljenja se završava potpunim topljenjem parafina kada dolazi do blage stratifikacije temperature parafina. Nakon završavanja procesa topljenja, tj. promene faze, izvršno je gašenje električnog grejača i uključeno hlađenje istopljenog parafina ambijentalnim vazduhom koji je pomoću ventilatora prinudno opstrujavao cilindar u kome se nalazio istopljeni parafin. Proces hlađenja parafina prikazan je na Slici 4. Slika 5 prikazuje vertikalnu stratifikaciju temperature u parafini tokom vremena. Upoređujući gornju i donju sliku na Slici 5 može se odrediti brzina kretanja fronta rastopljenog materijala. Takođe se može zapaziti da je razlika temperatura u gornjoj i donjoj oblasti parafina i do 100°C.



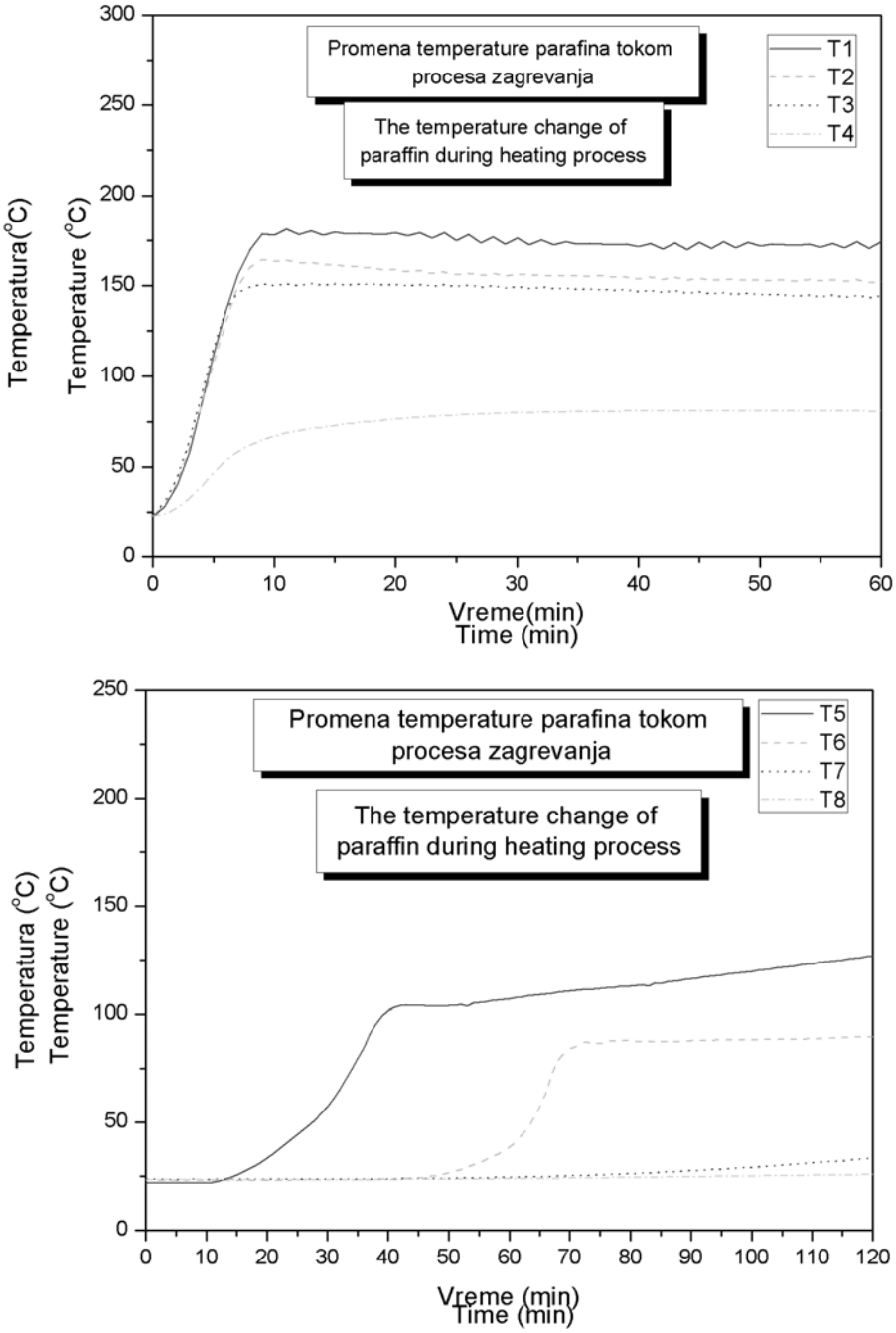
Slika 3. Temperaturski profil u akumulatoru toplote nakon:
60 min (a), 600 min (b), 1400 min grejanja (c)
(snaga grejača 2.4 kW)

Figure 3. Paraffin temperature profiles in the tank after:
60 min (a), 600 min (b), the whole heating period of 1400 min (c)
(heating power 2.4 kW)



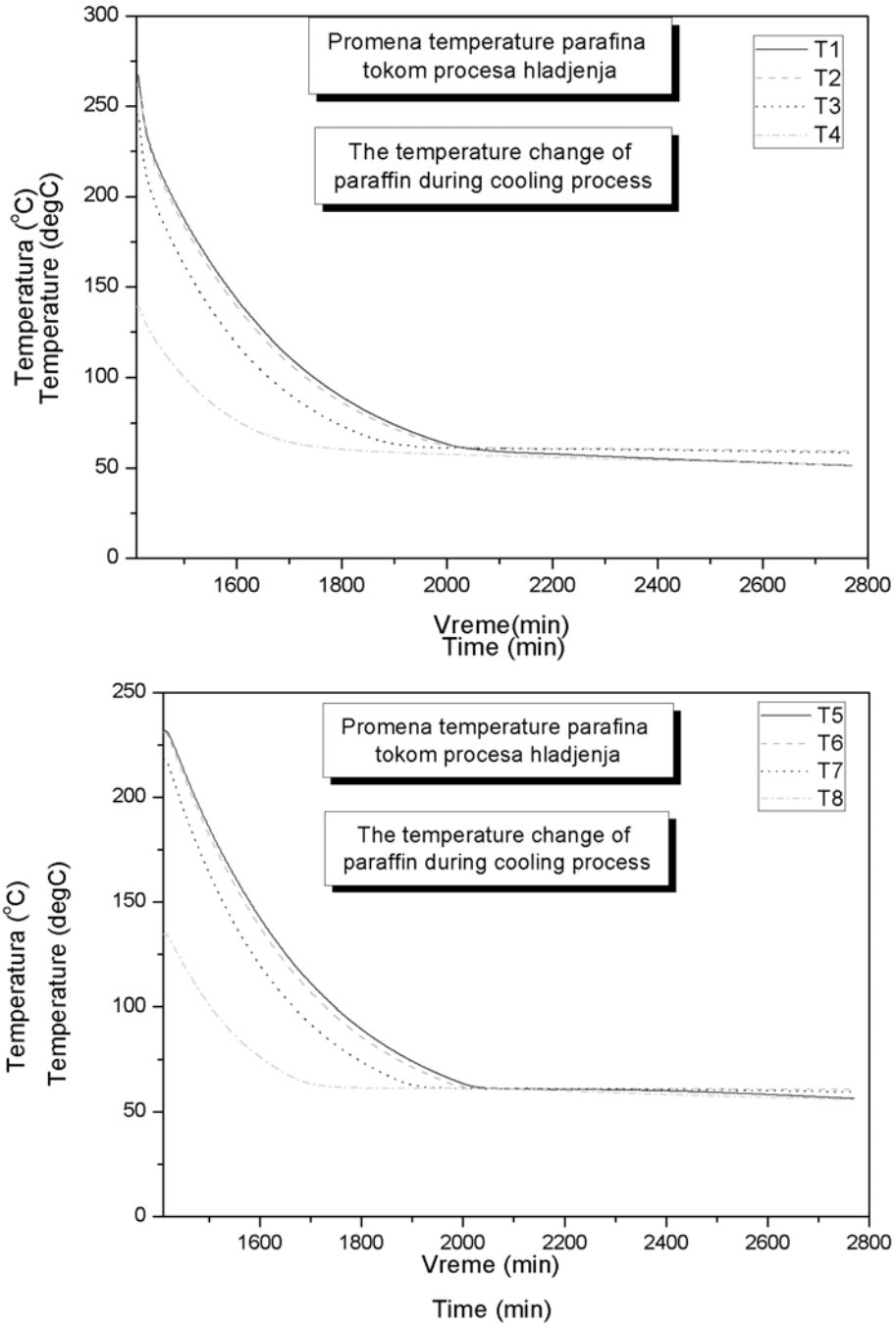
Slika 4. Temperaturski profil u akumulatoru toplote nakon:
60 min (a), 120 min (b), 600 min hlađenja (c)

Figure 4. Paraffin temperature profiles in the tank after:
60 min (a); 120 min (b); 600 min cooling (c)



Slika 5. Promena temperature parafina tokom procesa dovođenja toplote

Figure 5. The temperature change of paraffin during heating process



Slika 6. Promena temperature parafina tokom procesa odvođenja toplote

Figure 6. The temperature change of paraffin during cooling process

Iskustva dobijena tokom merenja potvrdjuju da je korišćenje parafina kao PCM-a pogodno za temperaturski opseg od 40 i 120°C [5], što idealno odgovara uslovima za zagrevanje sanitarne potrošne vode. Ako se pogleda Slika 6 može se videti da brzina hlađenja akumulatora osim fizičkih i strujnih karakteristika vazduha zavisi i od termofizičkih osobina PCM. Interesantno je zapaziti da se protemperiranje parafina u celoj zapremini postiže gotovo jednovremeno, tj. u jako malom vremenskom periodu, a što nije bio slučaj tokom procesa zagrevanja. Razlog ove nesimetričnosti procesa treba tražiti u kontinualnom hlađenju PCM–a vazduhom preko veće razmenjivačke površi.

ZAKLJUČAK

Radi ravnomernije raspodele temperature u parafinu tokom procesa zagrevanja potrebno je povećati razmenjivačku površ između grejača i parafina. Drugim rečima, nakon urađene numeričke analize procesa razmene toplote biće moguće definisati optimalni raspored razmenjivačkih površi unutar PCM-a. Kao što je bilo i očekivano, pojedine parafinske frakcije topile su se na nižim temperaturama, dok pojedine frakcije topljene su tek na temperaturama koje su bile veće i od 100°C. Dakle, primena parafina kao radnog medijuma u akumulatoru toplote pogodna je za temperaturske opsege između 40 i 120°C, dok se za više temperature preporučuju drugi fazno-promenljivi materijali.

LITERATURA

[1] Živković, G., Mirkov, N., Dakić, D., Mladenović, M., Erić, A., Erić, M., Rudonja, N. 2010. Numerical Simulation of Thermo-Fluid Properties and Optimisation of Hot Water Storage Tank in Biomass Heating System. *FME Transactions.* Vol. 38, p.p. 63-70.

[2] Bejan, A. 2004. *Convection heat transfer.* Third edition. 482-500. John Wiley & Sons, INC.

[3] Mohammed, F., Amar, K., Siddique, R., Said, A. 2004. A review on phase change energy storage: materials and applications. *Energy Conversion and Management.* Vol. 45, p.p. 1597–1615.

[4] Ministarstvo Rudarstva i Energetike Republike Srbije. 2008. *Energetski bilans Republike Srbije za 2008 godinu*. Dostupno na: http://www.ssl-link.com/mre/cms/mestoZaUploadFajlove/ENERGETSKI_BILANS_PLAN_ZA_2008.pdf [datum pristupa: 09.11.2012.]

[5] Halime, P. 2005. *Thermal Energy Storage for Sustainable Energy.* Springer *257-277.*

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON ACCUMULATION OF HEAT BY PHASE CHANGE MATERIAL IN THE THERMAL ENERGY STORAGE

Nedžad R. Rudonja[1], **Goran S. Živković**[2], **Mirko S. Komatina**[1], **Branislav S. Repić**[2]

[1] *University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Republic of Serbia*
[2]*Institute of Nuclear Sciences "Vinča", Laboratory for Thermal Engineering and Energy, Belgrade, Republic of Serbia*

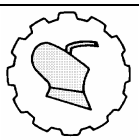
Abstract: The paper includes a general discussion of reasons for the application of heat storage and phase change material as storage medium. A part of experimental results obtained by measuring during the process of paraffin phase change was presented. It was observed that in order to obtain lower temperature stratification during the heating process it is necessary to increase the number of volume heat sources in the thermal storage.

Key words: *thermal energy storage, phase change, paraffin*

Datum prijema rukopisa: 09.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 12.11.2012.
Datum prihvatanja rada: 15.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 3, decembar 2012.
Strane: 81 - 89

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku



UDK: 662.8.052, 628.4.04

Originalni naučni rad
Original scientific paper

ТЕХНОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ БРИКЕТИРАЊА БИОМАСЕ МИСКАНТУСА

Жељко Целетовић[*1], Владан Димитријевић[2], Ставан Стојановић[2], Милош Павловић[2]

[1]Универзитет у Београду, ИНЕП – Институт за примену нуклеарне енергије, Београд-Земун, Србија
[2]Агрогас, Нови Београд, Србија

Сажетак: У раду смо приказали специфичности процеса брикетирања биомасе мискантуса и проблеме и потешкоће који се могу очекивати код прераде ове нове и потенцијално врло приходовне биоенергетске сировине. Гајењем мискантуса и брикетирањем његове сламе, коришћењем постројења малог капацитета, економичну производњу могу остварити и мања пољопривредна газдинства. Поштовањем основних технолошких параметара постројења за брикетирање могу се произвести квалитетни брикети од мискантуса.

Кључне речи*: мискантус, биомаса, брикети, биогорива*

УВОД

Светска кретања у области коришћења обновљивих извора енергије показују да се све развијене земље убрзано оријентишу на интензивно коришћење свих расположивих обновљивих извора енергије [7]. Биомаса као гориво представља лако доступан, обновљив, технички и еколошки прихватљив извор енергије. Широку примену има коришћење традиционалних биоенергетских усева, пре свега сламе житарица и дрвне масе. Последњих година широко се промовише и коришћење различитих врста једногодишњих и вишегодишњих трава, од којих се, по квалитету биомасе, посебно издваја мискантус (*Miscanthus×giganteus* Greef et Deu.) [10]. Површине под биоенергетским усевима су у непрекидном порасту и са маргиналних и земљишта ниске плодности све чешће се прелази на њихово гајење на високо-продуктивним земљиштима, пре свега због остваривања већег профита. Присутан је интерес за коришћење ових усева за поједина пољопривредна

[*] Kontakt autor. E-mail: zdzeletovic@inep.co.rs

газдинства и индивидуална домаћинства у руралном подручју. Поред економске користи, Целетовић и Михаиловић [10] процењују да ће могућност остваривања високог нивоа енергетске аутономије пољопривредних газдинстава бити један од главних мотива за будуће коришћење ових усева у Србији. Наиме, у Србији постоји велика потражња за потребним количинама енергетских брикета, како за потребе домаћинстава, тако и за индустријске потребе.

Брикетирање биомасе показује низ предности у односу на остале поступке спремања биомасе [1]: смањује се волумен, трошкови манипулације и транспорта, потребан је знатно мањи простор за складиштење, већа је отпорност материјала на биолошке процесе кварења, повећава се ефикасност у процесу сагоревања, и др. Брикети су, у односу на угаљ, погоднији за складиштење, са мање је прљавштине и пепела. Брикете обично користе потрошачи који су ближе произвођачу [4]. У процесу брикетирања слама се компримује, док се не достигне густина >500 $kg \cdot m^{-3}$. Густина дрвне масе креће се од 400 $kg \cdot m^{-3}$ до скоро 700 $kg \cdot m^{-3}$. Ово узрокује да су одлике брикета ближе огревном дрвету, тако да се поређење брикета обично и врши са дрвном масом, као алтернативним извором енергије [2]. При том, према Додић и сар. [2], једна тона брикета замењује приближно 2 m^3 огревног дрвета. Међутим, неекономичност транспорта сламе житарица на већим раздаљинама и високи трошкови производње брикета од сламе житарица не остављају простор да се покрију основни трошкови производње, а камоли оствари добит [2].

С друге стране, мискантус (*Miscanthus×giganteus* Greef et Deu.) је вишегодишњи травни усев за производњу биомасе, чија се целокупна надземна биомаса може искористити као енергетска сировина за сагоревање [11,12]. Мискантус је идентификован као један од најбољих избора за производњу биоенергије ниског инпута у Европи и у САД [3]. То је врло висока C_4 трава, која је дуговечна (15-20 година), жање се сваке године и веома је високог потенцијалног приноса [12], што и представља основни предуслов за економичну биоенергетску производњу. Слама мискантуса одликује се високом топлотном вредношћу и због специфичног квалитета подесна је и за брикетирање [5]. Циљ нашег приказа да се представе основни технолошки параметри процеса брикетирања биомасе мискантуса, као и евентуални практични проблеми и потешкоће који се могу очекивати код прераде ове нове и потенцијално врло приходовне биоенергетске сировине.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

За брикетирање је коришћена биомаса мискантуса добијена са парцела огледног поља ИНЕП-а, у Земуну. Целокупан надземни део усева је, након сазревања и сушења током јесени и зиме, пожњевен током фебруара, када се у српским агроеколошким условима добија најквалитетнија биомаса мискантуса за сагоревање [9,12].

Брикетирање је изведено на постројењу *Biomasser Duo-Set*, намењеном за брикетирање сламе стрних жита, мискантуса, барске трске и ливадског сена (Слика 1). Постројење се састоји од млина за четвртасте бале и за сламу у растреситом стању *Shredder RK* и пужне (екструдер) брикетирке *Biomasser Duo* tip *BS 207*. Према техничким параметрима произвођача, ради се о постројењу малог

капацитета, које би требало да послужи задовољавању енергетских потреба пољопривредног газдинства и за локално тржиште.

Слика 1. Постројење за брикетирање Biomasser Duo-Set

Figure 1. Briquetting plant: Biomasser Duo-Set

Инсталисана снага погонског електромотора млина *Shredder RK* је 7,5 кW. Млин је прилагођен за дозирање растреситог материјала и стандардних четвртастих бала, а састоји се од: носеће конструкције на точковима; погонског електромотора; ротора са комплетом ножева за дезинтегрисање бала; комплета ножева за уједначавање дужине уситњеног материјала; сита за добијање захтеване фракције сировине; и вентилатора. Правилно ситњење сламе је омогућено специјалним ситима у глави ротора монтираним у млину.

Коришћена машина за брикетирање припада групи механичких брикетирки са спиралом (пужем). Пужне пресе се користе за пресовање релативно влажних материјала. Укупна инсталисана снага машине за брикетирање је 12,4 кW, а састоји се од: носеће конструкције, на којој се налазе 2 погонска мотора, трансмисија и 2 комплета пужева са обликујућим рукавцима; контејнера за уситњену сламу; филтер џака; и 2 комплета вођица, носача вођица са стезним прстеновима и теговима. Погонски мотор преко трансмисије покреће спиралу (пуж) који је постављен целом својом дужином у рукавцу (матрици). Рукавац има уграђене грејаче и он је конусно-цилиндричног облика, тако да је излаз кружног попречног пресека, пречника 70 мм. На рукавац се настављају металне вођице које служе за хлађење брикета, а на којима се налазе стеге са теговима које служе за подешавање оптерећења на излазу из рукавца (Слика 1). Продуктивност коришћене брикетирке креће се од 80-140 $kg \cdot h^{-1}$ брикета, зависно од уситњености, влажности и типа материјала, уз просечну потрошњу енергије од 8,6 $кW \cdot h^{-1}$.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Брикети се формирају пресовањем уситњених честица лигно-целулозног материјала са или без везивног средства, под високим притиском, повишеној температури и оптималним садржајем влаге у материјалу. Компактност и збијеност уситњених честица у брикету без везивног средства обезбеђује се термопластичним слепљивањем честица биљног материјала. Осим одговарајуће гранулације (уситњености) полазног материјала (3 до 5 mm), при пресовању биомасе значајну улогу има и садржај влаге у материјалу.

Оптимални технолошки поступак за формирање квалитетних енергетских брикета условљен је врстом материјала, квалитетом уситњености и садржајем влаге у материјалу. Овај поступак може бити веома сложен и скуп ако се употребљава лепило као везивно средство за спајање уситњених честица. Производња брикета без учешћа везивних средстава (лепила) битно доприноси појефтињењу процеса производње и побољшању његове еколошке вредности [1]. Поступак брикетирања уситњеног лигно-целулозног материјала без везивног средства заснива се на високом притиску у алату пресе, који биомасу претвара у брикете компактне форме велике запреминске масе. Према Бркић и Јанић [1], да би се биомаса могла претворити у трајну чврсту форму потребно је да садржај влаге буде 10 до 18% (максимално до 20%), а гранулација (уситњеност) материјала максимално до 5 мм. На трошкове производње брикета значајно утичу и скупи резервни делови пресе и неправилно одржавање постројења за брикетирање [1]. Врло брзо се троши алат и остали делови пресе, па је неопходно редовно обављати правилно центрирање и подмазивање покретних елемената пресе. Да би трошкови брикетирања лигно-целулозног материјала били што нижи, треба водити рачуна о томе да трошкови сакупљања, манипулације и складиштења сировина морају бити релативно ниски.

При ситњењу малих четвртастих бала сламе стрних жита са ситом пречника отвора 15 mm, добијена је уситњена фракција максималне дужине 5 cm, а у узорку се могло приметити да је највише било фракције дужине од 2 до 2,5 cm (око 40% у узорку). Уградњом сита на млину са пречником отвора од 18 mm опсег уситњене сламе стрних жита се помера до 7 cm, а у узорку има највише фракције дужине око 3 cm. Балирана слама стрних жита својом масом притиска ротор млина и тиме много брже улази у простор између ножева и сита, па се брже добија уситњен материјал. Максимална продуктивност (600 $kg \cdot h^{-1}$) се једино у том случају достиже. За сламу у растреситом стању продуктивност је значајно мања.

Основне одлике сламе мискантуса, попут топлотне вредности, процентуалног садржаја угљеника (C), кисеоника (O) и водоника (H) су релативно постојане (Табела 1). Садржај других елемената и пепела у слами, пак, зависи од одлика земљишта на којем се гаји и технологије гајења мискантуса [12]. Код ситњења сламе мискантуса добијени су следећи резултати. Са ситом пречника отвора 15 mm добијено је највише уситњеног материјала дужине до 8 cm, док су у узорку најзаступљеније биле фракције дужине од 2,5 до 3,5 cm (47,4%). После млевења са ситом пречника отвора 18 mm, у узорку су се појављивале знатне количине фракције дужине и преко 10 cm. Та величина уситњеног материјала може изазивати касније потешкоће у процесу самог брикетирања. Комплетно стабло мискантуса због изузетне чврстоће се теже ситни без претходне припреме. Наиме,

Moriceanu *et al*. [6] су добили да сила кидања стабала мискантуса износи од 104-233 N за интернодије које се налазе у доњем делу (подножју) стабала, односно од 55-149 N за интернодије које се налазе у горњем делу (врху) биљних стабала. Одговарајуће биљне деформације до тачке репture (прекида) биле су између 0,9-1,0 mm за доње интернодије биљке и између 1,0-1,2 mm за горње интернодије биљке. При том, модул еластичности стабала мискантуса износи између 69,3-218,8 MPa за доње интернодије, односно између 25,1-122,3 MPa за горње интернодије [6].

Табела 1. Основне одлике сламе мискантуса као горива [12]

Table 1.The main characteristics of Miscanthus straw as fuel [12]

	Опсег концентрација *The range of concentrations*	Просечно *Average*
Садржај пепела *Ash content*	1.6 – 4.0 %	2.7 %
Елементни састав *Elemental composition*		
C	47.1 – 49.7 %	48.3 %
O	41.4 – 42.9 %	42.2 %
H	5.4 – 5.9 %	5.6 %
N	0.1 – 0.6 %	0.3 %
P	≤ 0.1 %	< 0.1 %
K	0.2 – 1.3 %	0.8 %
Ca	< 0.1 – 0.2 %	0.1 %
S	< 0.1 – 0.2 %	< 0.1 %
Cl	< 0.1 – 0.5 %	< 0.2 %
Топлотна вредност *The heating value* ($MJ \cdot kg^{-1}$)	17.0 – 19.2	18.3

Из наведеног следи да највећи проблем у току ситњења представљају сами нодуси који стаблу и дају одређену чврстоћу, и то посебно нодуси у првих 1-1,5 m висине стабла. Ломљењем тих нодуса стабло лако добија уздужне пукотине и тиме прелази у много лакши материјал за ситњење. Сигурно је да би резултате у квалитетнијем ситњењу дало претходно гњечење масе мискантуса. Уситњена маса која прође кроз сито млина се пнеуматским путем, помоћу вентилатора уграђеног у млину пребацује у контејнер брикетирке. На контејнеру коришћене брикетирке се налази филтер џак, који има функцију да задржава најситније честице и прашину, а сав остали уситњен материјал пада на дно где се константно меша.

Оптимална дужина уситњеног материјала за добијање квалитетног брикета је од 2 до 5 cm, мада се процес брикетирања не мења значајно ако је део уситњене масе нешто дужи, и до 8 cm. Превише крупан материјал (фракција преко 8 cm) би, пре свега, правио загушења при преласку из контејнера брикетирке у простор између пужа и рукавца, а након тога би правио велики отпор и при кретању кроз сам рукавац. Продуктивност брикетирања, у том случају, значајно опада. Ситнији материјал од 2 cm доводи до тога да се материјал нормално слепљује, али се брикети на излазу из вођица врло лако распадају, јер су везе између брикетираног материјала сувише кратке и не

успевају да спрече ломљење брикета. Продуктивност би се у случају ситнијег материјала повећала, али рад са таквим материјалом би се одразио на квалитет брикета.

Влажност материјала је један од најбитнијих фактора при брикетирању сламе. Приказана технологија се састоји у слепљивању уситњене сламе природним лепком који се налази у слами - лигнином. При описаном процесу брикетирања не додају се адитиви ни лепкови. Рукавци имају уграђене грејаче који имају функцију да подстакну лигнин у материјалу да се загрејан понаша као лепак. Како грејачи на рукавцу постижу минималну температуру од 150°C, а максималну 300°C, код превише влажног материјала то доводи до веома великог испаравања влаге на излазу из рукавца и на централном отвору брикета, а током процеса сабијања брикет који се формира се врло брзо лепи и стврдњава у површинском слоју и тако повећава отпор у рукавцу и на пужу - мотору. Постројење има уграђен сигурносни систем који зауставља моторе услед преоптерећења и све док се не отклони загушени материјал из рукавца неће се наставити даљи рад. Уколико је материјал који се брикетира мање влажности од 15% продуктивност ће се повећати, али се брикет неће довољно добро формирати, тј. слепљивати. Оптимална влажност правилно уситњеног материјала обезбеђује добар квалитет брикета, а то се постиже подешавањем само два радна параметра брикетирке: температуре на рукавцу и оптерећења на вођицама, односно, на излазу из рукавца.

Рад на брикетирки у циљу добијања највеће продуктивности и квалитетних брикета за радника без искуства може да представља значајан проблем. У почетку, проблеме могу узроковати честа преоптерећења услед превише влажног материјала, повећане температуре на рукавцу или услед преоптерећења вођица на излазу из рукавца. Преоптерећење се манифестује променом звука електромотора, а може се визуелно пратити преко амперметра уграђеног на контролној табли. Нормалан режим рада погонског електромотора је око 5A. У случају преоптерећења мотора казаљка показује више вредности, а већ на 10A укључује се заштита и сигурносни аларм и брикетирка се гаси. Уколико се се примете високе вредности на амперметру најбоље је прво растеретити излаз из рукавца, то јест, смањити оптерећење на вођицама (спустити тегове на стегама).

Брикетирање пшеничне сламе до 20% влажности захтева радну температуру рукавца 200-250°C, прво оптерећење подигнуто до максимума, а остала три оптерећења врло мало у циљу одржавања правог облика и уједначене брзине кретања брикета. Услед малих варијација влажности између бала пшеничне сламе долази до мањих промена оптерећења на погонском мотору. Код брикетирања мискантуса рад погонског мотора је уједначенији и мирнији, без појаве наглих и великих оптерећења, услед уједначеније влажности материјала. Међутим, оптимална температура на рукавцу за брикетирање мискантуса влажности око 16% је већа него код пшеничне сламе и налази се у опсегу 250 - 300°C. Исто тако и оптерећење на вођицама мора бити постављено тако да је прво оптерећење на максимуму, друго на пола стеге, а друга два оптерећења врло мало изнад минимума.

Слика 2. Брикети од сламе: 1) мискантуса, 2) јечма и 3) ливадског сена

Figure 2. Briquettes from straw: 1) Miscanthus, 2) barley and 3) meadow hay

Облик добијених брикета је ваљкаст и они се обично пакују у термоскупљајућу фолију, картонске кутије, папирне или пластичне вреће. Брикет од мискантуса добијен према описаној технологији брикетирања је кружног попречног пресека пречника 7 цм са централним кружним отвором од 2 cm (Слика 2.) Централни отвор формира врх пужа у облику вијка, а има функцију одушка за водену пару која се издваја из материјала током брикетирања. Отвор омогућава брже и потпуније сагоревање брикета. Условно речено брикет је неодређене дужине. Најчешће се описаним постројењем добијају брикети просечне дужине око 8 cm. Дужина брикета углавном зависи од квалитета везаности (слепљености) брикета и густине, што се подешава радним параметрима брикетирке. Боље слепљени брикет (са густином 800-850 $kg \cdot m^{-3}$) се у просеку распадао на комаде дужине 10-20 cm, док се лошије слепљени брикет на изласку из вођица распадао и на сегменте дужине 5 cm. У случајевима краткотрајних преоптерећења када се брикетирани материјал дуже задржао у зони загрејаног рукавца, могао је да се формира брикет дужине и више од 50 cm са густином преко 1050 $kg \cdot m^{-3}$. Формирање таквих брикета, наравно, није препоручљиво из разлога што се брже троше радни елементи пуж и рукавац, смањује се радни век електромотора, повећава потрошња енергије, а продуктивност је знатно испод назначене.

Проучавајући енергетске биљке: *Salix viminalis, Miscanthus × giganteus, Rosa multiflora, Sida hermaphrodita, Helianthus tuberosus* и *Spartina pectinata*, Urbanovičová et al. [8] су установили да су брикети од мискантуса показали веома добре механичке карактеристике. Оптимално формиран брикет од мискантуса има нешто већу насипну масу око 550 $kg \cdot m^{-3}$ од насипне масе брикета од пшеничне сламе (око 450 $kg \cdot m^{-3}$), а влажност брикета је око 10%. Добијени енергетски брикети могу да се користе у свим врстама ложишта за чврсто гриво, уз пажљиво дозирање. По енергетској вредности брикети су слични нашим домаћим мрким угљевима [1]. Осим тога коришћење брикета уместо угља има значајну еколошку предност, јер је садржај сумпора у траговима (мање се загађује околина са продуктима сагоревања), а пепео од брикета може да се користи као добро минерално ђубриво [1].

ЗАКЉУЧАК

Биомаса мискантуса представља сировину подесну за брикетирање. Коришћењем постројења мањег капацитета, попут *Biomasser Duo-Set*, економичну производњу могу остварити и мања пољопривредна газдинства. Поштовањем основних технолошких параметара рада постројења за брикетирање могу се произвести квалитетни брикети од сламе мискантуса.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Бркић, М., Јанић, Т. 2003. Анализа поступака брикетирања биомасе. *Савремена пољопривредна техника*, 29 (4): 217-222.

[2] Dodić, S.N., Zekić, V.N., Rodić, V.O., Tica, N.Lj., Dodić, J.M., Popov, S.D. 2012. The economic effects of energetic exploitation of straw in Vojvodina. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (1): 397-403.

[3] Khanna, M., Dhungana, B., Clifton-Brown, J. 2008. Costs of producing miscanthus and switchgrass for bioenergy in Illinois. *Biomass and Bioenergy*, 32 (6): 482–493.

[4] Мартинов, М., Тешић, М., Веселинов, Б., Ђатков, Ђ., Бојић, С. 2010. Примена чврсте биомасе као горива у Немачкој – стање и перспективе. *Савремена пољопривредна техника*, 36 (2): 157-166.

[5] Michel, R., Mischler, M., Azambre, B., Finqueneisel, G., Machnikowski, J., Rutkowski, P., Zimny, T., Weber, J.V. 2006. *Miscanthus×Giganteus* straw and pellets as sustainable fuels and raw material for activated carbon. *Environmental Chemistry Letters*, 4 (4): 185-189.

[6] Moiceanu, G., Voicu, G., Paraschiv, G., Poenaru, I.C., Biris, S.St. 2012. Mechanical characteristics of miscanthus stalks obtained by compression tests. In: *Actual Tasks on Agricultural Engineering* (Ed. S. Košutić), Proceedings of the 40. International Symposium on Agricultural Engineering, 21.-24. February 2012., Opatija, Croatia, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 507-516.

[7] Ољача, М.В., Ољача, С.И., Недић, М.М., Глигоревић, К.Б., Чанак Недић, А.А., Доленшек, М.М. 2011. Рационализација савремених решења коришћења биомасе у домаћинствима. *Електропривреда*, 64 (3): 279-286.

[8] Urbanovičová, O., Piszczalka, J., Lisowsk, A., Findura, P. 2010. Mechanical characteristics of briquettes made of biomass. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 36 (4): 397-400.

[9] Џелетовић, Ж., Михаиловић, Н., Гламочлија, Ђ., Дражић, Г., Ђорђевић, С., Миловановић, М. (2009): Жетва и складиштење *Miscanthus×giganteus* Greef et Deu. *Пољопривредна техника*, 34 (3): 9-16.

[10] Dželetović, Ž.S., Mihailović, N.Lj. 2011. Status, development and prospects of using bioenergy crops in the world and in Serbia. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 15 (2): 90-93.

[11] Џелетовић, Ж., Гламочлија, Ђ. 2011. Привредни значај гајења мискантуса. *Пољопривредна техника*, 36 (2): 61-68.

[12] Џелетовић, Ж. 2012. *Мискантус* (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deu.) - *производне одлике и принос биомасе*, 104 стр., Београд, Задужбина Андрејевић.

TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF BRIQUETTING OF MISCANTHUS BIOMASS

Željko Dželetović[1], Vladan Dimitrijević[2], Stevan Stojanović[2], Miloš Pavlović[2]

[1]University of Belgrade, INEP – Institute for the Application of Nuclear Energy, Belgrade-Zemun, Republic of Serbia
[2]Agrogas, Belgrade, Republic of Serbia

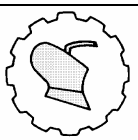
Abstract: In this paper, the specific characteristics of Miscanthus straw briquetting process are presented, as well as the problems and difficulties that may be expected in the processing of this new and potentially profitable bioenergy crop. By Miscanthus cultivation and the straw briquetting in small capacity plants, even small farms may achieve a cost-effective production. By obeying the main technologic requirements of briquetting plant, good quality Miscanthus briquettes may be produced.

Key words*: Miscanthus, biomass, briquettes, biofuel*

Datum prijema rukopisa: *Paper submitted:*	15.10.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: *Paper revised:*	29.10.2012.
Datum prihvatanja rada: *Paper accepted:*	02.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 3, decembar 2012.
Strane: 91 - 105

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku



UDK: 621.86/.87.

Originalni naučni rad
Original scientific paper

FORMIRANJE BAZNOG MODELA TRANSPORTA POLJOPRIVREDNIH PROIZVODA

Zoran Mileusnić[*1], Rajko Miodragović[1], Đorđe Mišković[2], Aleksandra Dimitrijević[1]

[1]Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Beograd-Zemun
[2]Plattner d.o.o. Bačka Palanka

Sadržaj: U radu su objašnjeni principi organizacije transportnog procesa i transportnog ciklusa i dati su svi potrebni inputi za formiranje baznog modela transporta poljoprivrednih proizvoda. Predmet ovog rada je razvoj baznog modela transporta i proračun potrebnih resursa. Izrada plana je bitna i bitan je plan kao dokument po kome se postupa, ali plan je samo jedan dokument u datom preseku vremena. Upravo razvoj ovakvog modela treba da omogući lakše planiranje i izradu osnovnog plana i sve njegove naknadne korekcije. Praktičan cilj rada su osnovni parametri modela neophodni u procesu planiranja optimizacije transportnih sistema.

Ključne reči*: transport, bazni model, parametri i komponente modela, transportni ciklus*

UVOD

Transport i manipulacija teretom predstavljaju veoma važan deo procesa u poljoprivrednoj proizvodnji, a može se reći da se to posebno odnosi na fazu ubiranja roda. Vremenski period za koji to mora biti urađeno je promenljiva kategorija te to ima za posledicu pojavu dva uticajna faktora. Prvi je, koliko vremena proizvod u zahtevanoj fazi zrelosti može da opstane sa nepromenjenim kvalitetom. Drugi faktor je koliko je proizvod osetljiv na delovanje atmosferskih parametara. Svakako je dominantan uticaj onog faktora koji ima kraći vremenski period. Pred proces transporta se postavljaju dva oprečna zahteva. Traži se da transport bude obavljen u što kraćem roku, a da

[*] Kontakt autor. E-mail: zoranm@agrif.bg.ac.rs

Rezultati istraživanja su proizašli iz projekta TR 310 51 „Unapređenje biotehnoloških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda“, koga finansira Ministarstvo prosvete, neuke i tehnološkog razvoja RS.

istovremeno troškovi transporta budu minimalni kako bi manje uticali na cenu. Jasno je da i jedan i drugi zahtev ne mogu biti zadovoljeni u potpunosti. Stoga se pribegava kompromisnom rešenju da se potrebno vreme ne prekorači, a da se u tom vremenu troškovi minimiziraju. Ovaj uslov se postiže: proračunom svih potrebnih elemenata, pravovremenim planiranjem, pripremom transporta, organizacijom transporta, realizacijom transporta prema planu, stalnim praćenjem realizacije, korektivnim akcijama u odnosu na odstupanje od plana i kontrolom u svim fazama. Prema tome, transport je proces kojim se mora upravljati.

Predmet ovog rada je razvoj baznog modela transporta i proračun potrebnih resursa prema zadatom modelu transporta. Bazni model omogućava da se brzo izdvoje konkretni sažeti modeli po kojima bi bili izvedeni navedeni proračuni. Na taj način se dobijaju neophodni elementi za planiranje transporta.

Osnovni cilj rada je razvoj baznog modela transporta poljoprivrednih proizvoda od ubiranja do konačnog uskladištenja i proračun potrebnih resursa. Praktičan cilj su osnovni elementi neophodni u procesu planiranja optimizacije transportnih sistema.

MATERIJAL I METOD RADA

Organizacija izvršenja transporta obavlja kroz više radnji, kao što su: priprema za transport, utovar tereta na utovarno-pretovarnom mestu, transport od mesta utovara do mesta istovara, istovar i skladištenje i izvršenje kretanja iz reona istovara do mesta razmeštaja [7].

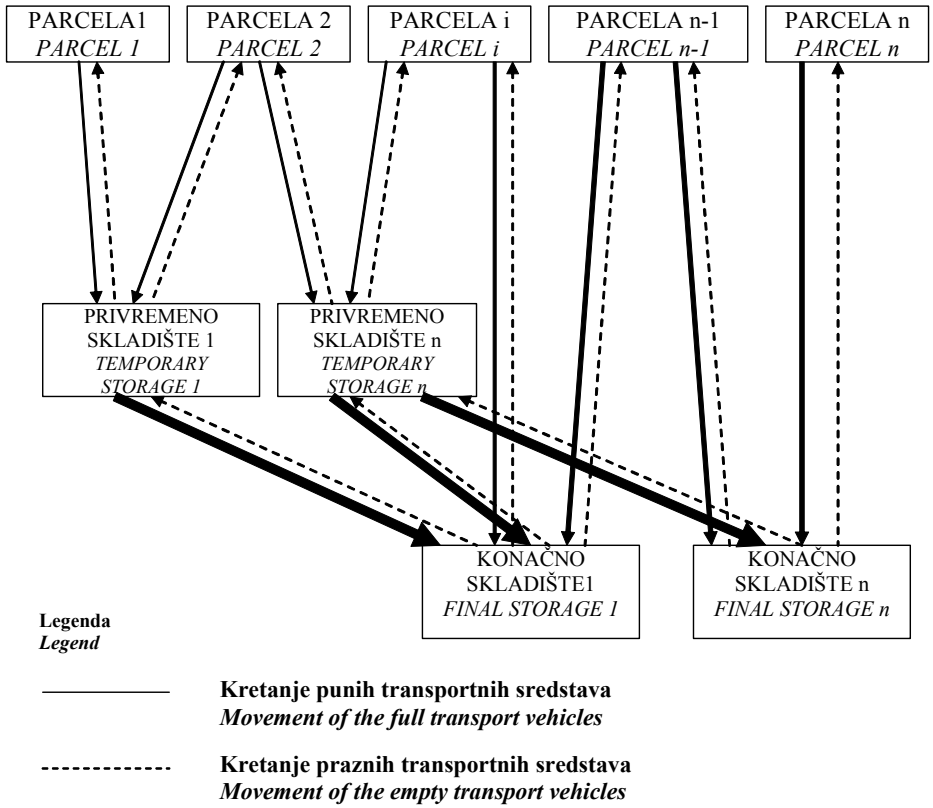
Postupak izrade konkretnog modela je iterativni postupak i neodvojiv je od procesa proračuna. Prvo se postavi model, izvrši proračun, pa se zatim koriguje model i ponovo vrši proračun. Radi ilustracije ovog postupka, ovde je u skraćenom obliku prikazan bazni model transporta pri žetvi pšenice i on se naziva „neformalni opis modela“ [11]. Varijable i parametri nisu posebno prezentovani. Model se sastoji od komponenti koje su nazvane: parcela, privremeno skladište i konačno skladište (Slika 1).

Transportno-manipulativne jedinice se pojavljuju kao integracioni elementi u transportu i prosta primena paleta ili kontejnera, bez sistematizacija jedinica u transportu komadnih sredstava, ne omogućava njegovo puno iskorišćenje. Uvedene i prihvaćene transportno-manipulativne jedinice su mere koje omogućuju optimizaciju transporta i koordinaciju zahteva za racionalnim transportom [5].

Karakteristike poljoprivrednih proizvoda mogu se sagledavati i klasifikovati sa različitih stanovišta i po različitim principima deobe, a sve u zavisnosti od cilja zbog koga se te karakteristike uopšte sagledavaju [6]. U ovom radu su interesantne samo one karakteristike koje imaju uticaj na transport i manipulaciju poljoprivrednim proizvodima: direktne (mehanička svojstva) i indirektne (zahtevano vreme potrebno za tarnsport). Sa stanovišta transporta interesantne su i sledeće karakteristike: namena poljoprivrednog proizvoda, mehanička svojstva poljoprivrednog proizvoda, potreba za klasiranjem, interval strpljivosti [8], osetljivost na uticaj atmosferskih parametara, posebne karakteristike transportovanog materijala**.**

Transport poljoprivrednih proizvoda je deo šireg logističkog lanca. Logistički lanci su u ovom radu prikazani samo u meri koja je neophodna za razvoj modela transporta. "Logistika predstavlja umeće rukovođenja i upravljanja tokom materijala i proizvoda od izvora do krajnjeg potrošača" [4], [7] i [9]. Procesnom dekompozicijom logistički lanac

transporta se može razložiti na šest osnovnih procesa [1]: transport, poručivanje, pakovanje, skladištenje, pretovar i držanje zaliha.



Slika 1. Bazni model transporta pri žetvi pšenice

Figure 1. Base model for the wheat transportatinon during harvesting

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Da bi se transport mogao što bolje organizovati neophodno je: izvršiti izbor najpovoljnijeg tipa vozila prema poslu i vrsti materijala, odrediti potreban broj vozila, uskladiti mogućnost rada na utovarno-istovarnim mestima prema broju planiranih vozila i odrediti brojno stanje potrebne radne snage za izvršenje posla [2] , [3] i [10].

Jedan od osnovnih pokazatelja izbora tipa vozila je koeficijent iskorišćenja nosivosti vozila. Statički koeficijent iskorišćenja nosivosti, kada transport obavlja jedno vozilo, jeste odnos stvarno prevezene mase tereta u jednoj ili više vožnji i mase koju bi moglo vozilo prevesti da je maksimalno opterećeno:

$$\gamma_v = \frac{Q}{q} \tag{1}$$

gde je:
q [t] - fabrička ili deklarisana nosivost vozila,
Q [t] - masa tereta prevezena vozilom za više vožnji.

Ako se radi o grupi ili voznom parku istih vozila, onda je statički koeficijent iskorišćenja nosivosti:

$$\gamma_v = \frac{Q}{Aq} \tag{2}$$

gde je:
A [vozila] - broj angažovanih vozila u transportu.

Koeficijent dinamičkog iskorišćenja nosivosti vozila (ε) služi za analizu iskorišćenja vozila sa gledišta ostvarenog transportnog rada u nekom zadatku.

$$\varepsilon = \frac{U}{qAk} \tag{3}$$

gde je:
U [tkm] - ostvareni transportni rad,
q [t] - deklarisana nosivost vozila,
Ak [km] - ukupno pređeni put sa teretom.

Radna proizvodnost predstavlja prosečan učinak jednog vozila za jedan čas proveden na radu, izraženo u [t·km] ili [$t \cdot h^{-1}$] i dobija se kao odnos planiranog ili ostvarenog transportnog rada i ukupnog vremena:

$$W_u = \frac{U}{AT_r} = \frac{AQ_vL_t}{AT_r} = \frac{QL}{AT_r} \tag{4}$$

$$W_Q = \frac{Q}{AT_r} \tag{5}$$

gde je:
W_u [$tkm \cdot h_r^{-1}$] - radna proizvodnost vozila prema transportnom radu,
W_Q [$t \cdot h_r^{-1}$] - radna proizvodnost vozila prema količini tereta,
Q_v [t] - masa tereta prevezena vozilom u jednoj vožnji,
Tr [h] - ukupno radno vreme.

Za proračun potrebnog broja vozila mora se znati ukupna količina tereta i vrsta tereta, jer od toga zavisi koliko se tereta može smestiti na jedno vozilo i potrebno vreme za koje treba biti obavljen transport (za broj obrta). Potreban broj vozila (A) se računa iz odnosa:

$$A = \frac{Q}{Q_vZ} = \frac{Q}{q\gamma_vZ}[vozila] \tag{6}$$

gde je:
Z [tura] - broj obrta (tura).

U slučajevima kada se obavljaju veliki i složeni transportni poslovi, kao što su žetva pšenice, kukuruza i drugih kultura, kada poslovi vremenski traju duže, a intenzitet eksploatacije je veliki, potreban broj transportnih sredstava se povećava za 10-15%. Razlog povećanja su otkazi koji mogu da se dogode na transportnim sredstvima.

Prostori za utovar i istovar obrazuju front utovara i istovara čije razmere zavise od načina postavljanja vozila i njihovih dimenzija. Ako na utovarno-istovarnom mestu u toku jednog dana treba pretovariti određenu količinu tereta (Q), onda se broj radnih mesta (N) određuje prema propusnoj moći jednog mesta (Q_{cm}) i ukupnog vremena rada utovarno-istovarne stanice (T):

$$N = \frac{Q}{Q_{cm}T} \tag{7}$$

Propusna moć jednog radnog mesta se izražava količinom tereta koji se može utovariti ili istovariti za 1 čas rada na radnom mestu, prema:

$$Q_{cm} = \frac{1}{t_1}[th^{-1}] \tag{8}$$

gde je:

t_1 [h·t^{-1}] - vreme potrebno za utovar ili istovar jedne tone,

pa je onda potreban broj radnih mesta:

$$N = \frac{Qt_1}{T} \tag{9}$$

Propusna moć utovarno-istovarne stanice (Q_c) zavisi od broja radnih mesta i njihove propusne moći:

$$Q_c = NQ_{cm} = \frac{N}{t_1} \tag{10}$$

Ako je poznat broj vozila i vrsta tereta, koje u toku zadatog vremena treba opslužiti u stanici za utovar ili istovar, onda se potreban broj radnih mesta izračunava preko propusne moći jednog radnog mesta, ali izraženo brojem vozila:

$$N = \frac{A}{A_{cm}T} = \frac{Aq\gamma_v t_1}{T} \tag{11}$$

Propusna moć dobija se preko propusnih moći pojedinih radnih mesta, koje zavise od potrebnog vremena za utovar jednog vozila. Propusna moć jednog radnog mesta u ovom slučaju se računa prema:

$$A_{cm} = \frac{1}{t_{u(i)}} = \frac{1}{Q_v t_1}[vozh^{-1}] \tag{12}$$

Propusna moć utovarno-istovarnog mesta (A_c) je tako:

$$A_c = NA_{cm} = \frac{N}{t_u} = \frac{N}{Q_v t_1}[vozh^{-1}] \tag{13}$$

Ako je pak poznat broj radnih mesta, onda se određuje broj vozila koja se mogu opsluživati na tom mestu prema:

$$A = \frac{NT}{q\gamma_v t_1} = \frac{NT}{Q_v t_1}[vozila] \tag{14}$$

Organizacija radnih mesta mora biti sprovedena tako da nema zastoja u radu i da vozila ne čekaju na utovar ili istovar. Pod ritmom rada stanice (R) podrazumeva se vreme između otpravljanja utovarenih ili istovarenih vozila iz stanice ($t_{u(i)}$). Ako u utovarno-istovarnoj stanici ima više radnih mesta, smanjuje se vreme između gotovosti vozila za pokret srazmerno broju mesta, pa je tada:

$$R = t_{u(i)} = Q_v t_1 \tag{15}$$

Na utovarno-istovarnoj stanici sa više radnih mesta, skraćuje se vreme između gotovosti vozila za pokret srazmerno broju mesta, pa je tada:

$$R = \frac{Q_v t_1}{N} \tag{16}$$

Interval stizanja (I_v) je vreme između dolaska dva uzastopna vozila na pretovarno mesto. On je jednak vremenu obrta vozila na liniji ako radi jedno vozilo:

$$I_v = t_0 \tag{17}$$

odnosno, ako ima više vozila (A_1), onda se interval stizanja skraćuje:

$$I_v = \frac{t_0}{A_1}[h] \tag{18}$$

Optimalna organizacija se postiže u slučaju da su ritam rada stanice i interval stizanja vozila isti, iz uslova:

$$R = I_v \tag{19}$$

Odavde se zamenom dobija potreban broj radnih mesta na utovaru ili istovaru:

$$N = \frac{A_1 t_{u(i)}}{t_o} \tag{20}$$

ili potreban broj vozila koji se može opslužiti na N radnih mesta:

$$A_1 = \frac{N t_o}{t_{u(i)}}[vozila] \tag{21}$$

Kada je potreban broj vozila za izvršenje zadatka veći od broja vozila (A_1) koji može da se opsluži na utovarno-istovarnoj stanici, tada je broj radnih mesta ograničenje. U tom slučaju mora se povećati broj radnih mesta, smanjiti vreme utovara, ili produžiti vreme izvršenja zadatka. Potreban broj transportnih sredstava (A) za pretovar zavisi od ukupne

količine tereta koji treba pretovariti (Q), broja obrta (Z) koji vozila mogu izvršiti u raspoloživom vremenu i od količine tereta koja se može smestiti na jedno vozilo (Q_v):

$$A = \frac{Q}{Q_v Z} = \frac{Q}{q\gamma_v Z} \tag{22}$$

Broj radnika (Z_v) zavisi od količine tereta koji treba da se pretovari (Q), od toga koliko jedan radnik može da pretovari za jedan čas rada (od njegove proizvodnosti W_z) i od vremena za koje pretovar treba da se obavi (T_s):

$$Z_v = \frac{Q}{W_z T_s}\left[radnika\right] \tag{23}$$

Proizvodnost radnika, kada nije normirana, može se izračunati, a zavisi od broja prenošenja (radnih ciklusa n) koje radnik obavi za jedan čas i mase tereta u jednom ciklusu (q_k):

$$W = nq_k[th^{-1}] \tag{24}$$

Broj ciklusa u jednom času zavisi od trajanja jednog radnog ciklusa (T_c), a izražava se u sekundama:

$$n = \frac{3600}{T_c} \tag{25}$$

Ako je masa tereta data u kilogramima, onda se pretvara u tone, pa je proizvodnost:

$$W_z = \frac{3600q_k}{T_c 1000} = \frac{3{,}6q_k}{T_c}\left[th^{-1}\right] \tag{26}$$

Do vremena trajanja ciklusa može se doći snimanjem vremena ili proračunavanjem na osnovu raspoloživih podataka. Vreme trajanja jednog ciklusa, se načelno, sastoji od vremena prihvatanja tereta, (t_p), i vremena prenosa i povratka po novi teret i vremena odlaganja tereta, (t_s):

$$T_c = t_p + \frac{2L}{v} + t_s\left[s\right] \tag{27}$$

gde je:

L [m] - put prenosa tereta,

v [m·s^{-1}] - srednja brzina koja se za put do 30 m kreće 0,5-1 m·s^{-1},

t_p, t_s [s] - vreme iznosi od 3 do 5 sekundi.

Zamenom vrednosti u jednačini (23) za proizvodnost (W_Z) iz jednačine (26), dobija se potreban broj radnika (Z_v):

$$Z_v = \frac{Q}{\frac{3{,}6q_k}{T_c}T_s} = \frac{QT_c}{3{,}6q_k T_s} \tag{28}$$

Proizvodnost po radniku u pretovaru iznosi u privredi 0,6-1,2 [t·h^{-1}] za duži rad. Radnu snagu treba realno planirati kako ne bi došlo do nagomilavanja ljudi, ili pak produženja vremena pretovara zbog manjeg broja ljudi. U slučajevima kada nema vremena za proračune, radna snaga se određuje i prema opštim empirijskim vremenskim normama, koje su date u Tabeli 1.

Tabela 1. Norme utovara i istovara vozila u zavisnosti od nosivosti [7]

Table 2. Norms for loading and unloading vehicles, depending on the load [7]

Nosivost vozila [t] *Capacity of the transport [t]*	Vreme trajanja [min] *Duration [min]*	
	Utovar *Loading*	Istovar *Unloading*
< 1,5	19	13
1,5 - 2,5	20	15
2,5 - 4,0	24	18
4,0 - 7,0	29	22
7,0 - 12,0	37	28
12,0 - 15,0	45	34

Ovo su privredne norme, a u ekstremnim uslovima ih treba povećati za 10 do 20%. U utovarno-istovarne norme su uračunata i sva vremena pripreme vozila i dokumentacije pre i posle obavljenog procesa. Tehnička proizvodnost kod mašina sa prekidnim dejstvom zavisi od broja radnih ciklusa koji se obavi u toku jednog časa i mase tereta koju može da se pretovari u jednom ciklusu:

$$W_t = nq_m = \frac{3600}{T_c} q_m \left[th^{-1}\right] \tag{29}$$

gde je :

W_t [t·h^{-1}] - tehnička proizvodnost mašine,
q_m [t] - nosivost mašine ili radnog organa,
T_c [s] - vreme trajanja ciklusa.

Vreme za koje se obavi jedan ciklus je različito:

a) za mašine s horizontalnim premeštanjem tereta:

$$T_c = t_u + \frac{L}{v_1} + t_i + \frac{L}{v_2} \left[s\right] \tag{30}$$

gde je :

v_1, v_2 [m·s^{-1}] - brzina zahvatnog organa sa teretom i bez tereta,
t_u, t_i [s] - vreme utovara i istovara tereta,
L [m] - put prenosa tereta,

b) kod mašina s vertikalnim kretanjem tereta:

$$T_c = t_u + \frac{2h}{v} + t_i \left[s\right] \tag{31}$$

gde je :

h [m] - visina dizanja ili spuštanja tereta,
v [m·s^{-1}] - srednja brzina podizanja i spuštanja.

c) kod mašina sa kombinovanim premeštanjem tereta:

$$T_c = t_u + t_i + \left(\frac{4h}{v} + \frac{L}{v_1} + \frac{L}{v_2}\right)\varphi\left[s\right] \tag{32}$$

gde je :

φ [-] - koeficijent manji od jedinice, a određuje se prema vrsti mašine.

Tehnička proizvodnost kod mašina s neprekidnim dejstvom pri pretovaru komadne robe može se odrediti kao:

$$W_t = nq_k\left[th^{-1}\right] \tag{33}$$

gde je:

n [kom·h^{-1}] - broj komada pretovarenih u toku jednog časa,

q_k [t] - masa jednog komada.

Broj komada u toku časa je zavisan od rastojanja između njih i brzine prenosa, odnosno kretanja zahvatnog organa:

$$n = \frac{3600}{T} = \frac{3600}{\frac{x}{v}} = \frac{3600v}{x}\left[kom\right] \tag{34}$$

gde je:

t [s] - vreme pretovara jednog komada,

h [m] - rastojanje između komadnih tereta na traci,

v [m·s^{-1}] - brzina kretanja zahvatnog organa.

Zamenom za n iz izraza (34) u izraz (33) se dobija tehnička proizvodnost:

$$W_t = \frac{3600vq_k}{1000x} = \frac{3{,}6vq_k}{x}\left[th^{-1}\right] \tag{35}$$

Eksploataciona proizvodnost predstavlja učinak mašine, u određenom vremenu ili u toku jedne smene u konkretnim uslovima i sa određenom organizacijom. Može se izračunati umanjivanjem tehničke proizvodnosti zbog gubitaka u radnom vremenu i nepotpunog iskorišćenja nosivosti zahvatnog organa kao:

$$W_e = W_t\delta\gamma_0 T_s\left[t/smeni\right] \tag{36}$$

gde je:

W_e [t·smena^{-1}] - eksploataciona proizvodnost,

T_s [h] - vreme rada pretovarne stanice,

δ [-] - 0,8-0,9 - koeficijent iskorišćenja radnog vremena,

γ_0 [-] - koeficijenti iskorišćenja nosivosti zahvatnih organa.

Na osnovu eksploatacione proizvodnosti i ukupnih količina materijala za pretovar određuje se potreban broj pretovarnih mašina (Z_m):

$$Z_m = \frac{Q}{W_e}\left[kom\right] \tag{37}$$

Osnovni uslov za racionalnu upotrebu pretovarnih mašina jeste da one ne prekidaju rad. Zato je najbolje da se organizuje kružno kretanje vozila u koja se vrši pretovar (utovar ili istovar). U ovom slučaju vreme pretovara (t_u) treba izjednačiti s intervalom stizanja vozila (I_v) kako bi se postigao optimalan rad:

$$t_u = I_v \tag{38}$$

Vreme za koje pretovarna mašina utovari jedno vozilo može se uzeti iz normativa ili izračunati prema:

$$t_u = Q_v t_1 [h] \tag{39}$$

gde je:

Q [t] - količina tereta na vozilu,

t_1 [h·t^{-1}] - vreme utovara 1t tereta

Vreme utovara (t_1) se dobijao kada se vreme jednog časa podeli s proizvodnošću mašine:

$$t_1 = \frac{1}{W_t}\left[ht^{-1}\right] = \frac{60}{W_t}\left[\min t^{-1}\right] \tag{40}$$

Zamenom izraza (40) u izraz (39) za (t_1) se dobije:

$$t_u = \frac{Q_v}{W_t}[h] \tag{41}$$

Interval u kome stiže vozilo na pretovarnu stanicu zavisi od vremena trajanja jednog obrta (t_o) i broja vozila:

$$I_v = \frac{t_0}{A_r}[h] \tag{42}$$

Zamenom se dobija potreban broj vozila za racionalan pretovar prema:

$$\frac{Q_v}{W_t} = \frac{t_o}{A_r} \tag{43}$$

$$A_r = \frac{W_t t_o}{Q_v} \tag{44}$$

Ukoliko se raspolaže sa N mašina ili radnih mesta, onda će broj vozila biti:

$$A_r = N\frac{W_t t_o}{Q_v} \tag{45}$$

Ako se planiranje vrši prema prosečnim normama za mehanizovani pretovar, onda se broj potrebnih vozila računa kao:

$$t_u = \frac{t_o N}{A_r} \tag{46}$$

$$A_r = \frac{t_o N}{t_u} \tag{47}$$

Vreme utovara i istovara vozila zavisi od nosivosti vozila i količine tereta koju pretovarna mašina zahvata odjednom. Pri proračunu, ako je poznat broj raspoloživih vozila, može se iz gornjih jednačina izabrati pretovarna mašina prema potrebnoj proizvodnosti. Potrebna radna snaga za obavljanje mehanizovanog pretovara, kada se mašina opslužuje radnicima, dobija se iz uslova da se operacije pretovara odvijaju neprekidno:

$$Z_r = \frac{W_t}{W_z} \tag{48}$$

Proizvodnost radne snage se određuje na isti način kao i kod ručnog pretovara:

$$Z_v = \frac{W_t T_c}{3{,}6 q_k} \tag{49}$$

gde je:

q_k [t] - masa jednog komada tereta.

S obzirom na broj traktora i na njihove karakteristike, jasno je da je i da će traktorski transport biti korišćen kao sredstvo izvršenja transporta pri ubiranju. Prednost traktorskog transporta nad kamionskim je u tome što traktori imaju znatno veću prohodnost, mogu se koristiti za razne namene i ne moraju se zadržavati na mestu utovara-istovara. Jedina slaba strana su im niske brzine kretanja [6]. Broj sredstava zavisi od količine tereta i raspoloživog vremena. Ako se za transport koristi jedan traktor, onda su potrebne najmanje 3 prikolice za efikasno iskorišćenje traktora. Pri korišćenju većeg broja traktora, broj prikolica zavisi od vremena utovarno-istovarnih radova i trajanja vožnje. Ukupan broj prikolica u ovom slučaju (P_r), jeste suma prikolica koje su u transportu (P_v), na utovaru (P_u), i na istovaru (P_i):

$$P_r = P_v, + P_u + P_i \tag{50}$$

Za svaku prikolicu, koja se nalazi u vožnji, potreban je jedan traktor, pa će ukupan broj potrebnih traktora (A_t) biti:

$$A_t = P_v \tag{51}$$

Broj potrebnih prikolica određuje se iz uslova da nema čekanja. To se postiže ako je ritam rada utovarno-istovarnog mesta, (R_{ui}), jednak intervalu pristizanja vozila (I_v):

$$R_{ui} = I_v \tag{52}$$

Zavisno od broja radnih mesta, ritam utovarno-istovarnog mesta se računa posebno na utovaru i istovaru, ako su različita vremena utovara i istovara, pri tome on predstavlja odnos zbirnog vremena i ukupnog broja prikolica:

$$R = \frac{t_{u(i)}}{N_{u(i)}} = \frac{t_{ui}}{N_{ui}} = \frac{t_{ui}}{P_{ui}} \tag{53}$$

Interval kretanja je vremenski period između dolaska dva uzastopna vučna vozila. On zavisi od vremena trajanja obrta traktora i njihovog broja:

$$I_v = \frac{t_{ot}}{A_t}[h] \tag{54}$$

gde je:
t_{ot} [h] - vreme obrta traktora,
A_t [kom] - broj vučnih traktora,
P_{ui} [kom] - broj prikolica na utovaru i istovaru.

Vreme obrta traktora obuhvata vožnju u oba pravca i vremena potrebnog za priključivanje i otkačivanje prikolica na utovarno-istovarnim mestima (t_{po}). Vreme vožnje je određeno daljinom transporta i srednjom brzinom kretanja traktora (V_{st}):

$$t_{ot} = 2t_v + 2t_{po} = 2(\frac{L_t}{V_{st}} + t_{po}) = \frac{2(L_t + V_{st}t_{po})}{V_{st}}[h] \tag{55}$$

Ako se ovo uvrsti u izraz (54) za interval kretanja:

$$I_v = \frac{t_{ot}}{A_t} = \frac{2(L_t + V_{st}t_{po})}{V_{st}A_t} \tag{56}$$

dobija se:

$$\frac{t_{ui}}{P_{ui}} = \frac{2(L_t + V_{st}t_{po})}{V_{st}A_t} \tag{57}$$

$$P_{ui} = \frac{t_{ui}V_{st}A_t}{2(L_t + V_{st}t_{po})} \tag{58}$$

Ukupan broj potrebnih prikolica dobija se sabiranjem:

$$P_r = P_v + P_{ui} = A_t + \frac{t_{ui}V_{st}A_t}{2(L_t + V_{st}t_{po})} \tag{59}$$

$$P_r = A_t\left[1 + \frac{t_{ui}V_{st}A_t}{2(L_t + V_{st}t_{po})}\right] \tag{60}$$

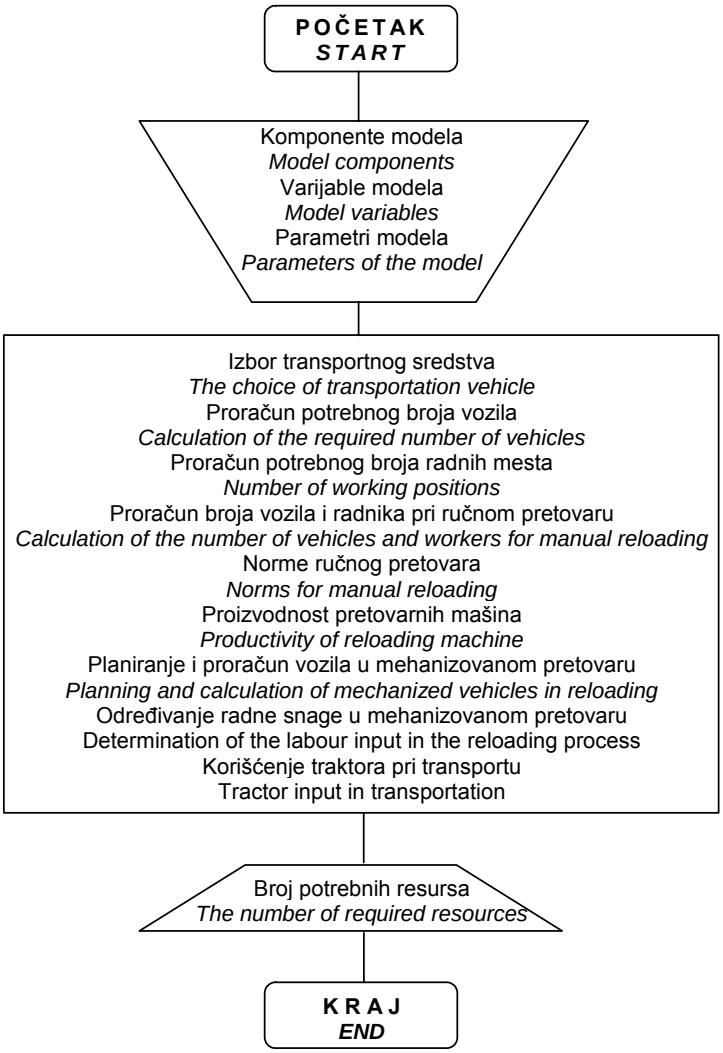
Kada je poznat broj prikolica, onda se može odrediti broj vučnih vozila (At). Ako je količina tereta ograničena, onda se prema njoj izračunava broj prikolica:

$$P_r = \frac{Q}{q_t\gamma_t Z}[prikolica] \tag{61}$$

gde je:
q_t [t] - nosivost prikolice,
γ_t [-] - koeficijent iskorišćenja nosivosti.

Preporučljivo je da se pri organizaciji rada predvidi rezerva transportnih kapaciteta 10-15% za intervenciju u slučaju poremećaja u intervalima stizanja vozila. Pri transportu velike količine materijalnih sredstava, broj vučnih sredstava treba uvećati za jedno po

stanici, radi obezbeđenja manipulacije punim i praznim prikolicama. Osnov za planiranje su resursi koji se mogu upotrebiti da bi transportni zadatak bio najbrže izvršen. Svako angažovanje resursa preko tog broja predstavlja u suštini samo trošak. Bez promene osnovnih elemenata uvedenih u proračun, transportni zadatak ne može biti izvršen brže, a povećanje resursa je u tom slučaju nepotrebno. Algoritam proračuna koji su predhodno dati, prikazan je na Slici 2.



Slika 2. Algoritam modela za proračun potrebnih resursa u transportu

Figure 2. The algorithm for the calculation of the model required resources in transport

ZAKLJUČAK

Do konačnog uskladištenja poljoprivrednih proizvoda, transport predstavlja poslednju fazu u procesu poljoprivredne proizvodnje. Neadekvatnom realizacijom ove faze proizvodnje može se u velikoj meri dovesti u pitanje jednogodišnji rad i ulaganja, a to ima za posledicu smanjenje efikasnosti i porast cene celokupnog procesa proizvodnje.

Model koji je prikazan je bazni. Kao takav on se ne može primeniti, ali zato omogućava da se brzo uspostave konkretni, takozvani, "sažeti" modeli, koji su primenljivi.

Ponuđeni model, omogućava da se brzo proračunaju potrebni resursi. Ovi modeli „brzih proračuna“ daju rezultate sa zadovoljavajućom tačnošću, što je provereno, kako eksperimentalno, tako i empirijski. Primena kompleksnijih metoda za ovakve slučajeve ne bi dala bolje rezultate, već bi samo nepotrebno, zakomplikovala model. To ne znači da u nekim drugim slučajevima složenije metode ne treba primenjivati.

Primenom ovog modela mogu se dobiti svi elementi za planiranje transporta u konkretnim, različitim situacijama. Na ovaj način se dobija alat koji omogućava da se u slučaju poremećaja može brzo doći do novih elemenata koji omogućavaju da se izvrši preplaniranje.

LITERATURA

[1] Cakić, S. 2000. *Istraživanje i izbor pokazatelja stanja iskorišćenja sredstava integralnog transporta*. Magistarski rad. VTA, Beograd.

[2] Đokić, L. 1979. *Organizacija drumskog transporta*. Građevinska knjiga, Beograd.

[3] Jevtić, M. 1984. *Logistika*. VIZ, Beograd.

[4] Mileusnić, N. 1990. *Unutrašnji transport i skladišta*. Naučna knjiga, Beograd..

[5] Miladinović, V., Mitić, Ž. 1980. *Savremene metode skladištenja, manipulisanja i transporta*. TŠC KoV JNA, Zagreb.

[6] Novaković, D., Đević, M. 1999. *Transport u poljoprivredi.* Poljoprivredni fakultet, Beograd,

[7] Pantelić, V. 1986. *Snabdevanje tehničkim materijalnim sredstvima*. CVTŠ, Zagreb.

[8] Vukićević, S. 1995. *Skladišta.* Preving, Beograd.

[9] Zečević, S. 1996. *Model optimizacije logističkih lanaca u uslovima funkcionisanja RTC*. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd.

[10] Zečević, S. 1996. Savremeno tumačenje logistike i logističkih sistema. *Koncepcija razvoja saobraćajnih sistema Jugoslavije do 2010 godine*. Zbornik radova. Subotica.

[11] Zeigler, B.P. 1976. *Theory of modeling and simulation*. J.Wiley, New York.

BASIC MODEL FOR OPTIMAL TRANSPORT ORGANISATION IN AGRICULTURE

Zoran Mileusnić[1], Rajko Miodragović[1], Đorđe Mišković[2], Aleksandra Dimitrijević[1]

[1]*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun, Republic of Serbia*

[2]*Plattner d.o.o. Bačka Palanka, Republic of Serbia*

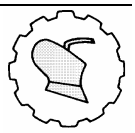
Abstract: In this paper basic principles of transport organization in agriculture are presented as well as details about the transportation cycles. The paper also gives all necessary inputs for the model definition regarding the transportation for the agricultural products. The paper deals with the development of the basic model for calculation of the necessary resources in optimal transportation organization. Development of the plan is very important and the plan itself is only a single document in the given time section. Development of such a plan should make planning and development of the basic plan easier. The most important part of this research was to define and analyze all the necessary inputs for the optimal organization of the agricultural product transportation.

Key words *transportation, basic model, model parameters and components, transportation cycle.*

Datum prijema rukopisa: *Paper submitted:*	15.10.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: *Paper revised:*	30.10.2012.
Datum prihvatanja rada: *Paper accepted:*	07.11.2012.

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА
AGRICULTURAL ENGINEERING
✧
Научни часопис
Scientific Journal

Пољопривредни факултет
Институт за пољопривредну технику



Предмет и намена: ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА је научни часопис који објављује резултате основних и примењених истраживања значајних за развој у области биотехнике, пољопривредне технике, енергетике, процесне технике и контроле, као и електронике и информатике у биљној и сточарској производњи и одгова-рајућој заштити, доради и преради пољопривредних производа, контроли и очу-вању животне средине, ревитализацији земљишта, прикупљању отпадака и њихо-вом рециклирању, односно коришћењу за производњу горива и сировина.

.....

УПУТСТВО ЗА АУТОРЕ

Захваљујући вам на интересовању за часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА молимо вас да се обратите Уредништву ако ова упутства не одговоре на сва ваша питања.

Рад доставити у писаној и електронској форми на адресу Уредништва

Часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА
Пољопривредни факултет, Институт за пољопривредну технику
11080 Београд-Земун, Немањина 6; п. фах 127

Мада сви радови подлежу рецензији за оригиналност, квалитет и веродостој-ност података и резултата одговарају искључиво аутори. Подразумева се да рад није публикован раније и да је аутор регулисао објављивање рада с институцијом у којој је запослен.

Тип рада

Траже се оригинални научни радови и прегледни чланци. Прегледни радови треба да дају нове погледе, уопштавање и унификацију идеја у односу на одређени садржај и не би требало да буду превасходно изводи раније објављених радова. Поред тога, траже се и прелиминарни извештаји истраживања у форми краћих прилога. Ова врста прилога мора да садржи нека нова сазнања, методе или тех-нике који очигледно представљају нове домете у одговарајућој области. Кратки прилози објављиваће се у посебном делу часописа. У часопису је предвиђен прос-тор за приказе књига и информације о научним и стручним скуповима.

Рад треба да буде написан на српском језику, по могућству ћирилицом, а прих-ватају се и прилози на енглеском језику. Будући да су области пољопривредне технике интердисциплинарне, потребно је да бар увод буде писан разумљиво за шири круг читалаца, не само за оне који раде у одређеној ужој области. *Научни значај рада и његови закључци требало би да буду јасни већ у самом уводу* - то значи да није довољно дати само проблем који се изучава већ и његову историју, значај за науку и технологију, специфичне појаве за чији опис или испитивање могу бити употребљени резултати, као и осврт на општа питања на која рад може да да одговор. Одсуство оваквог прилаза може да буде разлог неприхватања рада за објављивање.

Поступак ревизије

Сви радови подлежу ревизији ако уредник утврди да садржај рада није прикладан за часопис. У том случају се враћа аутору. Уредништво ће улагати напоре да се

одлука о раду донесе у што краћем периоду и да прихваћени рад буде објављен у истој години када је први пут поднет.

Припрема рада

Рад треба да буде штампан на хартији стандардног А4 формата, у фонту Times New Roman (tnr), font size 10 pt, проред Single space, са Justify поравнањем (justified alignment), уз увлаку првог реда 0,63 cm (Format→Paragraph→Indents and Spacing→Special→First Line 0,63), маргине: Top 4,6 cm, Bottom 4,6 cm, Left 4,25 cm, Right 4,25 cm. Дужина рада је ограничена на 10 страна, укључујући слике, табеле, литературу и остале прилоге.

Наслов - Наслов рада треба да буде кратак, описан и да одговара захтевима индексирања **(**фонт: **tnr 12 PT BOLD, centrirano)** . Испод наслова навести име сваког од аутора и установе у којој ради *(tnr 10 pt italic, (centrirano)* . Сугерише се да број аутора не буде већи од три, без обзира на категорију рада. Евентуално, шира прегледна саопштења могу се у том смислу посебно размотрити, у току ревизије.

Сажетак - У изводу треба дати кратак садржај онога шта је у раду дато, главне резултате и закључке који следе из њих. Дозвољени обим сажетка је 100 до 250 речи. У оквиру сажетка није дозвољено приказивање података табелама, графиконима, схемама или сликама, те навођење литературних извора. Уз сажетак навести максимално десет кључних речи, одвојених зарезом.

Abstaract - дати на крају рада на енглеском језику у форми као сажетак, са кључним речима.

Литература - У попису литературе се не смеју наводити референце које у тексту нису цитиране. Литературу писати са фонтом tnr 9 pt, нумерисати са бројевима у великој загради. Референце треба да садрже аутора(е), наслов, тачно име часописа или књиге и др., број страна од-до, издавача, место и датум издавања.

Табеле - Табеле треба бројати по реду појављивања. Табеле, графикони и фотографије (црно беле с високим контрастом) морају бити укључене у текст (Таб. 1). Бројеве табела и наслове писати изнад табела. Текст у табелама писати у Font size 9 pt. Све текстуалне уносе у табелама дати упоредо на српском и енглеском језику. Свака табела мора да има означене све редове и колоне, укључујући и јединице у којима су величине дате, да би се могло разумети шта је у табели представљено. Свака табела мора да буде цитирана у тексту рада.

Слике - Слике треба да буду доброг квалитета укључујући ознаке на њима. Све слике по потреби треба да имају легенду. Објашњења симбола и мерне јединице треба да се дају у легендама слика. Све слике треба да буду цитиране у тексту. Слике и графиконе (Граф. 1) такође треба нумерисати, а бројеве и наслове писати испод графикона или слика (Сл. 1). Наслов слике или графикона треба да буде написан на српском и енглеском као и сви остали словни уноси у графиконима и сликама (*italic*).

Математичке ознаке (формуле) - писати у едитору формула (MS Equation ili Mathtype) са величином основног фонта tnr 10 pt. Формуле (центриране) обавезно нумерисати бројевима у загради (1) са десним уравњањем.

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

631(059)

ПОЉОПРИВРЕДНА техника : научни часопис = Agricultural engineering : scientific journal / главни и одговорни уредник Горан Тописировић. – Год. 1, бр. 1 (1963)- . - Београд; Земун : Институт за пољопривредну технику, 1963- (Београд : Штампарија "Академска издања") . – 25 cm

Тромесечно. – Прекид у излажењу
од 1987-1997. године
ISSN 0554-5587 = Пољопривредна техника
COBISS.SR-ID 16398594

МОГУЋНОСТИ И ОБАВЕЗЕ СУИЗДАВАЧА ЧАСОПИСА

У одређивању физиономије часописа ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА, припреми садржаја и финансирању његовог издавања, поред сарадника и претплатника (правних и физичких лица), значајну подршку Факултету дају и суиздавачи - радне организације, предузећа и друге установе из области на које се мисија часописа односи.

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА је научни часопис који објављује резултате основних и примењених истраживања значајних за развој у области биотехнике, пољопривредне технике, енергетике, процесне технике и контроле, као и електронике и информатике у биљној и сточарској производњи и одговарајућој заштити, доради и преради пољопривредних производа, контроли и очувању животне средине, ревитализацији земљишта, прикупљању отпадака и њиховом рециклирању, односно коришћењу за производњу горива и сировина.

Права суиздавача

Суиздавач часописа може бити свако правно лице односно грађанско-правно лице, предузеће или установа које је заинтересовано за ширење и пласирање информација у области пољопривредне технике, односно науке, струке и других делатности од значаја за модерну пољопривредну производњу и производњу хране или модерније речено - за успостављање и развој одрживог ланца хране.

Фирма која жели да постане суиздавач, уплатом, једном годишње, на рачун издавача суме која је једнака отприлике износу 10 годишњих претплата стиче следећа права:

- Делегирање свога представника - стручњака у Савет часописа;
- У сваком издању часописа који излази једанпут годишње, као четвороброј у тиражу од по 350 примерака, могуће је у форми рекламног додатка остварити право на бесплатно објављивање по једне целе стране свог огласа, а једном годишње та страна може да буде у пуној боји; Напомињемо овде да цена једне рекламно-информативне стране у пуној боји у једном броју износи 20.000 динара.
- Од сваког броја изашлог часописа бесплатно добија по 3 примерка;
- У сваком броју рекламног додатка му се објављује, пуни назив, логотип, адреса, бројеви телефона и факса и др., међу адресама суиздавача;
- Има право на бесплатно објављивање стручно-информативних прилога, производног програма, информација о производима, стручних чланака, вести и др.;

Како се постаје суиздавач часописа ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

Пошто фирма изрази жељу да постане суиздавач, од ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА добија четири примерка уговора о суиздавању потписана и оверена од стране издавача. Након потписивања са своје стране, суиздавач враћа два примерка Факултету, после чега прима фактуру на износ суиздавачког новчаног дела. Уговор се склапа са важношћу од једне (календарске) године, тј. односи се на два броја часописа.

Приликом враћања потписаних уговора суиздавач шаље уредништву и своју адресу, логотип, текст огласа и рукописе прилога које жели да му се штампају, као и име свог представника у Савету часописа. На његово име стижу и бесплатни примерци часописа и сва друга пошта од издавача.

Суиздавачки део за часопис у 2013. год. износи 20.000 динара. Напомињемо, на крају, да суиздавачки статус једној фирми пружа могућност да са Факултетом, односно уредништвом часописа, разговара и договара и друге послове, посебно у домену издаваштва.

Научно-стручно информативни медијум у правим рукама

Када се има на уму да часопис, са два обимна броја са информативно-стручним додатком, добија значајан број фирми и појединаца, треба веровати у велику моћ овог средства комуницирања са стручном и пословном јавношћу.

Наш часопис стиже у руке оних који познају области часописа и њима се баве, те је свака понуда коју он садржи упућена на праве особе. Већ та чињеница осмишљава бројне напоре и трајне резултате који стоје иза подухвата званог издавање часописа.

За сва подробнија обавештења о часопису, суиздаваштву, уговарању и др., обратите се на:

Уредништво часописа
ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА
Пољопривредни факултет,
Институт за пољопривредну технику
11080 Београд-Земун, Немањина 6, п. фах 127,
тел. (011)2194-606, факс: 3163317.
e-mail: gogi@agrif.bg.ac.rs