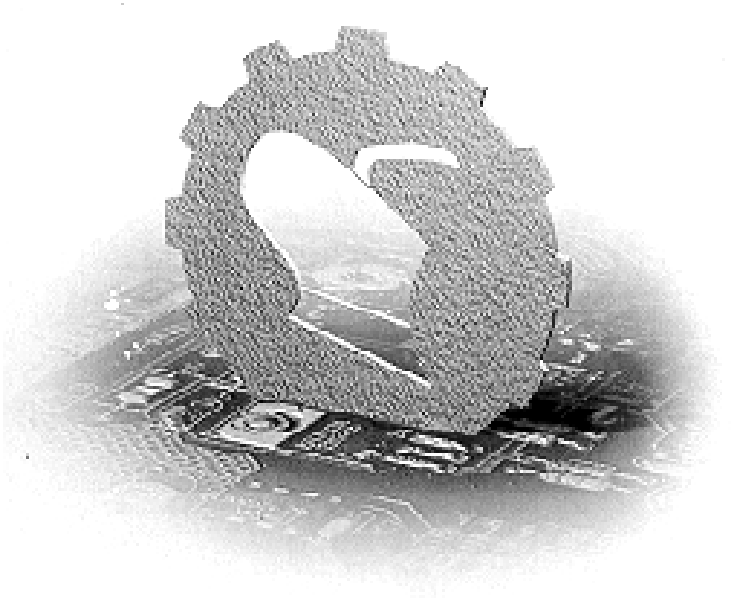
ISSN 0554-5587
UDK 631 (059)

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 4, децембар 2012.
Year XXXVII, No. 4, 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

RASPODELA PRAŠINE U VAZDUHU STAJA ZA DRŽANJE KRAVA
Goran Topisirović, Dragan V. Petrović.....1-11

OPTIMIRANJE TRAKTORSKIH SISTEMA SA ASPEKTA OPTEREĆENJA LJUDSKOG OPERATORA
Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Dragoljub Radonjić, Branislav Aleksandrović.....13-22

PRIMENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA SUŠENJA U INDUSTRIJI PRERADE HRANE
Ivan Zlatanović.....23-30

EFEKTI PRIMENE TIFON UREĐAJA U NAVODNJAVANJU KUKURUZA (*Zea mays L.*)
Branka Kresović, Vesna Dragičević, Boško Gajić, Angelina Tapanrova, Borivoje Pejić.....31-39

СНАГЕ СТАТОРА И РОТОРА АСИНХРОНОГ ГЕНЕРАТОРА СА ДВОСТРАНИМ НАПАЈАЊЕМ ПРИМЕЊЕНОГ У ВЕТРОЕЛЕКТРАНАМА
Жарко Милкић, Ђукан Вукић, Александар Чукарић.....41-47

MODELI STOPE RESPIRACIJE SVEŽIH KLICA LEBLEBIJA (*Cicer arietinum* L.) U MODIFIKOVANOM ATMOSVERSKOM PAKOVANJU
Ranjeet Singh, Ashok Kumar, Sandeep Mann, Sitaram D. Kulkarni.....49-57

EFEKTI PRODUŽENOG DEJSTVA PRIMENE MELIORATIVNOG SISTEMA OBRADE ZEMLJIŠTA TEŠKOG MEHANIČKOG SASTAVA U PROIZVODNJI RATARSKIH KULTURA
Miloš Pajić, Zoran Dumanović, Đuro Ercegović, Kosta Gligorević, Mićo Oljača, Vesna Dragičević.....59-67

ENERGETSKI POTENCIJAL PRODUKaTA REZIDBE VOĆARSKIH I VINOGRADARSKIH ZASADA SRBIJE
Milovan Živković, Mirko Urošević, Miloš Pajić, Ranko Koprivica.....69-77

ANALIZA EKONOMSKIH POKAZATELJA U PRIMENI GPS TEHNOLOGIJE U POLJOPRIVREDNOM KOMBINATU BEOGRAD
Dragan Marković, Dragan Krstić, Vojislav Simonović, Ivana Marković.....79-88

OPTIMIZACIJA HIDRAULIČNOG PODIZAČA TRAKTORA IMR- a
Branka Grozdanić, Đjuro Borak,Velimir Petrović, Zlata Bracanović.....89-94

GIS ANALIZA PROIZVODNJE BIOMASE I NJENE UPOTREBE ZA KOMPOSTIRANJE U REPUBLICI ČEŠKOJ
Jiří Fryč jr., Jiří Fryč.....95-108

C O N T E N T S

DISTRIBUTION OF AIRBORNE DUST PARTICLES IN A TIED-COWS BARN
Goran Topisirović, Dragan V. Petrović..... 1-11

OPTIMIZATION OF TRACTOR SYSTEMS WITH RESPECT TO HUMAN FACTOR LOAD
Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Dragoljub Radonjić, Branislav Aleksandrović..... 13-22

APPLICATION OF MODERN DRYING TECHNOLOGY IN THE FOOD PROCESSING INDUSTRY
Ivan Zlatanović..... 23-30

THE EFFECTS OF USE SELF-PROPELLED RAIN GUNS (TYPHONE) IN IRRIGATION OF CORN (*Zea mays L.*)
Branka Kresović, Vesna Dragičević, Boško Gajić, Angelina Tapanrova, Borivoje Pejić.....31-39

STATOR AND ROTOR POWER OF THE DOUBLY-FED ASYNCHRONOUS GENERATOR Applied IN WIND POWER PLANTS
Žarko Milkić, Đukan Vukić, Aleksandar Čukarić..... 41-47

RESPIRATION RATE MODELS OF FRESH CHICKPEA SPROUTS (*Cicer arietinum* L.) UNDER MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING
Ranjeet Singh, Ashok Kumar, Sandeep Mann, Sitaram D. Kulkarni..... 49-57

LONG TERM EFFECTS OF THE APPLICATION OF AMELIORATIVE TILLAGE SYSTEMS ON HEAVY MECHANICAL COMPOSITION SOILS IN CROP PRODUCTION
Miloš Pajić, Zoran Dumanović, Đuro Ercegović, Kosta Gligorević, Mićo Oljača, Vesna Dragičević..... 59-67

ENERGY POTENTIAL OF PRODUCTS OF FRUIT AND GRAPE PLANTATIONS PRUNING IN SERBIA
Milovan Živković, Mirko Urošević, Miloš Pajić, Ranko Koprivica..... 69-77

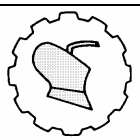
ANALYSIS OF ECONOMIC INDICATORS FOR GPS TECHNOLOGIES APPLICATION IN AGRICULTURAL CORPORATION BELGRADE (PKB)
Dragan Marković, Dragan Krstić, Vojislav Simonović, Ivana Marković..... 79-88

OPTIMIZATION OF HYDRAULIC LIFTING SYSTEM IN IMR TRACTORS
Branka Grozdanić, Đuro Borak, Velimir Petrović, Zlata Bracanović..... 89-94

GIS-BASED ANALYSIS OF THE PRODUCTION OF BIOMASS AND ITS USE FOR COMPOSTING IN THE CZECH REPUBLIC
Jiří Fryč jr., Jiří Fryč..... 95-108

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 4, decembar 2012.
Strane: 1 - 11

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku



UDK: 621.36

Originalni naučni rad
Original scientific paper

RASPODELA PRAŠINE U VAZDUHU STAJA ZA DRŽANJE KRAVA

Goran Topisirović[*], Dragan V. Petrović

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku Beograd-Zemun

Sažetak: Koncentracija prašine je važan mikroklimatski parametar u svakom stočarskom objektu. Njeno povećanje narušava kvalitet unutrašnjeg vazduha i zdravstveno stanje zaposlenih radnika i smeštenih životinja. Pored ostalih uticaja, strujno polje vazduha u provetravanom prostoru predstavlja ključni parametar za kontrolu prisustva čestica prašine u vazduhu objekata za držanje domaćih životinja. U cilju proširivanja postojećih baza podataka i saznanja u oblasti istraživanja mikroklime u stočarskim objektima, u ovom radu je analiziran uticaj režima rada podkrovnih aksijalnih ventilatora na raspodelu čestica prašine u objektu za držanje krava u vezanom sistemu. Ispitano je šest različitih radnih režima ventilacije. Pri tome je ostvaren diskretan (diskontinualan) niz kontrolisanih protoka unutrašnjeg vazduha od 0 $m^3 \cdot h^{-1}$ (samo prirodna ventilacija), 23750 $m^3 \cdot h^{-1}$, 30750 $m^3 \cdot h^{-1}$, 37300 $m^3 \cdot h^{-1}$, 39900 $m^3 \cdot h^{-1}$ i 48000 $m^3 \cdot h^{-1}$ kroz radna kola svakog od dva instalirana ventilatora. To praktično znači da je celokupna zapremina unutrašnjeg vazduha eksperimentalnog objekta proticala približno 0; 16; 20; 25; 26,5; 32 puta u toku svakog sata kada je ventilacioni sistem bio aktivan. Merenja su izvedena na 4 karakteristične visine (0,5 m; 1,0 m; 1,5 m i 2,0 m), u tri poprečna preseka i četiri podužna preseka objekta. Tako je dobijeno karakterističnih 48 mernih tačaka, čime je adekvatno pokriven ceo unutrašnji prostor staje. Komparativna analiza brzina strujanja vazduha i koncentracija prašine pokazala je da ova konfiguracija ventilatora može ostvariti zadovoljavajuće rezultate pri odgovarajućem režimu rada. Evidentirani su prihvatljivi ventilacioni režimi, a posebno je izdvojen treći ogledni režim, protoka vazduha 23750 $m^3 \cdot h^{-1}$ (približno 16 zapremina objekta na čas) je izdvojen kao najpovoljniji.

Ključne reči*: protok vazduha, ventilator, brzina vazduha, prašina, stočarski objekat*

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

Rad je podržalo Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, projketima:
- Optimizacija tehnoloških postupaka i zootehničkih resursa na farmama u cilju unapređenja održivosti proizvodnje mleka (TR31086),
- Unapređenje biotehnoloških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda (TR 31051),
- Unapređenje i razvoj novih tehnoloških postupaka u proizvodnju animalnih proizvoda, radi postizanja visoko kvalitetnih, bezbednih i konkurentnih proizvoda na tržištu (III46009).

UVOD

Pojam ukupne (inhalabilne) prašine obično podrazumeva čvrste čestice prečnika manjeg od 100 μm, suspendovane u vazduhu. Pri tome treba razlikovati i frakciju respirabilne prašine, koju sačinjavaju čestice manje od 5 μm [3]. Za razliku od krupnijih čestica, koje se najvećim delom zadržavaju u gornjim delovima disajnih puteva, respirabilna prašina je posebno opasna jer prodire u najdublje delove pluća. Prašina u stočarskim objektima je uglavnom organske prirode. Potiče od odumrlih delova kože životinja, iz prostirke, suvog fecesa i hraniva (posebno koncentrovanih) [11].

Povećana koncentracija prašine izaziva zdravstvene tegobe i snižava produktivnost životinja. Zdravstveni problemi se javljaju i kod zaposlenih, pa se preporuke za dozvoljene koncentracije prašine definišu prema osetljivosti čoveka. Opšteprihvaćena vrednost iznosi 10 $mg \cdot m^{-3}$ zas ukupnu i 5 $mg \cdot m^{-3}$ za respirabilnu prašinu. U cilju sprečavanja pojave dugotrajnih zdravstvenih problema predlažu se i mnogo strožije granice od svega 2,5 $mg \cdot m^{-3}$ za ukupnu i 0,2 $mg \cdot m^{-3}$ za respirabilnu prašinu [4].

Do sada je objavljeno mnogo rezultata istraživanja uticajnih parametara raznih proizvodnih procesa u stočarstvu, kao npr. [1], [4-10]. Sledeći ove trendove, u ovom radu su analizirani efekti primene višerežimskih krovnih ventilatora na koncentraciju pojedinih frakcija prašine i utvrđena povezanost protoka vazduha kroz radno kolo ventilatora sa nivoima koncentracije prašine. Određen najpovoljniji režim rada ventilacionog sistema i date su odgovarajuće preporuke za njegovu upotrebu.

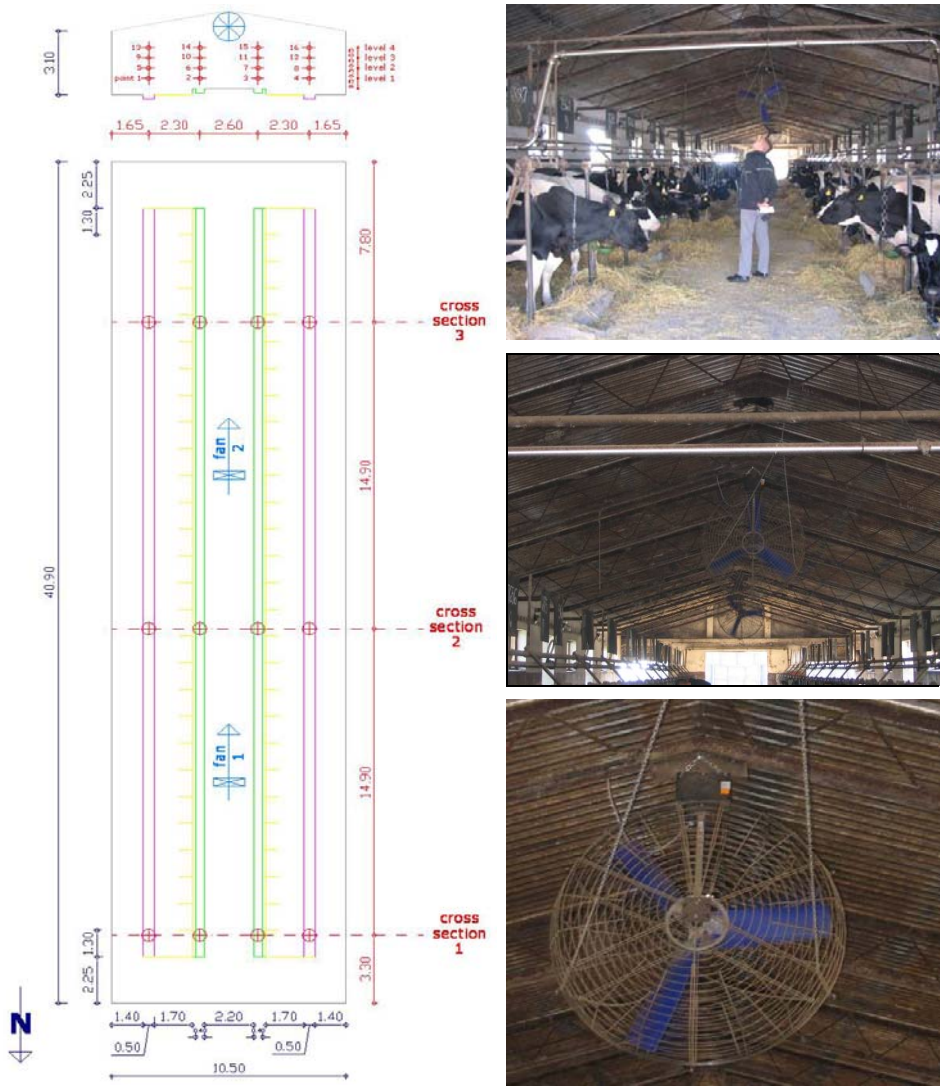
MATERIJAL I METODE RADA

U radu je ispitivan uticaj primene De Laval – ovog ventilacionog sistema Multifan sa kontrolnom jedinicom STD - Manual 8 A, termostatskim regulatorom T15 – WD i dva ventilatora DF 1300, na raspodelu koncentracija prašine u objektu. Ventilatori, postavljeni ispod krovne konstrukcije a iznad hranidbenog hodnika, imaju šest brzinskih režima rada. Maksimalni kapacitet ventilatora je 48000 $m^3 \cdot h^{-1}$, pri 400 min^{-1} radnog kola. U proizvodnom objektu je izvršeno merenje u 48 tačaka (Slika 1), raspoređenih u 4 vertikalna niza (0,5 m; 1,0 m; 1,5 m i 2,0 m) u svakom od 3 poprečna merna preseka postavljena, na 3.30 m, 18.20 m i 33.10 m od ulaznih vrata na severnoj strani hranidbenog hodnika. Vertikalni nizovi su postavljeni simetrično iznad jasala i kanala za izđubravanje [2]. Merene su koncentracije frakcija prašine ≥0.3μm i ≥0.5μm, pri neutralnom režimu (prirodna ventilacija) i pet radnih režima ventilatora i.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Prostorna polja koncentracije prašine

Tokom prvog seta merenja koncentracije prašine u proizvodnom objektu ventilatori su bili isključeni. Kada su ventilatori isključeni koncentracija i raspored čestica prašine u zapremini objekta zavise isključivo od intenziteta prirodnog kretanja vazduha i vlažnosti vazduha.

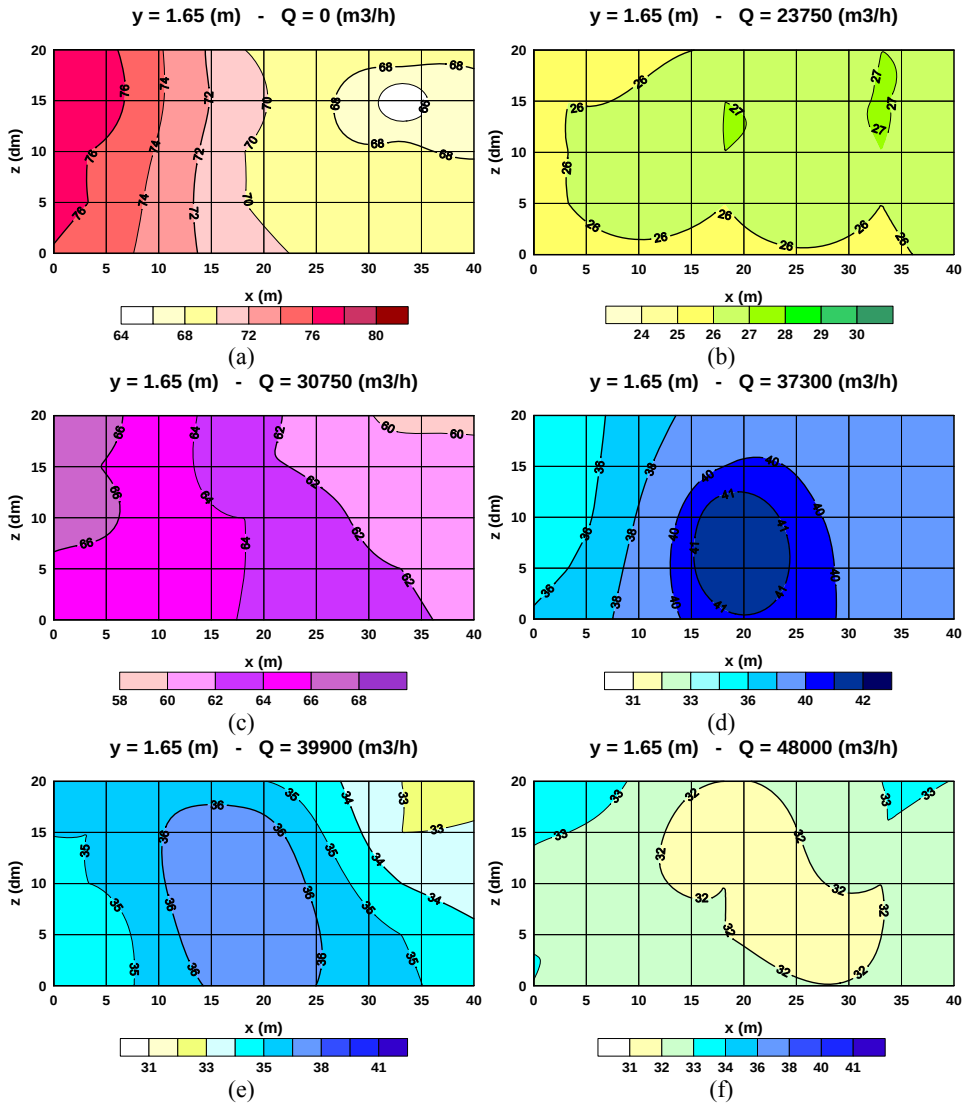


Slika 1. Osnova objekta i položaj mernih tačaka (levo), sa fotografijama unutrašnjeg izgleda objekta (desno)

Figure 1. Building layout and map of measuring points locations (left), with photos of indoor ambient (right)

Zbog toga, koncentracije prašine su bile više u poređenju sa odgovarajućim koncentracijama pri radu ventilatora u bilo kom režimu (Slike 2a do 5a, redom). Zbog toga ne treba ni tražiti neke posebne zakonitosti u rasporedu čestica prašine. I pored toga, raspored obe frakcije prašine je dosta ujednačen po mernim mestima, što ukazuje da se i u ovim uslovima stvara određeno stacionarno stanje koncentracije prašine. Pojedina

odstupanja mogu nastati kao rezultat aktivnosti životinja, različitog sastava prostirke, distribucije koncentrovanog hraniva i dr.

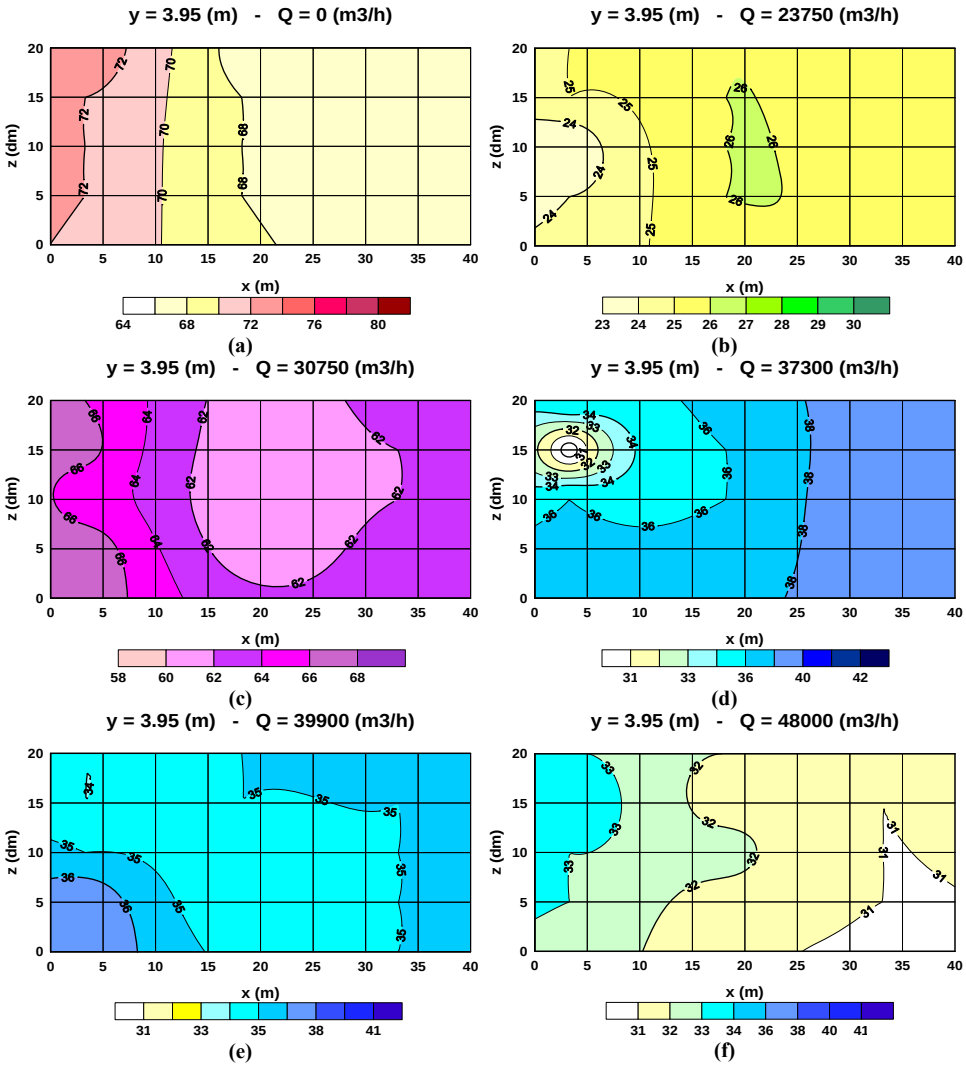


Slika 2. Raspodela koncentracija prašine prečnika 5 µm duž prvog podužnog preseka

Figure 2. Distributions of 5 µm dust fraction along the first longitudinal cross section

Tokom druge serije merenja, pri nominalnom protoku ventilatora od 23750 $m^3 \cdot h^{-1}$, koncentracije prašine u proizvodnom objektu su bile najniže u poređenju sa svim ostalim ispitivanim režimima (prinudna ventilacija, Q = 23750 $m^3 \cdot h^{-1}$, Slike 2b do 5b, redom). U ovom režimu ventilatori obezbeđuju adekvatnu izmenu vazduha i brzinu strujanja

vazduha, pri kojoj se ne resuspenduju nataloženu prašinu sa poda i drugih površina. Sve ovo je dovelo do smanjenja koncentracije prašine u vazduhu – srednja koncentracija frakcije ≤ 5 μm smanjena je sa 72 čestica·ml^{-1}, tj. za 64%.

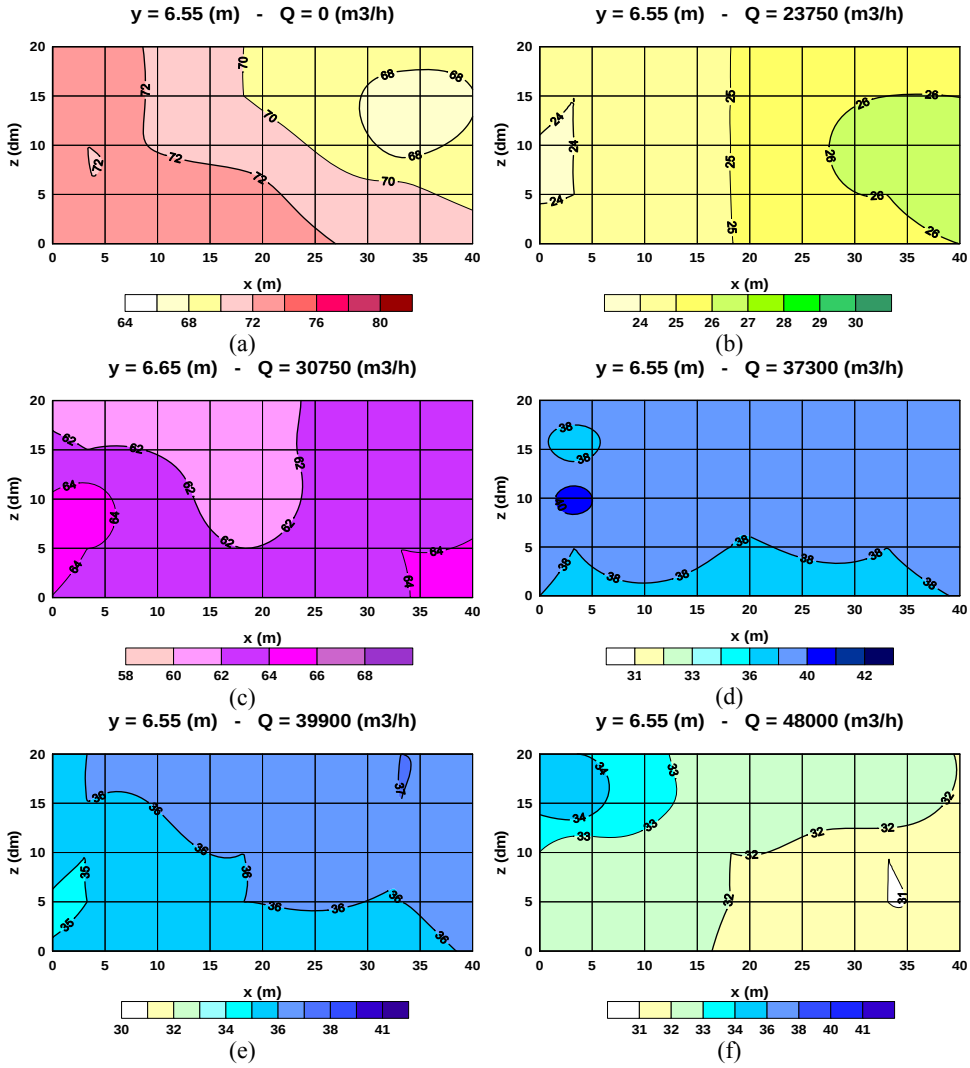


Slika 3. Raspodela koncentracija prašine prečnika 5 μm duž drugog podužnog preseka

Figure 3. Distributions of 5 μm dust fraction along the second longitudinal cross section

U toku treće serije merenja koncentracije prašine u proizvodnom objektu, ventilatori su ostvarili nominalni protok od 30750 m^3·h^{-1}. U ovom režimu su izmerene najveće koncentracije prašine u oglednom objektu (Slike 2c do 5c, redom), u poređenju sa svim ostalim režimima (osim režima sa isključenim ventilatorima). Može se očekivati da se posle dužeg trajanja dejstva ventilatora sadržaj prašine kontinuirano smanjuje.

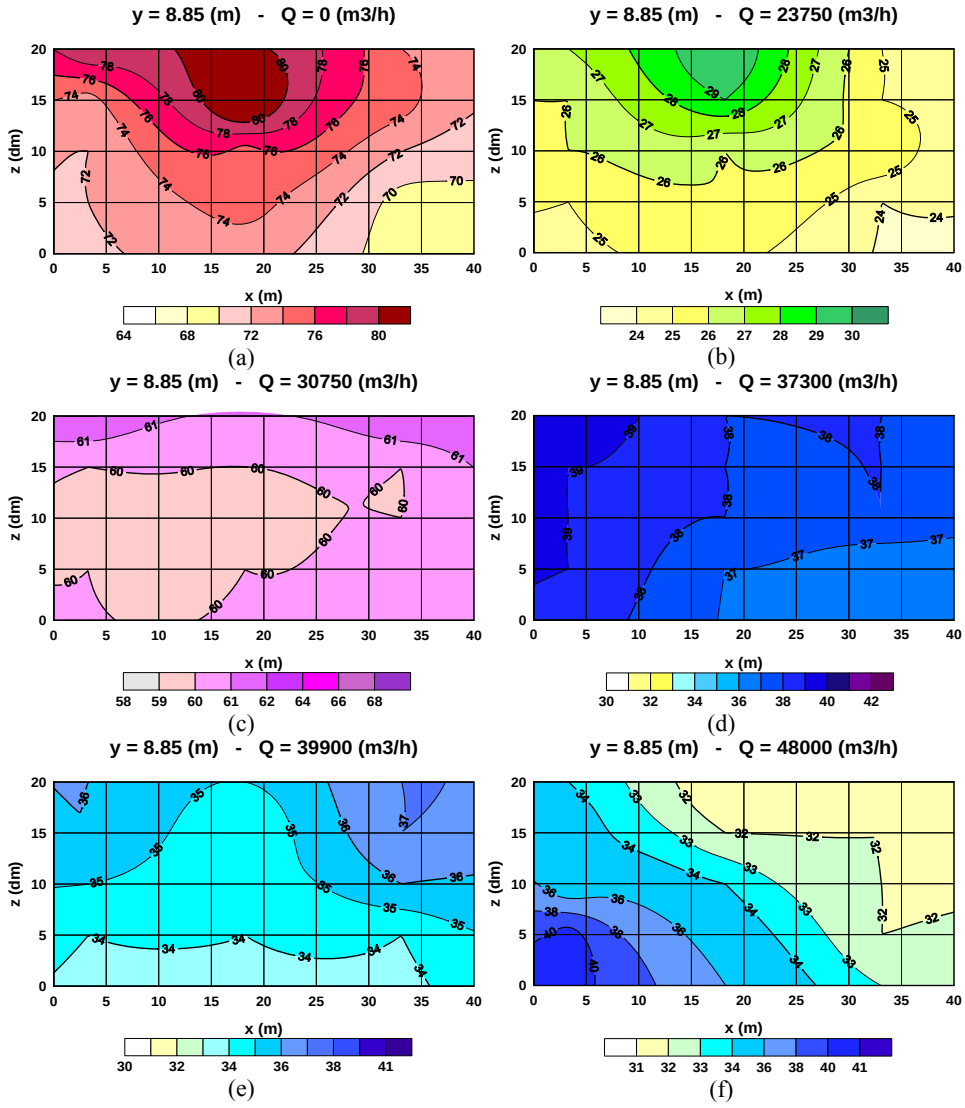
Tokom četvrtog (Slike 2d do 5d, redom) *i petog seta merenja* (Slike 2e do 5e, redom) koncentracije prašine u proizvodnom objektu ventilatori su bili uključeni na stepen 3 i 4 (redom) sa nominalnim protocima vazduha od 37300 $m^3 \cdot h^{-1}$ i 39900 $m^3 \cdot h^{-1}$ (redom). Zabeležena je redukcija koncentracije obe frakcije prašine. Uspostavljen je ujednačena (homogena) raspodela koncentracija obe frakcije prašine u objektu. Pri ovim režimima, količina izbačenih čestica prašine iz objekta bila je veća od količine unetih čestica sa spoljnim ulaznim vazduhom i resuspenzijom čestica sa poda i drugih površina unutar objekta.



Slika 4. Raspodela koncentracija prašine prečnika 5 µm duž trećeg podužnog preseka

Figure 4. Distributions of 5 µm dust fraction along the third longitudinal cross section

Poslednji, šeste serije merenja održavan je maksimalni radni protok od 48000 $m^3 \cdot h^{-1}$ vazduha kroz radno kolo ventilatora. Koncentracija prašine ponovo se povećala (Slike 2f do 5f, redom), kao rezultat intenzivnog podizanja nataložene prašine sa prostirke i poda, zbog prevelikog intenziteta brzine strujanja vazduha u objektu.

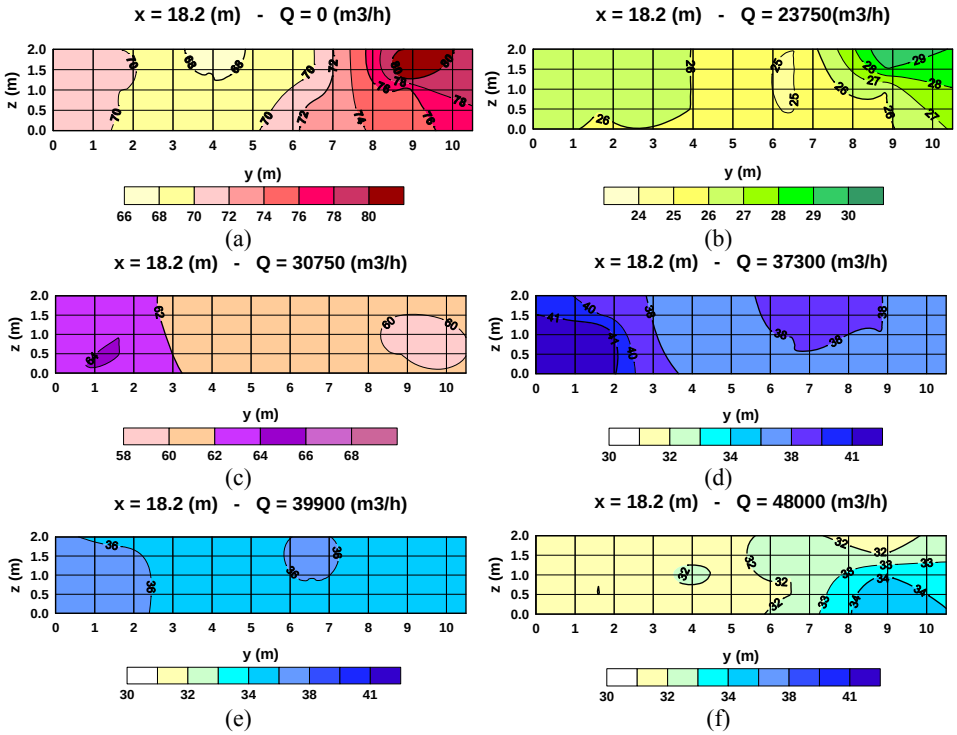


Slika 5. Raspodela koncentracija prašine prečnika 5 μm duž četvrtog podužnog preseka

Figure 5. Distributions of 5 μm dust fraction along the fourth longitudinal cross section

Analiza izmerenih brzina vazduha i koncentracija prašine pri različitim ventilacionim režimima pokazuje da su u letnjem periodu najpovoljniji režimi rada ventilatora u

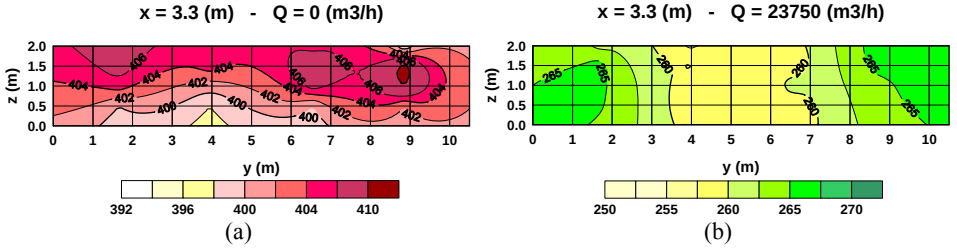
1. (23750 $m^3 \cdot h^{-1}$) i 3. stepenu (37300 $m^3 \cdot h^{-1}$). Tada se održava brzinsko polje vazduha ispod granica promaje u zoni životinja, ali još uvek dovoljnog intenziteta za odgovarajuće rashlađivanje životinja, uz održavanje najnižih koncentracija obe frakcije prašine (d>3 µm i d >5 µm). Navedenu tvrdnju potvrđuje i mapa koncentracije frakcije prašine prečnika iznad 5 *µm* u centralnom poprečnom preseku udaljenom 18.2 m od severnih ulaznih vrata hranidbenog hodnika (Slike 6a-e).

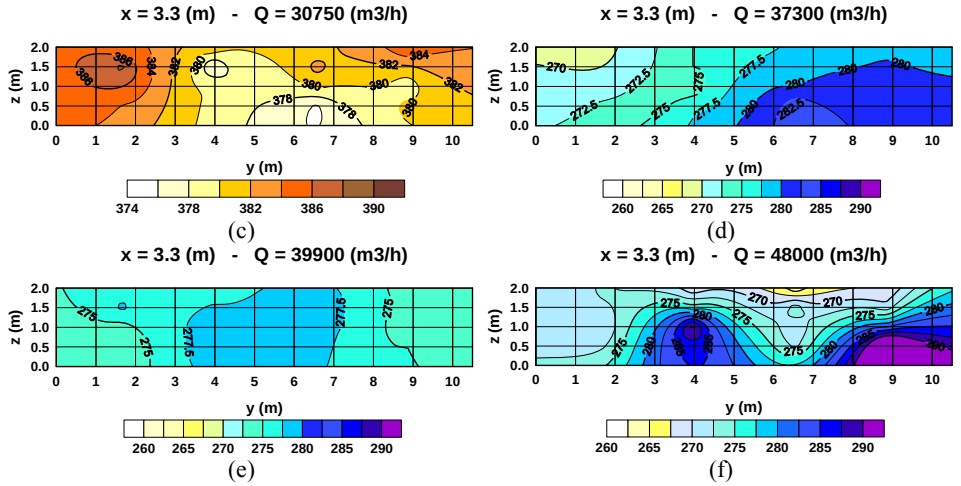


Slika 6. Koncentracija frakcije prašine prečnika 5 µm, duž drugog (centralnog) poprečnog preseka

Figure 6. Distributions of 5 µm dust fraction along the second (center) cross section

Analogna fenomenologija je uočena i u slučaju frakcije prašine koja obuhvata i sitnije čestice od 5 µm, odnosno kojoj pripadaju čestice prečnika d>3 µm. Zbog ograničenosti prostora, u radu su prikazane samo mape raspodele koncentacije prašine (d<3 µm) u centralnom poprečnom preseku staje (Slike 7a-e).





Slika 7. Koncentracija frakcije prašine prečnika 3 µm, duž drugog (centralnog) poprečnog preseka

Figure 6. Distributions of 3 µm dust fraction along the second (center) cross section

ZAKLJUČAK

Na osnovu analize rezultata merenja koncentracije prašine uz poštovanje optimalnih vrednosti brzina strujanja vazduha u ovakvom objektu, može se zaključiti da se najbolji efekat rada ventilatora postiže u nižim režimima rada.

Posebno je povoljan režim u prvom (23750 $m^3 \cdot h^{-1}$, što odgovara proticanju 16 neto zapremina staje svakog sata kroz svaki od dva instalirana ventilatora), a prihvatljivi su i režimi u trećem (37300 $m^3 \cdot h^{-1}$, odnosno 25 neto zapremina objekta na čas) i četvrtom (39900 $m^3 \cdot h^{-1}$, t.j. 26,5 neto zapremina objekta na čas) stepenu brzine radnog kola ventilatora. Tada se postiže vrlo stabilan i kvalitetan efekat iznošenja prašine, uz brzine strujanja koje su u granicama optimalnih za letnje uslove.

LITERATURA

[1] Bartzanas, T., Baxevanou, C., Fidaros, D., Papanastasiou, D., Kittas, C. 2010. Airborne particles and microclimate distribution in a livestock building. *International Conference on Agricultural Engineering AgEng - Toward Environmental Techniologies*, Clermont-Ferrand (France), September 6-8, 2010, p. 1-9, itema.cereteth.gr/files/2010/07/B01-2010.pdf .

[2] Curtis, L, Raymond, S, Clarke, A. 1996. Dust and ammonia in horse stalls with different ventilation rates and bedding. *Aerobiologia*, Volume 12, No. 4, pp. 239-247.

[3] Jacobson, L.D. 2007. Animal Structures: Air Quality (in: *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*). Taylor & Francis, Oxford, UK.

[4] Jacobson, L.D, Hetchler, B.P, Janni, K.A., Linn, J., Heber, A., Cortus, E. 2008. Animal and environmental performance of a retrofitted mechanical cross-ventilation system to a naturally ventilated free stall dairy barn in the mid-west U.S. *Livestock Environment VIII*, 31 August - 4 September 2008, Iguassu Falls, Brazil 701, p408.

[5] Pearson, C.C., Sharples, T.J. 1995. Airborne Dust Concentrations in Livestock Buildings and the Effect of Feed. *Journal of Agricultural Engineering Research* Volume 60, Issue 3, March 1995, p. 145–154.

[6] Petrović, D., Topisirović, G. 1997. Modelling the airborne dust particle size distribution in a swine farrow room. *Agricultural Engineering*, Vol. 3, no. 3-4, p. 57-63.

[7] Petrović, D., Tošić, M., Topisirović, G. 1999. On the statistical prediction of water requirements in the milkcows barns. *Beitrage zur "4. Internationalen Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung"*, München, 9.-10. März 1999, ISBN 3-9805559-5-X, стр. 467-470.

[8] Petrović, D., Topisirović, G., Schön, H., Tošić, M. 1998. Turbulent velocity field measurement in the air of swine housing buildings. *Zbornik apstrakta naučno-stručnog skupa "Dan poljoprivredne tehnike – Informacione tehnologije i razvoj poljoprivredne tehnike"*, Beograd-Zemun. YU ISSN 0354-9437, UDC 631, str. 101-102.

[9] Takai, H., Pedersen, S., Johnsen, J.O., Metz, J.H.M., Groot Koerkamp, P.W.G., Uenk, G.H., Phillips, V.R., Holden, M.R., Sneath, R.W., Short, J.L., White, R.P., Hartung, J., Seedorf, J., Schroeder, M., Linkert, K.H., Wathes, C.M. 1998. Concentrations and Emissions of Airborne Dust in Livestock Buildings in Northern Europe. *J. agric. Engng Res*. 70, 59-77.

[10] Topisirović, G., Ećim Đurić, Olivera. 2008. Numeričko predviđanje strujnog polja pri prirodnoj ventilaciji stočarskih objekata. *Poljoprivredna tehnika,* god. XXXIII, br. 3. p.p. 41 - 47. Poljoprivredni fakultet. Beograd.

[11] Wang, X, Zhang, Y, Zhao, L.Y., Riskowski, G.L. 2000. Effect of ventilation rate on dust spatial distri-bution in a mechanically ventilated airspace. *Transactions of the ASAE*. Vol. 43(6), pp. 1877-1884.

DISTRIBUTION OF AIRBORNE DUST PARTICLES IN A TIED-COWS BARN

Goran Topisirović, Dragan V. Petrović

University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun, Republic of Serbia

Abstract: Among others, an airborne dust particles concentration is a crucial microclimate quality parameter of each livestock building. Increasing the concentration of dust particles affects the indoor air quality and health of employed workers and breeding animals. In order to enrich the exisiting data base and improve the understanding of mechanisms of controlling the microclimate conditions in livestock buildings, the influence of operational air flow rate of under-roof axial fans on airborne dust particles distribution crossover the tied cows barn has been analysed in present study. Six different air flow rates of both installed fans have been tested: 0 $m^3 \cdot h^{-1}$ (only natural ventilation), 23750 $m^3 \cdot h^{-1}$, 30750 $m^3 \cdot h^{-1}$, 37300 $m^3 \cdot h^{-1}$, 39900 $m^3 \cdot h^{-1}$ and 48000 $m^3 \cdot h^{-1}$. Measurements have been performed at four typical height levels (0,5 m; 1,0 m; 1,5 m and 2,0 m), cross-over the three lateral and four longitudinal characteristic building sections. Consequently, 48 measuring points were appropriately selected, in order to cover the whole indoor space in adequate way. Comparative analysis of air flow velocities and dust concentrations showed that this fan setup can provide satisfactory results under adequate operational regime. Certain working regimes were recommended

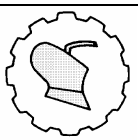
for use, and the first fan rate step, generating the airflow of 23750 $m^3 \cdot h^{-1}$, or indoor air exchange level of approximately 16 $l \cdot h^{-1}$, has been found as the most suitable.

Key words: *fan flow rate, airflow velocity, airborne dust, livestock buildings*

Datum prijema rukopisa: 24.10.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 28.10.2012.
Datum prihvatanja rada: 01.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 4, decembar 2012.
Strane: 13 - 22

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku



UDK: 629.114.2

Originalni naučni rad
Original scientific paper

OPTIMIRANJE TRAKTORSKIH SISTEMA SA ASPEKTA OPTEREĆENJA LJUDSKOG OPERATORA

Rajko Radonjić[*], **Aleksandra Janković, Dragoljub Radonjić, Branislav Aleksandrović**

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac

Sažetak: Vozači poljoprivrednih traktora su izloženi visokim nivoima oscilatornih opterećenja. Mogućnosti za izolaciju niskofrekventnih oscilacija poljoprivrednog traktora uz pomoć konvencionalnih pasivnih sistema oslanjanja sedišta vozača su ograničene. Korišćenjem aktivnih sistema oslanjanja sedišta moguće je zaštititi vozača od štetnih oscilacija. U ovom radu analizirane su mogućnosti primene polu aktivnih i potpuno aktivnih sistema oslanjanja sedišta traktora. Analiza je sprovedena korišćenjem simulacionog modela traktora točkaša. Formirani kriterijumi procene u ovom radu pokazuju da se može postići znatno poboljšanje komfora sedišta traktora korišćenjem aktivnih sistema oslanjanja.

Ključne reči*: traktor, sedište, aktivno oslanjanje, komfor.*

UVOD

Ljudski faktor kao vozač traktora i rukovalac rada implemenata izložen je brojnim nepovoljnim uticajima od tako formiranog traktorskog sistema i od okruženja. Ovi uticaji se manifestuju kao fizička i psiho-fiziološka opterećenja, koja utiču na efikasnost obavljanja radnih zadataka i na zdravstveno stanje vozača, a posledica su neprikladnih konstruktivnih karakteristika traktora, nepovoljnih uslova kretanja, težih radnih režima, kao i složene funkcije upravljanja. Naime, s obzirom na određene zahteve poljoprivredni traktori su još uvek, u najčešće slučajeva, elastično neoslonjena terenska vozila. To znači vozila sa većim dimenzija guma manje krutosti i prigušenja u odnosu na pneumatike drumskih vozila. Pod dejstvom pobude terena ili kolovoza izložena su visokim nivoima oscilatornih opterećenja koja se prenose na vozača i opterećuju ga [1]. Iz ovih razloga se, pri konstrukciji i upotrebi traktora danas, postavljaju sve stroži zahtevi u pogledu:

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

1. Postizanja određenog nivoa komfora za vozača – operatora s obzirom na štetno dejstvo oscilacija [2],
2. Obezbeđenja, da vozač u svim radnim uslovima, zadrži optimalan položaj u odnosu na komande traktora [3],
3. Zaštite elemenata i sklopova traktora, zemljišta ili tereta koji se prevozi od visokih nivoa dinamičkih opterećenja.

Niskofrekventne mehaničke oscilacije traktora smanjuju radnu sposobnost vozača, a njihovo dejstvo u dužim vremenskim intervalima može izazvati ozbiljne zdravstvene probleme [2],[5],[8],[9]. Nivoi oscilacija poljoprivrednih traktora, pre svega nivoi vertikalnih ubrzanja, kojima su izloženi vozači, dugo vremena su tretirani kao neprihvatljivo visoki. Rezonantne učestanosti su uobičajeno u frekventnom domenu od 0.5 do 5 Hz, srednje kvadratne vrednosti nivoa ubrzanja do $0.2 \cdot g$ u vertikalnom pravcu, $0.15 \cdot g$ u bočnom i podužnom, sa vršnim vrednostima do $2 \cdot g$ [4],[9].

U pogledu poboljšanja oscilatornog komfora na poljoprivrednim traktorima aktivnosti su bile usmerene, u proteklom periodu, ka razvoju i primenu sekundarnih elastičnih oslanjanja, sedišta i kabine, a u manjoj meri razvoju primarnog oslanjanja, dakle oslanjanje osovina. Poljoprivredni traktori su univerzalno opremljeni sedištima sa slobodom kretanja samo u vertikalnom pravcu. U najvećem broju slučajeva, sedišta traktora su komercijalno realizovana kao pasivni uređaji izolacije oscilacija, uobičajene kombinacije opružnih i prigušnih elemenata. Elastično oslanjanje kabine, radnog prostora vozača, pruža mogućnosti postizanja slobode kretanja u drugim relevantnim pravcima i neposredno odklanja probleme izazvane relativnim kretanjem vozača u odnosu na komande za upravljanje traktorom. Delikatno pitanje pri izboru koncepta oslanjanja kabine traktora je odluka koje stepene slobode kretanja obezbediti. Ovaj koncept će uticati na složenost uređaja i sistema za kontrolu kretanja kabine. Prema tome, masovnija primena elastičnog oslanjanja kabine traktora još uvek nailazi na tehničke probleme i uslovljena je ekonomskom opravdanošću. Osim toga, veoma mali broj radova, do sada, razmatra pitanja optimizacije konstrukcije traktora, posebno izolatora oscilacija i sistema za upravljanje i rukovanje sa aspekta rezultujućih nivoa opterećenja.

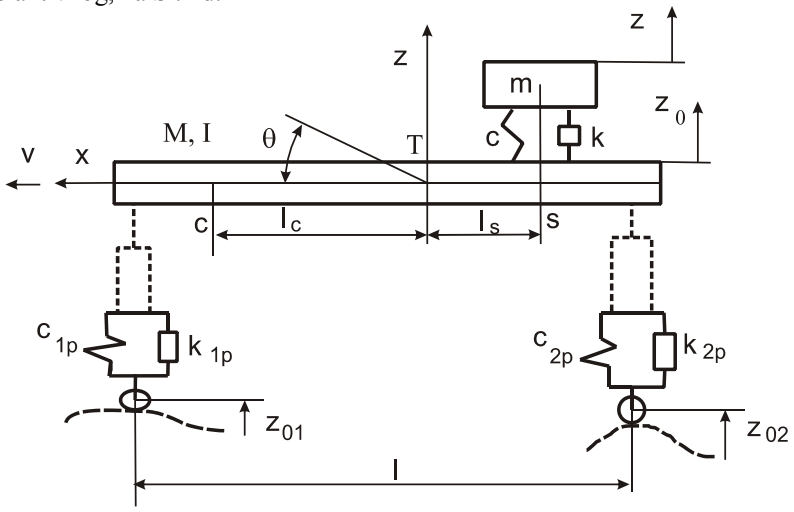
Imajući u vidu iznete probleme, u ovom radu smo razmotrili neke specifičnosti i ograničenja pasivnih sistema izolacije vozača od štetnog dejstva oscilacija i mogućnosti koje nudi primena poluaktivnih i aktivnih sistema oslanjanja sedišta traktora uz uvažavanje ovih trendova u oblasti oslanjanja sklopova i agregata drumskih motornih vozila.

MATERIJAL I METODE RADA

U vezi sa iznetim pitanjima u prethodnom poglavlju, u ovom poglavlju rada dat je sažet prikaz sadržaja rada i metode koje su korišćene za rešavanje postavljenih zadataka. Uzajamna sprega šasije traktora i posmatranog sedišta kao izolatora oscilacija, prikazana je na Sl. 1. Usvojen je koncept traktora sa elastičnim oslanjanjem preko točkova i guma prednje i zadnje osovine. Karakteristični oscilatorni parametri guma su označeni sa c_i i k_i, $i = 1, 2...$, a sedišta sa c i k. Masa traktora M, masa sedišta sa vozačem m. Vertikalno pomeranje centra masa traktora T, sa z, odgovarajuće ugaono zaokretanje, θ. Položaj

sedišta u odnosu na centar masa *T*, sa l_s. Vertikalno pomeranje oslonjene mase sedišta i vozača, *z*. Vertikalno pomeranje tačaka veze sedišta sa šasijom traktora z_0.

Nivoi oscilacija u pojedinim tačkama šasije traktora zavise od njihovog položaja u odnosu na referentne tačke ili ose, na primer, centar masa, osu prednjih, odnosno, zadnjih točkova, centre oscilovanja Prema tome, pri izboru položaja sedišta, l_s, treba voditi računa o ovim nivoima, ali će uticaj ispoljiti i drugi faktori: konstruktivna ograničenja, položaj komandi, zahtevi pojedinih radnih i transportnih operacija. Usvojena struktura modela traktora sa submodelom pasivnog sistema oslanjanja sedišta, na Sl. 1, omogućava dalje uprošćenje modela za simulacije i skraćuje potrebno vreme. Naime, s obzirom da je masa sedišta sa vozačem znatno manja od ukupne mase traktora sa implementom, onda ova masa ispoljava neznatan uticaj na ukupne nivoe oscilovanja sistema. Time je omogućeno da se sistem na sl, 1a, raspregne na dva oscilatorna modela i to, prvi dvodimenzionalni model traktora, mase, *M*, i jedan model sa koncentrisanom masom, m, na pokretnoj platformi, *M*. Na ovaj način, model traktora se može analizirati odvojeno od sedišta, i time opisati njegovi relevantni oscilatorni procesi u funkciji uticajnih parametara, zatim isti preneti u bazu podataka i koristiti u svim slučajevima izbora ili zamene sedišta. Sa druge strane, za analizu oscilatornih procesa sedišta, u smislu njegovih filterskih svojstava, koristi se parcijalni submodel sa Slike 1, pobuđen oscilacijama pokretne platforme, odnosno, šasije traktora, koje se mogu brzo generirati ili koristiti iz baze podataka. Ovaj pristup je korišćen u predmetnom radu i na bazi njega formirane strukture submodela sedišta sa različitim vidovima oslanjanja, počev od pasivnog, već opisnog na Sl. 1, preko varijanti poluaktivnih sedišta Sl. 2, a, b, c, do potpuno aktivnog, na Sl. 2d.



Slika. 1 Oscilatorni model sistema traktor – sedište – vozač

Figure 1. Vibration model of tractor – seat – driver system

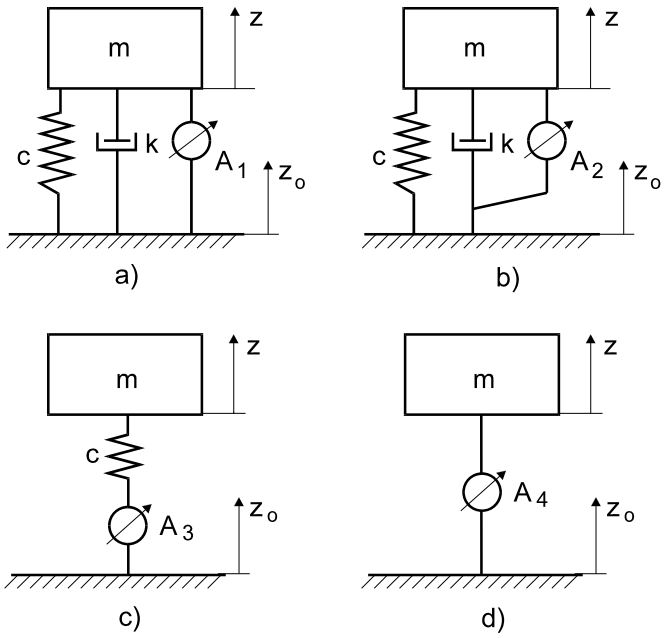
Prema modelu na Sl.1, odnosno, submodelima sedišta na Sl. 2, relativno pomeranje vozača sa sedištem, mase *m*, u odnosu na masu traktora *M*, z-z_o, je ograničeno s obzirom na upravljačko dejstvo vozača na komande traktora, a time je ograničena i najniža vrednost krutosti opruga,*c*. Sa druge strane, vozač na sedištu mora biti zaštićen od

štetnog dejstva oscilacija, iskazanog nivoima vertikalnog ubrzanja, d^2z/dt^2. Ovaj zahtev je moguće ispuniti pri nižim vrednostima krutosti opruga sedišta, c. Dakle, ova dva zahteva su protivurečna. Kompromis se traži uvođenjem i analizom kriterijuma efikasnosti sistema oslanjanja u pogledu zaštite od oscilacija K_z i kriterijuma sa aspekta dinamike i tačnosti upravljanja K_d, respektivno, (1):

$$K_z = \ddot{z} / \omega^2 z_o, \qquad K_d = (z - z_o) / z_o \tag{1}$$

gde su:

K_z	[-]	- faktor pojačanja vertikalnog ubrzanja traktorskog sedišta,
$\ddot{z}$	[m·s^{-2}]	- vertikalno ubrzanje traktorskog sedišta,
z	[m]	- vertikalno pomeranje traktorskog sedišta,
ω	[rad·s^{-1}]	- kružna učestanost,
z_o	[m]	- vertikalno pomeranje šasije traktora na mestu veze sedišta,
K_d	[-]	- faktor pojačanja relativnog hoda traktorskog sedišta.



Slika. 2 Oscilatorni modeli varijanti traktorskih sedišta

Figure 2. Vibration models of tractor seat variantes

Posmatrano u frekventnom domenu, ovako definisani kriterijumi se mogu interpretirati kao odgovarajuće frekventne karakteristike, amplitudna i fazna.

Prema našim analizama [10] [12], mogući koncepti izvedbe sedišta traktora sa delimično ili potpuno kontrolisanim oscilatornim karakteristikama prikazani su na Sl.2. Zavisno od broja uključenih pasivnih elemenata, prva tri koncepta su svrstana u grupu poluaktivnih, Sl.2. a,b,c., a četvrti, Sl.2.d., u grupu potpuno aktivnih, kako je već

prethodno prikazano. Koncept na Sl.2.a., sadrži pasivne komponente sa dodatim upravljanim elektro-hidrauličnim cilindrom A_1. Na Sl. 2.b., objedinjene su funkcije elektro-hidrauličnog cilindra A_2 i klasičnog hidrauličnog amortizera u funkciju elektronski kontrolisanog amortizera, sistem sa paralelnom spregom. I na Sl.2.c., isti sklop sa rednom spregom. Redosled varijanti je prikazan prema mogućem stepenu implementacije aktivnih komponenata u odnosu na preuzimanje osnovnih funkcija pasivnih sistema, nošenja - opruge, prigušenja - amortizeri i s obzirom na tempo razvoja i primene ovih komponenata na drumskim vozilima.

Dalja istraživanja i poredbene analize u smislu izbora optimalnog koncepta oslanjanja sedišta traktora sprovedena su na simulacionim submodelima (2), saglasno odgovarajućim fizičkim modelima na Sl.1 i Sl.2 :

$$\begin{gathered} \ddot{z} + (k/m)(\dot{z} - \dot{z}_o) + (c/m)(z - z_o) = 0 \\ \ddot{z} + (k/m)(\dot{z} - \dot{z}_o) + (c/m)(z - z_o) = F_A/m, \quad F_A = a\ddot{z} + b\dot{z} + dz \\ \ddot{z} + (k_2 + A)(\dot{z} - \dot{z}_o)/k_1 + (k_3/k_1)(z - z_o) = 0 \end{gathered} \tag{2}$$

gde su:

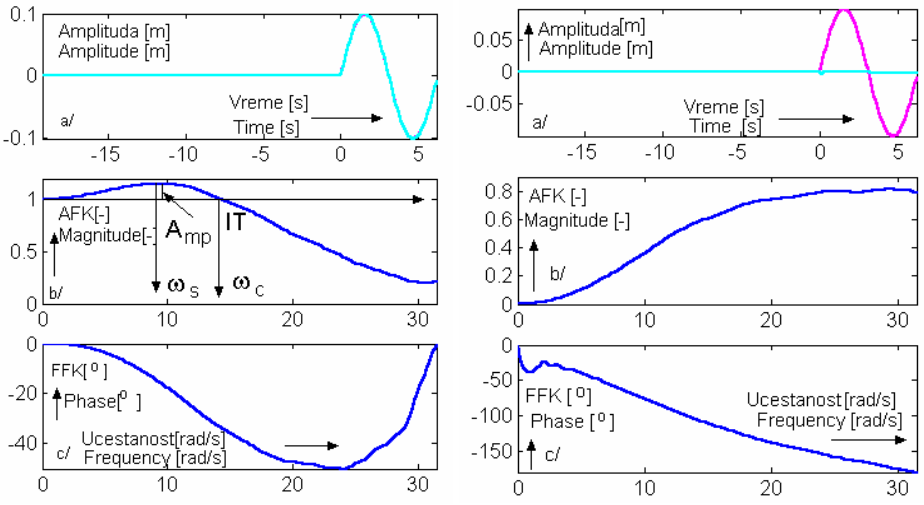
k [Ns·m^{-1}] - prigušenje traktorskog sedišta,
c [N·m^{-1}] - krutost traktorskog sedišta,
m [kg] - masa sedišta i vozača,
$\ddot{z}$ [m·s^{-2}] - vertikalno ubrzanje sedišta,
$\dot{z}$ [m·s^{-1}] - vertikalna brzina sedišta,
z [m] - vertikalno pomeranje sedišta
z_o [m] - vertikalno pomeranje šasije traktora na mestu veze sedišta,
F_A [N] - komponenta sile poluaktivnog oslanjanja traktorskog sedišta,
a [kg] - faktor pojaačanja vertikalnog ubrzanja,
b [kg·s^{-1}] - faktor pojačanja vertikalne brzine,
d [kg·s^{-2}] - faktor pojačanja vertikalnog pomeranja sedišta,
k_1 [kg] - faktor mase sedišta,
k_2 [kg·s^{-1}] - faktor prigušenja,
A [kg·s^{-1}] - faktor regulisanog prigušenja,
k_3 [kg·s^{-2}] - faktor krutosti.

U odnosu na oscilatorni model sedišta sa pasivnim oslanjanjem, opšti model poluaktivnih sistema oslanjanja sedišta (2), uključuje dodatnu silu F_A, generiranu u povratnim spregama promenljivih stanja oscilatornog sisitema, d^2z/dt^2, dz/dt, .. sa odgovarajućim pojačanjima, *a, b, ...* Strukturu konkretnog koncepta, kao što je naglašeno, definiše broj uključenih pasivnih komponenata ali i broj i tip formiranih povratnih sprega. Struktura modela potpuno aktivnog sistem oslanjanja sedišta traktora definisana je povratnim spregama i njihovim parametrima, A, k_1, k_2, k_3, (2). Na bazi ovoga, aktivni sistem oslanjanja sedišta omogućava potpuno rasprezanje uzajamnog uticaja parametara mase, krutosti i prigušenja u odnosu na pasivni sistem, što je očigledno na osnovu poređenja prvog i trećeg izraza matematičkog modela (2), a što doprinosi značajnom poboljšanju performansi podsistema sedišta s obzirom na izolaciju vozača od nepovoljnih uticaja oscilacija. Struktura i parametri modela poluaktivnih i aktivnog sistema oslanjanja, prikazanih, izrazima (2), određena je prethodnom

procedurom uz korišćenje teorije optimalnog upravljanja i projektovanja optimalnih regulatora za gore navedene zadatke optimiranja, [11], [12].

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Za poljoprivredni traktor srednje kategorije sa pasivnim sistemom oslanjanja sedišta, prikazani su rezultati simulacije na Sl. 3 a i b, saglasno definisanim kriterijumima ocene (1). Prema Sl. 3a, na prikazu amplitudno-frekventne karakteristike ubrzanja sedišta, tipična su dva domena u odnosu na invarijantnu tačku *IT*. Domen ispred, pojačanje oscilacija; domen iza, slabljenje oscilacija. Na ovoj karakteristici se uočavaju određene protivurečnosti primenjenog pasivnog sistema oslanjanja sedišta. Naime, sa opadanjem prigušenja pasivni sistem pojačava nivoe oscilacija pri nižim učestanostima i slabi odgovarajuće nivoe pri višim učestanostima. S obzirom na tokove pobude sedišta od mase traktora, i ograničenog domena izbora sopstvene učestanosti sedišta, neophodno je povećati prigušenje pri nižim učestanostima što će se odraziti na pojačanje nivoa oscilacija pri višim učestanostima. A upravo u ovom domenu se nalazi sopstvena učestanost traktora. Sa ovim problemima se mora računati pri optimiranju parametara sedišta u sistemu, traktor - sedište - vozač. Na sličan način, se mogu diskutovati i ograničenja pasivnog oslanjanja sedišta na osnovu prikaza frekventnih karakteristika relativnog hoda sedišta u odnosu na šasiju traktora, prema tome, i u odnosu na komande sistema traktora i priključaka, Sl. 3b.



a. b.

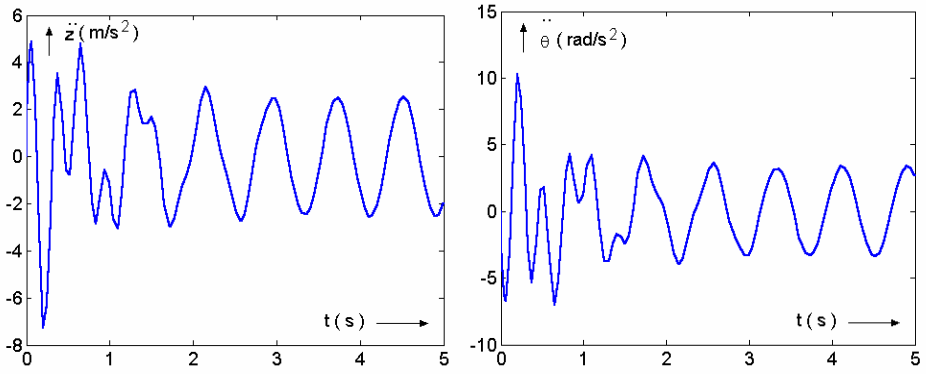
Slika. 3 Frekventne karakteristike pasivnog sedišta traktora

Figure 3. Frequency characteristics of tractor passive seat

Rezultati na Sl. 3, omogućavaju da se odrede tri karakteristična parametra ocene filterskih svojstava sedišta za vozača, značajna za izolaciju oscilacija i to, nadvišenje amplitudno-frekventne karakteristike, tj. vrednost maksimuma iznad vrednosti *AFK* =1,

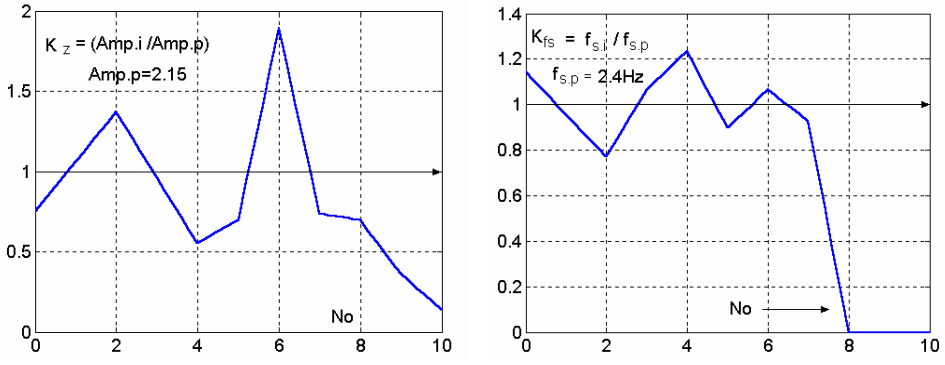
obeležena sa, A_{mp}, zatim, vrednost apscise pri ovom maksimumu, ω_s, kao učestanost sopstvenih oscilacija sedišta i na kraju, presečna tačka prave, nivoa *AFK* = 1, sa krivom *AFK*, kao propusni opseg oscilacija sedišta, ω_c, posmatranog kao filter. Ova tri kriterijuma su bila baza za poređenje prikazanih koncepata oslanjanja sedišta traktora prikazanih na Sl. 2. U prethodnoj fazi je definisan pobudni signal šasije traktora za simulaciona istraživanja varijanti sedišta pod identičnim uslovima. Signal je dobijen simulacijom oscilacija šasije traktora za izabranu pobudu od tla, [6], [7], [13]. Ilustrativni prikaz je dat na Sl. 4, kao promene vertikalnih i ugaonih ubrzanja šasije traktora za periodičnu pobudu preko točkova.

Na Sl. 5., prikazani su karakteristični parametri varijanti sedišta sa Sl. 2, čiji je broj znatno povećan variranjem relevantnih parametara za regulaciju elastoprigušnih karakteristika, redni brojevi na apcisi prikaza Sl. 5. Pri tome, prva tri grafika, na Sl. 5 a, b, c, prikazuju indeks povećanja, odnosno smanjenja karakterističnog parametra, prema sl. 3a, u odnosu, na pasivno oslanjanje sedišta, prema kriterijumu nivoa vertikalnih ubrzanja. Zadnji prikaz na Sl. 5d, daje zbirni uvid u tokove promene sva tri parametra, za date uslove posmatranja, Sl. 3b, i relativno pomeranje sedišta u odnosu na šasiju traktora.

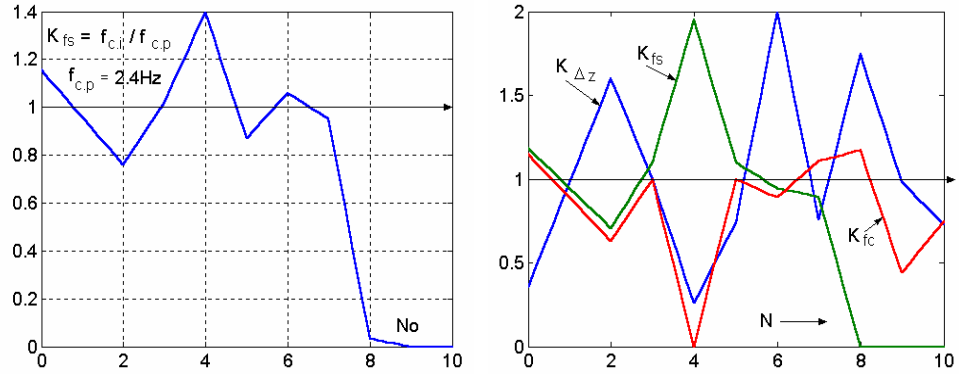


Slika. 4. Vertikalna i ugaona ubrzanja šasije traktora

Figure 4. Vertical and angular acceleration of tractor suspended mass



a. b.



c. d.

Slika. 5 Parametri ocene traktorskih sedišta

Figure 5. Evaluation parameters of tractor seats

Poredbena analiza rezultata na Sl. 5, ukazuje da poluaktivni sistemi oslanjanja sedišta traktora u izvesnoj meri modifikuju karakteristike pasivnih, klasičnih sistema oslanjanja. Sa druge strane potpuno aktivni sistemi oslanjanja sedišta, značajno poboljšavaju performanse. U čitavom frekventnom području je postignuto aktivno slabljenje nivoa oscilacija, eliminisane su rezonantne oscilacije, sužen je propusni opseg i time pojačana filterska svojstva posmatranih sedišta.

ZAKLJUČAK

Specifičnosti konstrukcije traktora i implemenata, njihova interakcija, zatim uslovi kretanja i složena funkcija upravljanja mogu izazvati efekte koji nepovoljno utiču na zdravlje ljudskog operatora. U ovu grupu faktora se svrstavaju i oscilatorni procesi traktora koji se posebno ispoljavaju na neravnom tlu i terenu. U smislu poboljšanja oscilatorne udobnosti traktorskih sistema aktivnosti su bile usmerene na optimiranje oscilatornih parametara guma, kao i na razvoj i primenu sekundarnih sistema oslanjanja, sedišta i kabina, a u manjoj meri na razvoj dopunskih sistema oslanjanja točkova i osovina. U najvećem broju varijanti, sedišta traktora su realizovana kao sistemi sa pasivnim elementima, dakle, kao uobičajene kombinacije opružnih i prigušnih elemenata. Rezultati do kojih smo došli u ovom radu pokazuju određene prtivurečnosti primene pasivnih sistema oslanjanja sedišta. Naime, sa opadanjem prigušenja, pasivni sistem pojačava nivoe oscilacija pri nižim učestanostima i slabi odgovarajuće nivoe pri višim učestanostima. U tom smislu, određeni problemi se pojavljuju pri usaglašavanju karakteristika elastičnosti i prigušenja sedišta s obzirom na zahteve minimiziranja ubrzanja, mekše oslanjanje i zahteve ograničenog pomeranja operatora u odnosu na komande traktora i implemenata, tvrđe oslanjane. Pri tome se mora voditi računa o domenima izmene sopstvenih učestanosti traktora, sedišta i učestanostima tipičnih pobudnih sila.

Rezultati dobijeni istraživanjem izolacionih svojstava pasivnih sedišta omogućili su selekciju tri karakteristična parametra na osnovu identifikovanih tokova frekventnih karakteristika, i to, faktor nadvišenja amplitudno-frekventne karakteristike, odgovarajuću sopstvenu učestanost i propusni opseg. Ovi parametri su se pokazali kao prikladni za ocenu karakteristika sedišta sa aspekta filtrirajućih svojstava nepovoljnih oscilatornih efekata. I posebno, za kategorizaciju varijanti polu-aktivnih i aktivnih sistema oslanjanja sedišta, razmotrenih u ovom radu.

LITERATURA

[1] Matthews, L. 1973. The measurement of tractor ride comfort. *SAE paper* 730795.

[2] Dieckmann, D. 1957. Einfluss vertikaler mechanischer Schwingungen auf den Menschen. *Internationale Zeitschrift fur angewendete Physiologie einschliesslich Arbeitsphysiologie*, *Heft 16*, 1957, s. 519 – 536. (Zitat in : Simić, D. 1970. Beitrag zur Optimierung der Schwingungseigenschaften des Fahrzeuges – Physiologische Grundlagen des Schwingungskomforts. Dissertation, D 83, von der Fakultat fur Maschinenwesen der Technischer Universitat Berlin, 1970.)

[3] Pieszczynski, W., Christ, E., Dupuis, H. 1973. Steuerfehler unter Schwingugseinfluss. *ATZ*, 75 (1973) 8, s. 281 – 283.

[4] Roley, G., Burkhardt, H.1975. Performance characteristics of CBA suspension models. Paper 75-1517, *ASAE*, 1975.

[5] Scarlett, A., Price, J., Stayner, R. 2007. Whole – body vibration: Evaluation of emission and exposure levels arising from agricultural tractors. *Journal of Terramechanics,* 44 (1), pp. 65 – 73.

[6] Radonjić, R., Dunkić, A. 1986. Definisanje pobude vozila od neravnina puta. *Motorna vozila Motori,* br. 68/69, str. 153 – 166, Mašinski fakultet, Kragujevac.

[7] Radonjić, R., Janković, A., Aleksandrović, B., Radonjić, D. 2012. Excitating vehicle's vibration from the road surface. *23rd National Conference & 4th International Conference NOISE and VIBRATION*, University of Niš, Faculty of Occupational Safety and "Politechnica" University of Timisoara, Faculty of Mechanical Engineering, Niš 17 – 19.10.2012, Proceedings, pp. 179 – 184.

[8] ISO. ISO 2631-1. 1997. Mechanical vibration and shock – evaluation of human exposure to whole – body vibration, part 1 : general requirements, (cited in [5]).

[9] ISO.ISO 5008. 2002. Agricultural wheeled tractors and field machinery – measurement of whole – body vibration of the operator, (cited in [5]).

[10] Radonjić, R., Dunkić, A. 1992. Analiza rezultata istraživanja elastokinematskih karakteristika sistema elastičnog oslanjanja putničkih automobila. *Simpozijum MVM'92*, *Kragujevac. Zbornik radova*, str. 68 – 77.

[11] Radonjić, R. 2006. Demands on driver modelling in vehicle handling investigation. *International Congress Motor Vehicles & Motors*, Mašinski fakultet Kragujevac. Proceedings, paper MVM 20060061, pp. 82-93.

[12] Radonjić, R. 2008. Performanse oscilatorne udobnosti vozila sa različitim sistemima aktivnog oslanjanja. *XXI. konferencija sa međunarodnim učešćem, Buka i Vibracije*, Zbornik radova, Fakultet zaštite na radu, Niš, ID. 21- 6, str. 1-7, Tara, 7 – 9. 10. 2008.

[13] Janković, A. 2008. *Dinamika automobila*. Mašinski fakultet, Kragujevac.

OPTIMIZATION OF TRACTOR SYSTEMS WITH RESPECT TO HUMAN FACTOR LOAD

Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Dragoljub Radonjić, Branislav Aleksandrović

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

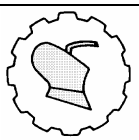
Abstract: The drivers of agricultural tractors are exposed to high levels of vibration loads. The possibilities to insulation of low frequency vibration of agricultural tractor by means of driver's seat conventional passive suspension systems are limited. By using active systems it is possible to protect the driver from dangerous vibration. In this paper the possibilities to application of tractor seat semi-active and full active suspension systems are analyzed. The analysis was conducted by means of wheeled tractor simulation model. The assessment criterion formed in this paper shown that the considerably improvement of tractor seat comfort can be obtained by using the active suspension systems.

Key words: tractor, seat, active suspension, comfort.

Datum prijema rukopisa:	19.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama:	23.11.2012.
Datum prihvatanja rada:	25.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 4, decembar 2012.
Strane: 23 - 30

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku



UDK: 631.536

Originalni naučni rad
Original scientific paper

PRIMENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA SUŠENJA U INDUSTRIJI PRERADE HRANE

Ivan Zlatanović*

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Beograd-Zemun

Sažetak: Proteklih godina je u Republici Srbiji održan veliki broj konferencija, savetovanja i okruglih stolova na temu implementacije energetski efikasnih tehnologija. Usvojeni su zaključci da Republika Srbija, osim Zakona o Energetici, nema propratnih propisa koji bi regulisali projektovanje i izgradnju centara za sušenje, skladištenje i doradu poljoprivrednih proizvoda. Sušenje je jedna od osnovnih tehnoloških operacija u industriji prerade hrane. Skrenuta je pažnja na izuzetno veliki utrošak energije na postrojenjima za sušenje. Neka od predloženih rešenja su racionalizacija potrošnje energije na postojećim postrojenjima i usvajanje novih ekonomičnijih postrojenja baziranih na novim tehnologijama. Ovim radom učinjen je jedan osvrt na dostupnu literaturu i istraživanja velikog broja internacionalnih autora koji se bave naprednim tehnologijama sušenja, unapređenjem energetske efikasnosti sistema sušenja kao i ekološkim aspektima sušenja u cilju obezbeđenja održivog razvoja.

Ključne reči*: sušenje, savremene tehnologije, eksergija, efikasnost, ekologija.*

UVOD

Usvajanje i masovnija primena ekoloških (eng. „*eco-frendly*“) tehnologija sušenja je sporo usled više faktora, a kratkoročna isplativost i trenutna profitabilnost su često glavni razlozi. Istraživanja u oblasti sušenja se moraju fokusirati upravo na rešavanje ovih problema i demonstrirati mogućnosti primene alternativnih tehnologija u cilju edukacije proizvođača i korisnika sistema za sušenje.

Ovim radom se čini osvrt na literaturu i istraživanja u cilju promocije savremenih tehnologija sušenja koje su često dobijene kombinacijom postojećih tehnologija. Upotreba novih tehnologija obećava ekonomski i ekološki benefit i veliki broj istraživanja se bavi njihovom primenom u sistemima sušenja, međutim, do njihove

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

masovnije upotrebe u Republici Srbiji na farmama i u industriji još uvek nije došlo uprkos uloženim naporima i promovisanju.

MATERIJAL I METODE RADA

Pregled literature je izvršen prema nekoliko kriterijuma kojima se objedinjuju i analiziraju publikacije, a to su razmatranja:

1) kombinovanih tehnologija sušenja;
2) postignutog kvaliteta osušenog proizvoda;
3) energetske efikasnosti procesa sušenja;
4) ekoloških aspekata sušenja.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Kombinovane tehnologije sušenja

Krajem dvadesetog veka javljaju se različite metode sušenja za dobijanje proizvoda vrhunskog kvaliteta, kod kojih je potrošnja energije usled različitih poboljšanja procesa prenosa mase i energije, svedena na minimum.

Prema procesu sušenja opisanom u [1], dominiraju dve faze: 1. faza zamrzavanje, 2. faza kontaktno (konduktivno) sušenje u vakuumu. Kao rezultat ovakvog procesa navodi se da je proizvod veoma dobrog izgleda i njegov kapacitet rehidratacije je uporediv sa kapacitetima sublimacijom osušenog materijala. Tehnologijom [2] koja kombinuje simultano osmotsko i konvektivno sušenje grožđa, koje se postiže u fluidizovanom sloju šećera i griza, sa predtretmanom potapanja u etil-oleat, vreme trajanja procesa sušenja se prepolovilo. U pojedinim publikacijama [3], posmatra se kombinovan proces sušenja u odnosu na potrošnju energije i postignut kvalitet osušenog proizvoda.

Korišćenje mikrotalasa za grejanje materijala u sistemima sušenja poslednjih godina postaje popularno. Mogućnost selektivnog grejanja mikrotalasa u kombinaciji sa pneumatskim transportom materijala koji se suši, korišćenjem prinudnog strujanja vazduha, koristi se za različite vrste proizvoda, na primer: sušenje šargarepe u tankom sloju [4] ili sušenje krompira u kriškama [5]. Kvalitet proizvoda sušenih mikrotalasima se poboljšava ukoliko se kombinuje sa osmotskim sušenjem [6]. Takođe, neka od istraživanja pokazuju da kombinacija mikrotalasnog sušenja i sušenja u vakuumu daje dobre rezultate prilikom sušenja voća [7], sušenja brusnice [8, 9] i sušenja graška [10].

Kvalitet osušenog proizvoda

Prema nekim istraživanjima [3], bez obzira na to što se među prerađenom hranom smatraju kao proizvodi sa nižim kvalitetom, osušeni prehrambeni proizvodi sve više dobijaju na popularnosti. To potvrđuje i konstantan rast tržišta sušene hrane. Analizirajući međusobni uticaj sušenja na kvalitet finalnog proizvoda [11], koncept kvaliteta je prilično složen u sektoru prehrambene industrije. Optimizacijom procesa sušenja prehrambenih proizvoda [12] primećuje se da je koncept kvaliteta osušenog proizvoda često različit za potrošača i za industriju.

U literaturi se kvalitet finalnog proizvoda često povezuje sa onim osobinama koje su prihvatljive potrošačima. Tako je, na primer, rehidratacija najviše istraživani parametar kvaliteta, pored boje i skupljanja [13]. Brojni autori [13-18] razmatraju kinetiku sušenja pojedinih namirnica, utvrđuju razne faktore koji utiču na promenu kvaliteta i bave se kontrolom parametara radi postizanja željenog kvaliteta finalnog proizvoda, na primer: parametar promene boje kao jedan od bitnih faktora kvaliteta [13], skupljanja (kontrakcije) proizvoda tokom sušenja [19-21] ili promene u teksturi i fizičkoj strukturi sušenog materijala i utvrđuje njihov uticaj na rekonstrukciju i rehidrataciju, kao i na organoleptičke karakteristike kao što je osećaj u ustima [22]. U istraživanjima [23] koja obrađuje problematiku sušenja voće i povrća, vrši se podvrgavanje voća i povrća različitim podtretmanima (potapanje u alkalne rastvore, beljenje, i slično) radi poboljšanja i održavanja njihovih karakteristika prilikom sušenja. Za očuvanje boje osušenog proizvoda koristi se tretman sumpor-dioksidom. Sumpor-dioksid i sulfiti deluju kao inhibitori aktivnosti enzima i sprečavaju promenu boje. Vezu između parametara sušenja i promene kvaliteta proizvoda moguće je opisati i posebnim metodama [24, 25].

Osobine koje bitno utiču na kvalitet, mogu se svrstati u nekoliko grupa [24]:

1) Strukturne osobine (*gustina, poroznost, veličina pora, specifična zapremina, ...*)
2) Optičke osobine (*boja, izgled, ...*)
3) Mehaničke osobine (*otpornost na pritisak i istezanje, ...*)
4) Termička svojstva (*staklasto, kristalno ili gumeno stanje proizvoda, ...*)
5) Čulne osobine (*miris, ukus, aroma, ...*)
6) Nutritivna svojstva (*vitamini, proteini, ...*)
7) Rehidratacione osobine (*stepen rehidratacije, kapacitet rehidratacije, ...*)

Karakteristike kvaliteta su pod uticajem mnogobrojnih faktora koji se javljaju tokom sušenja, ali sve one su na kraju povezane sa temperaturom sušenja i dinamikom uklanjanja vlage iz materijala. Jedinstveni zaključak, izveden razmatranjem publikacija prethodno pomenutih autora, jeste da dovedena toplota i vreme izlaganja proizvoda na povišenoj temperaturi i toplom vazduhu prilikom sušenja, utiču na nutritivni kvalitet prehrambenih proizvoda. On pokazuje postojanje velikih hemijskih promena koje se dešavaju tokom sušenja, kao što su dobijanje braon boje, oksidacija lipida i gubitak originalnih prirodnih boja. Takođe, proces sušenja utiče i na rehidrataciju, rastvorljivost, izgled teksture i gubitak arome. Povišene temperature sušenja i perioda izlaganja materijala utiču na njegovu hranljivost, sadržaj vitamina i proteina, kao mikrobiološka strukturu materijala. Pokazano je da postoji primetan gubitak vitamina C i vitamina A tokom sušenja. Takođe, gubitak prirodnih pigmenata kao što su karotenoidi, hlorofil i ksantofil je povezan sa promenom boje sušenog voća i povrća. Iako je promena boje ponekad povezana sa neželjenim hemijskim promenama koje se dešavaju u materijalu, pravi problem je u (ne)prihvatanju od strane konzumera. Očuvanje ovih pigmenata tokom dehidratacije je veoma važno uglavnom da bi proizvod bio atraktivan i prihvatljiv za potrošače.

Efikasnost procesa sušenja. Eksergija

Eksergija predstavlja rad koji je dostupan u gasovitom, tečnom i čvrstom materijalu, kao rezultat njegovog neravnoteženog stanja u odnosu na neko referentno stanje. Što je sistem udaljeniji od stanja ravnoteže, to je veći rad koji se iz njega može dobiti. Koncept

eksergije proizilazi iz Drugog zakona termodinamike i o njegovom smislu govorili su razni autori [26-36].

U pristupu razmatranja pojma eksergije postoji manji nedostatak [31]. Naime, prema Drugom zakonu termodinamike sistem teži stanju ravnoteže koje je u neku ruku stanju haosa, a obzirom na to da je takvo stanje haosa teško opisati jasnim uslovima i definicijama, pravila za opisivanje eksergije (koja je dostupna iz bilo kog izvora) mogu biti razvijena uz pomoć raznih pojava (struja, magnetno polje, difuzioni tok, hemijski potencijali, inercija, gravitacija itd.). Međutim, u savremenim eksergetskim analizama gravitacija i inercija se obično zanemaruju.

Pojedini autori [37, 38] predlažu uvođenje sistema nomenklature i simbola za eksergetsku analizu. Razvijanje eksplicitne jednačine eksergije i energije bila bi koristna u suočavanju sa pojavama kao što su prenos i unutrašnja konverzija energije [39]. Ovakvo razmatranje je zasnovano na proceni rada koji je dostupan na različitim mestima u sistemu, na osnovu čega identifikuje potencijalne gubitke. Raspoloživ rad se izračunava na osnovu konačne reference o odvodnoj toploti. Osnovni postupak za sprovođenje eksergetske analize sistema je prvo utvrđivanje vrednosti eksergije na stacionarnom stanju tačaka u sistemu, a potom i uzroka eksergetske promene u procesu koji se javlja među tačkama u sistemu. Opšte jednačine eksergije mogu biti formirane kao zbir svih eksergija koje doprinose raspoloživom radu u datoj tački.

Uobičajen je pristup u eksergetskoj analizi koji se sreće u literaturi jeste da se u analiziranom sistemu identifikuju svi elementi koji doprinose povećanju raspoloživog rada, dok su gubici eksergije u sistemu generisani kroz nepovratnost odgovarajućih procesa, prouzrokovanu neidealnim performansama u realnim uslovima [35].

Izdvajaju se tri načina formulisanja eksergetske efikasnosti [35]:

1) Jednostavna efikasnost
   (predstavlja odnos ukupne izlazne eksergije i ulazne eksergije);
2) Racionalna efikasnost
   (predstavlja odnos željene izlazne eksergije i upotrebljene eksergije);
3) Efikasnost eksergije u tranzitu
   (isključuje netransformisane eksergetske oblike iz jednostavne efikasnosti).

Eksergetskom analizom možemo upoređivati realne performanse u odnosu na one u kojima ne postoji ili postoji malo potrebne pogonske sile procesa, tj da je eksergetski gubitak veći onda kada je veća i pogonska sila procesa [40]. Do sličnih zapažanja se dolazi i kod sistema u prehrambenoj industriji [41, 42]. Teoretski gledano, jedini neizbežni gubitak kod sušare sa toplotnom pumpom jeste onaj koji se javlja usled vlaženja vazduha u komori sušare [43]. Ovo je u potpunoj suprotnosti sa konvencionalnim sušarama kod kojih grejanje samog procesa predstavlja gubitak. Neizbežni gubici su u uskoj vezi sa termodinamičkim gubicima u sušari sa toplotnom pumpom, a autor primećuje da se dobrim dizajnom sušare ovi gubici mogu značajno umanjiti. Eksergetska analiza sušenja pomoću toplotne pumpe može se sprovesti na nivou fizičkih i hemijskih procesa u sistemu [44]. U ovakvim analizama je često upotrebljavan termin "eksergetska promena mešanja" za adijabatski proces zasićenja vazduha u komori za sušenje. Eksergetsku analizu procesa sušenja je poželjno uraditi prilikom razmatranja sušenja na višim temperaturama [45].

Ekološki aspekti sušenja

U industrijski razvijenim zemljama, gde je svest o zaštiti životne sredine na višem nivou, specijalnim protokolima se uređuje proizvodnja i primena odgovarajuće tehnologije sušenja uzimajući u obzir različite uticajne faktore još u ranim fazama projektovanja instalacije za sušenje.

Tako, na primer, Agencija za zaštitu životne sredine SAD, *US EPA* (skraćeno od eng. *United States Environmental Protection Agency*), zahteva da se pri dizajniranju sistema sušenja posebno obrati pažnja na:

1) karakteristike materijala koji se suši,
2) kontrolu produkcije prašine i čestica prilikom sušenja,
3) skladištenje osušenog proizvoda,
4) kontrolu vlage i temperature u materijalu radi sprečavanja bakteriološke neispravnosti,
5) položaj sistema sušenja u odnosu na kanalizacione sisteme,
6) kapacitete sistema i infrastrukture na koju se povezuje,
7) prikupljanje i skladištenje otpadnog materijala,
8) energetsku efikasnost postrojenja,
9) bezbednosne rizike i zaštitu na radu.

Međutim, veoma mali broj naučnika i istraživača, koji istražuju oblast sušenja, pokušava da pojam sušenja sagleda u jednom globalnom kontekstu međusobne intenzivne interakcije ovog procesa i okolne sredine. Primena ekološki odgovarajućih tehnologije u energetskom inžinjerstvu, naročito u oblasti sušenja, može uticati na smanjenje nepovratnosti i povećanja entropije. Retki su autori koji posmatraju energetske, eksergetske i ekološke aspekte procesa sušenja iz jedne globalne industrijske perspektive [36]. Korišćenje biogasa, zemnog gasa, otpadnog gasa kod turbina i toplote čvrstih produkata sagorevanja kod direktnog sušenja, kao i pregrejane vodene pare i otpadne tople vode kod indirektnog načina sušenja, sve češće su predmet istraživanja [46]. Takođe, u novije vreme se razmatraju pravljenje i korišćenje različitih peleta od biomase i njihovo korišćenje u sistemima sušenja kao energenta [47].

ZAKLJUČAK

Većina publikacija vezanih za sušenje imaju jedan zajednički zaključak, a to je da je sušenje jedna od energetski najintenzivnijih operacija u procesnoj industriji.

U odsustvu univerzalnog okvira za utvrđivanje efikasnosti sušenja, eksergetska analiza se čini kao pogodna tehnika. Međutim, eksergetska analiza samo ukazuje na potencijal ili mogućnosti unapređenja procesa rada, ali ne može navesti da li je, ili nije, moguće ostvariti poboljšanje ili koliko bi ono bilo ekonomski racionalno.

O kvalitetu finalnog proizvoda konačan sud imaju potrošači u vidu potražnje, čime se podstiče konkurentnost među proizvođačima, koji su time prisiljeni da vode računa o ekonomičnijem poslovanju i proizvodnji sa jedne strane, a da odgovarajućim kvalitetom sirovine i adekvatnom opremom za preradu obezbede kvalitet sa druge strane.

LITERATURA

[1] Kompany, E., Allaf, K., Bouvier, J.M., Guigon, P., Maureaux, A. 1991. A new drying method of fruits and vegetables - quality improvement of the final product. *In: Drying 91*, Mujumdar, A.S. and I. Filkova, eds., Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 499-506.

[2] Grabowski, S., Mujumdar, A.S., Ramaswamy, H.S., Strumillo, C. 1994. Osmo-convective drying of grapes in a fluidized bed of sugar and semolina. *In: Drying 94 - Proceedings of the 9th International Drying Symposium*, Gold Coast, Australia, 921-928.

[3] Strumillo, C., Adamiec, J. 1996. Energy and quality aspects of food drying. *Drying Tech,* 14(2): 423-448.

[4] Prabhanjan, D.G., Ramaswamy, H.S., Raghavan, G.S.V. 1995. Microwave-assisted convective air drying of thin layer carrots. *J. Food Engng*., 25: 283-293.

[5] Al-Duri, B., Mclntyre, S. 1991. Comparison of drying kinetics of foods using a fan assisted convection oven, a microwave oven and a combined microwave/convection oven. *J. Food Engng.,* 15:139-155.

[6] Venkatachalapathy, K. 1998. *Combined osmotic and microwave drying of strawberries and blueberries*. Ph.D. Thesis*,* Dept. of Agricultural and Biosystems Engineering, McGill University, Montreal, Canada.

[7] Drouzas, A.E., Schubert, H. 1996. Microwave a lication in vacuum drying of fruits. *J. Food Engng.*, 28:203-209.

[8] Yongsawatdigul, J., Gunasekaran, S. 1996. Microwave vacuum drying of cranberries I: Energy use and efficiency. *J. Food Processing and Preservation*, 20: 121-143.

[9] Yongsawatdigul, J., Gunasekaran, S. 1996. Microwave vacuum drying of cranberries II: Quality evaluation. *J. Food Processing and Preservation*, 20: 145-156.

[10] Cohen, J.S., Ayoub, J.A., Yang, T.C. 1992. A comparison of conventional and microwave augmented freeze-drying of peas. *In: Drying 92 - Proceedings of the 8th Int. Drying Symp.*, Montreal, Canada, 585-594.

[11] Bimbenet, J.J., Lebert, A. 1992. Food drying and quality interactions. *In: Drying 92 - Proceedings of the 8th International Drying Symposium,* Montreal, Canada, 42-57.

[12] Banga, J.R., Singh, R.P. 1994. Optimization of air drying of foods. *J. Food Eng.*, 23:189-211.

[13] Ratti, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *J.Food Eng*., 49:311-319.

[14] Saravacos, G.D. 1993. Technological developments in fruit and vegetable dehydration. In: *Food Flavor, Ingredients and Composition*, Charalambous, G. ed., Elsevier Science Publishers, New York, 389-404.

[15] Krokida, M.K., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D. 1998. Effect of drying method on physical properties of dehydrated products. *Drying '98 -Proceedings of the 11th International Drying Symposium (IDS '98)*, Halkidiki, Greece, A: 809-816.

[16] Krokida, M.K., Tsami, E., Maroulis, Z.B. 1998. Kinetics of colour changes during drying of some fruits and vegetables. *Drying Tech.*, 16: 667-685.

[17] Krokida, M.K., Maroulis, Z.B., Saravacos, G.D. 2001. The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products. *Int. J. Food Sci. Tech*., 36: 53-59.

[18] Abbott, J.A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables, *Postharvest Biology and Technology* 15: 207–225.

[19] Lozano, J.E., Rotstein, E., Urbicain, M.J. 1983. Shrinkage, porosity and bulk density of food stuffs at changing moisture contents. *J. Food Sci.,* 48(5): 1497-1502, 1553.

[20] Zogzas, N.P., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D. 1994. Densities, shrinkage and porosity of some vegetables during air drying. *Drying Tech*., 12(7): 1653-1666.

[21] Sjoholm, I., Gekas, V. 1995. A le shrinkage upon drying. *J. Food Engng*., 25: 123-130.

[22] Pendlington, S., Ward, J.P. 1965. Histological examination of some air dried and freeze dried vegetables. *Proc. 1st International Congress of Food Sciece and Technology*, 4: 55-65.

[23] Mujumdar, A.S. 2006. *Handbook of Industrial Drying*, 3ed, Marcel Dekker, Inc., NY.

[24] Krokida, M., Maroulis, Z. 2000. Quality changes during drying of food materials. In: *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences*, Mujumdar, A.S. ed., Science Publishers, Inc., Enfield, NH, 61-106.

[25] Senadeera, W., Bhandari, B., Young, G., Wijesinghe, B. 2000. Physical property changes of fruits and vegetables during hot air drying. In: *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences,* Mujumdar, A.S. ed., Science Publishers, Inc., Enfield, NH, 149-166.

[26] Haywood, R.W. 1974. A critical review of theorems of thermodynamic availability with concise formulations Part 1: availability. *J. Mech. Engng. Sci.*, 16(3): 160-173.

[27] Haywood, R.W. 1974. A critical review of theorems of thermodynamic availability with concise formulations Part 2: irreversibility. *J. Mech. Engng. Sci*., 16(4): 258-267.

[28] Soma, J. 1983. Exergy and productivity. *Energy Engng.,* 80(2): 9-18, 1974.

[29] McCauley, J.F. 1983. A simplification of the second law of thermodynamics. *Energy Engng.,* 80(3): 51-65,

[30] OToole, F., McGovern, J.A. 1990. Some concepts and conceptual devices for exergy analysis. *J. Mech. Engng. Sci. - Proc. Instn. Mech. Engrs.,* 24: 329-340,

[31] McGovern, J.A. 1990. Exergy analysis - a different perspective on energy Part 1: the concept of exergy. *Proc. Instn. Mech. Engrs. Part A: Journal of Power and Energy*, 204: 253-268.

[32] Moran, M.J., Sciubba, E. 1994. Exergy analysis: principles and practice. *Trans. ASME - J. Engng. for Gas Turbines and Power*, 116: 285-290,

[33] Brodyansky, V.M., Sorin, M.V., Le Goff, P. 1994. *The Efficiency of Industrial Processes: Exergy Analysis and Optimization*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

[34] Cornelissen, R.L. 1997. *Thermodynamics and Sustainable Development - The use of Exergy Analysis and the reduction of Irreversibility*. Ph.D. Thesis, University of Twente, The Netherlands.

[35] Dincer, I. 2000. Energetic, exergetic and environmental aspects of drying systems. *Proceedings of the 12th Int. Drying Symp. (IDS 2000)*, Leeuwenhorst, The Netherlands, Aug 28-31, 2000 (CD-ROM), Paper #18.

[36] Dincer, I., Cengel, Y.A. 2001. Energy, entropy and exergy concepts and their roles in thermal engineering. *Entropy*, 3:116-149.

[37] Kestin, J. 1980. Availability: the concept and associated terminology. *Energy*, 5: 679-692.

[38] Kotas, T.J., Mayhew, Y.R., Raichura, R.C. 1995. Nomenclature for exergy analysis. *Proc. Instn. Mech. Engrs. Part A: J. Power and Energy,* 209: 275-280,

[39] Dunbar, W.R., N. Lior, Gaggioli, R.A. 1992. The component equations of energy and exergy. *Trans. ASME - J. Energy Res. Tech.*, 114:75-83.

[40] Feng, X., Zhu, X.X., Zheng, J.P. 1996. A practical exergy method for system analysis. *Proceedings of the 31st Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, IECEC 96,* Washington, D.C., 2068-2071.

[41] Rotstein, E. 1983. The exergy balance: A diagnostic tool for energy optimization. *J. Food Sci.,* 48: 945-950,

[42] Larson, D.L., Cortez, L.A.B. 1995. Exergy analysis: essential to effective energy management. *Trans. ASAE*, 38(4): 1173-1178.

[43] Carrington, C.G., Baines, P.G. 1988. Second law limits in convective heat pump driers. *Intl. J. Energy Res.*, 12:481-494.

[44] Ying, Y., Canren, L. 1993. The exergetic analysis of heat pump drying system. *Proc. 28th InterSociety Energy Conversion Engineering Conference, IECEC 93*, Atlanta, GA, I: 913-917,

[45] Topic, R. 1995. Mathematical model for exergy analysis of drying plants. *Drying Tech.*, 13(1&2): 437-445.

[46] Moss, L., Sapienza, F. 2005. Presented at *Managing Biosolids*: A Toolbox for Texas, hosted by the Water Environment Association of Texas, Austin, Texas,

[47] Dolak, I., Murthy, S., Bauer, T. 2001. Impact of Upstream Processes on Heat-drying Technology. In *Proceedings of the Water Environment Federation, American Water Works Association and California Water Environment Association Specialty Conference, Biosolids 2001*: Building Public Su ort. Arlington, VA: Water Environment Federation,

APPLICATION OF MODERN DRYING TECHNOLOGY IN THE FOOD PROCESSING INDUSTRY

Ivan Zlatanović

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

Abstract: Large number of conferences, seminars and roundtables on the topic of implementation of energy efficient technologies, took place in the Republic of Serbia, in a past few years. It was concluded that the Republic of Serbia has no accompanying regulations, except for Energy Law, that would regulate the design and construction of centers for drying, storage and processing of agricultural products. Drying is one of the major technological operations in the food processing industry. Attention was drawn to a very large consumption of energy on drying units. Some of the proposed solutions are the rationalization of energy consumption in existing plants and adoption of new cost-effective systems based on new technologies. This paper will provide a review of available publications of many international researchers that deals with advanced drying technologies, energy efficiency improvement of drying systems and environmental aspects of drying in order to ensure sustainable development.

Key words: *drying, modern technology, exergy, efficiency, ecology.*

Datum prijema rukopisa: *Paper submitted:*	10.10.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: *Paper revised:*	16.10.2012.
Datum prihvatanja rada: *Paper accepted:*	21.10.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 4, decembar 2012.
Strane: 31 - 39

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 626.845 : 633.15

Originalni naučni rad
Original scientific paper

EFEKTI PRIMENE TIFON UREĐAJA U NAVODNJAVANJU KUKURUZA (*Zea mays L.*)

Branka Kresović*[1], Vesna Dragičević [1], Boško Gajić[2], Angelina Tapanrova[2], Borivoje Pejić[3]

[1]Institut za kukuruz „Zemun Polje“, Beograd-Zemun
[2] Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za zemljište i melioracije, Beograd-Zemun
[3] Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

Sažetak: Cilj rada je bio da se na osnovu rezultata eksperimentalnog rada izvrši analiza efekata primene navodnjavanja kukuruza i kvantifikuju osnovni parametri koji učestvuju u strukturi troškova eksploatacije samohodnog rasprskivača velikog dometa tzv. tifon uređaji. Ogled je izveden u periodu 2002–2008, po metodi slučajnog blok sistema u četiri ponavljanja, na eksperimentalnom polju za navodnjavanje Instituta za kukuruz "Zemun Polje". U svim godinama je navodnjavano osim u 2004. godini, kada su padavine bile zadovoljavajuće za održavnje vlage iznad nivoa predviđene predzalivne vlažnosti zemljišta. Rezultati pokazuju da je po godinama proučavanja ostvaren različiti efekat navodnjavanja, od 0,315 t ha^{-1} do 4,459 t ha^{-1}. Takođe, zavisno od godine bio je različit odnos input–a i output–a. U višegodišnjem proseku, svaka tona prinosa dobijena dejstvom faktora navodnjavanja bila opterećena utrošenom energijom od 328 kWh za rad podvodne pumpe, koja je snabdevala tifon uređaj potrebnom količinom vode (500 m^3) iz dubinskog bunara, zatim sa oko 2 litre goriva za angažovanje traktora i sa približno 17 časova ljudskog rada.

Ključne reči*: navodnjavanje, prinos, kukuruz, energija, tifon*

UVOD

Činjenica je da prirodni vodni režim nije u stanju da kukuruzu obezbedi potrebnu količinu vode i da će problem slabog korišćenje genetičkog potencijala rodnosti biti

* Kontakt autor. E-mail: bkresovic@mrizp.rs

Rad je rezultat istraživanja u okviru projekta TR 31037: „Integralni sistemi gajenja ratarskih useva: očuvanje biodiverziteta i plodnosti zemljišta“, koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije

evidentan sve dok ne počne da se primenjuje navodnjavanje. U svetu navodnjavanjem se postižu značajni ekonomski efekti, međutim u Srbiji još uvek postoje dileme kada je u pitanju opravdanost njegove primene u praksi ratarske proizvodnje, posebno kad je u pitanju usev kukuruza. Najčešći problemi u praksi su da predviđena oprema nije usklađena sa veličinom parcela i strukturom setve, a proizvođači nemaju dovoljno znanja, kako o opremi za navodnjavanje tako i o potrebama useva za vodom [12]**.** Tokom vegetacionog perioda potrebe kukuruza za vodom prvo se postepeno povećavaju, dostižu maksimum u određenoj fenofazi, a zatim opadaju [7]**.** Nedostatak vode, vodni stres, dovodi do poremećaja u usvajanja hranljivih materija iz zemljišta, što direktno utiče kako na rast i razviće biljaka pa samim tim i na prinos useva [11] [1]**.** Pravilno određivanje kada i sa kojom količinom vode treba navodnjavati rezultira da se maksimalno ispolji genetički potencijal rodnosti biljaka, ostvari kvalitet prinosa, a proizvodnja bude racionalna.

Danas, u svetu, oprema i tehnika navodnjavanja kišenjem su na takvom nivou da se za svaku praktičnu primenu može naći najpovoljnije rešenje. Samohodni rasprskivači velikog dometa, tzv. tifon uređaji, se sve više koriste zbog mobilnosti i pogodnosti za navodnjavanje površina različitog oblika i veličine. Cilj rada je bio da se na osnovu rezultata eksperimentalnog rada izvrši analiza efekata primene navodnjavanja kukuruza u uslovima primena konvencionalnog sistema obrade zemljišta i uobičajenih agrotehničkih mera. Za tehnologiju koja dominira na proizvodnim površinama u Srbiji izvršena je kvantifikacija osnovnih parametara, koji učestvuju u strukturi troškova eksploatacije tifon uređaja i koji čine deo proizvodne cene kukuruza u navodnjavanju.

MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanja su obavljena na černozemu u periodu 2002–2008. godine, na oglednom polju za navodnjavanje Instituta za kukuruz „Zemun Polje“. Ogled je postavljen po metodi slučajnog blok sistema u četiri ponavljanja. Površina elementarne parcele bila je 28 m^2, a parcele za obračun prinosa 14 m^2. U uslovima prirodnog vodnog režima i navodnjavanja, sedam godina sejan je hibrid FAO 700 grupe zrenja (ZP 704) u gustini 60000 biljaka ha^{-1}. Na ogledu su korišćena NPK hraniva (300 kg N ha^{-1}, 210 kg P_2O_5 ha^{-1} i 150 kg K_2O ha^{-1}) i primenjivane su standardne agrotehničke mere. Predzalivna vlažnost zemljišta bila je 70–75% od poljskog vodnog kapaciteta (PVK). Vreme i norme zalivanja određivani su na osnovu sadržaja vlage (termogravimetrijskom metodom) u delu zemljišta 0–60 cm. Prinos zrna kukuruza (preračunat na 14% vlage) obrađen je statističkom metodom analize varijanse (LSD test: na nivou značajnosti 5% i 1%).

Ogled je navodnjavan tifon uređajem sa rasprskivačem (Rain Bird SR 103 EM) PE crevom prečnika 82 mm i dužine 300 m (Tab. 1).

Snabdevanje vodom bilo je iz dubinskog bunara sa podvodnom pumpom (UPA 84-10) snage motora 26 kW, preko hidrantne mreže ukopanog cevovoda. Po godinama proučavanja utvrđen je utrošak vode (m^3), energije za rad pumpe (kWh), časovi angažovanja radne snage, kao utrošak goriva za angažovanje traktora (l) na osnovu eksploatacionih ispitivanja sistema za navodnjavanje koja su obavljena u ranijem

periodu (Tab. 2). Eksploataciona ispitivanja su izvršena za normu zalivanja 20 mm i parametri se odnose na efektivan rad jednog prohoda tifona.

Tabela 1. Radne karakteristike tifon uređaja (T-82/300)

Table 1. Working characteristics of the typhon (T-82/300)

Prečnik mlaznice *Nozzle diameter (mm)*	Pritisak na uređaju *Pressure on the machine (bar)*	Pritisak na mlaznici *Pressure on the nozzle (bar)*	Protok *Flow* ($l \cdot s^{-1}$)
22,86	7,0	4,5	11,0

Tabela 2. Eksploatacioni parametri primenjenog sistema za navodnjavanje [4]

Table 2. Exploitation parameters of applied irrigation system [4]

Radni zahvat *Working scope (m)*	Domet *Range (m)*	Zalivna površina *Irrigation area (ha)*	Efektivan rad *Effective work (h)*	Utrošak vode *Water consumption* (m^3)	Utrošak energije *Energy consumption (kWh)*
68	34	2,20	11,13	440,6	289,4

Kvantifikacija osnovnih parametara koji učestvuju u strukturi troškova eksploatacije tifona za period proučavanja utvrđena je na osnovu efektivnog rada uređaja po hektaru zalivne površine (Tab. 3).

Tabela 3. Učinak tifona i potrošnja energije po hektaru navodnjavane površine [4]

Table 3. Working productivity and energy consumption per hectare of area irrigation [4]

Utrošak za normu navodnjavanja 20 mm *Consumption for irrigaton norm of 20 mm*			Promena za povećanje norme za svakih 10 mm *Change for the increase raining norm for each 10 mm*
$h \cdot ha^{-1}$	$ha \cdot h^{-1}$	kWh	$h \cdot ha^{-1}$
5,05	0,198	131,3	+ 2,53

Za period od 7 godina proučavanja, sistem za navodnjavanje nije se koristio samo u 2004. godini, koja je sa aspekta snabdevenosti kukuruza za vodom imala najpovoljniji vodni režim zemljišta. U svim ostalim godinama bio je deficit padavina tokom vegetacije kukuruza, vlažnost zemljišta se spuštala ispod predviđene predzalivne vlažnosti i varijante u navodnjavanju su zalivane (Tab. 4).

Tabela 4. Suma padavina za vegetacioni period i norme navodnjavanja

Table 4. Precipitation sum of vegatation period and irrigation norm

Godina *Year*	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.
Suma padavina *Precipitation sum (mm)*	348	243	390	357	417	279	224
Norma navodnjavanja *Irrigation norm (mm)*	140	160	0	30	40	150	190

Norme navodnjavanja su realizovane kroz veći broj zalivanja u svim godinama osim u 2005. i 2006. godini, u kojima je bilo potrebno samo jedno zalivanje (30 mm i 40 mm). U toku vegetacionog perioda kukuruza tri puta je zalivano u 2002 (50+50+40 mm) i 2007. godini (50+50+50 mm), a četiri puta u 2003 (30+30+50+50 mm) i 2008. godini (40+50+50+50 mm).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Različite količine prispele vode na površinu zemljišta tokom vegetacionog perioda kukuruza su veoma značajno uticale (F – 271.6861, P < 0.01, C_v – 4.44%) da se ostvare razlike prinosa između varijanti sa i bez navodnjavanja (Tab. 5). Za period istraživanja u prirodnom vodnom režimu ostvaren je prosečan prinos od 10,92 t ha^{-1}, a u navodnjavanju 13,29 t ha^{-1}.

Tabela 5. Prosečni prinosi kukuruza po varijantama proučavanja (t ha^{-1})

Table 5. Average yields of maize by studying variants (t ha^{-1})

Godine *Year*	Prirodni vodni režim *Rainfed regime*	Navodnjavanje *Irrigation*
2002.	10,24	13,39
2003.	8,84	12,05
2004.	13,83	13,98
2005.	13,68	13,99
2006.	11,99	13,36
2007.	9,10	13,00
2008.	8,79	13,24
Prosek *Average*	10,92	13,29

Analiza varijanse – Prinos zrna kukuruza *Analysis of variance - Maize grain yield*				
Izvor varijacije (C_v – 4.44%) *Surce of variation*	F value	Prob.	L D: 0.05	LSD: 0.01
Godina *Year*	76.2897	0.0000 **	0.4696	0.6394
Varijante *Variants*	271.6861	0.0000 **	-	-
Godina x Varijante *Year x Variants*	20.9233	0.0000 **	0.7892	1.074

Po godinama proučavanja, u prirodnom vodnom režimu prosečni prinosi zrna kukuruza, bez međusobno značajne razlike, bili su najniži u 2003 (8,84 t ha^{-1}), 2008 (8,79 t ha^{-1}) i 2007. godini (9,10 t ha^{-1}). Ove tri godine bile su izuzetno tople posebno u junu, julu i avgustu, sa visokim prosečnim temperaturama vazduha tokom vegetacionog perioda (20,3°C; 19,7°C i 20,0°C) i sumom padavina manjom od 300 mm (243 mm, 224 mm i 279 mm). Vegetacioni period 2002. godine imao je nešto nižu prosečnu temperaturu (19,5°C) i veću sumu padavina od navedenih godina, što je rezultiralo i značajno višim prinosima (10,24 t ha^{-1}). Najviše padavina je bilo u 2006. godini (417 mm), međutim raspored padavina nije bio povoljan sa aspekta potrebe kukuruza za

vodom u pojedinim fazama rasta i razvića. Najbolji rezultati prinosa (13,83 t ha^{-1} i 13,68 t ha^{-1}) u prirodnom vodnom režimu ostvareni su u 2004 i 2005. godini, u uslovima manje sume padavina (390 i 357 mm) sa rasporedom koji je obezbedio biljkama dovoljno lako pristupačne vode u fazama intenzivnog porasta, cvetanja–nalivanja zrna. U kritičnim periodima za vodom nedostatak vode ima veći uticaj na umanjenje prinosa, nego kada se pojavi u ostalim periodima vegetacije [10, 6]**.** Potrebe kukuruza za vodom rastu od setve, dostižu najviše vrednosti u letnjim mesecima, zatim opadaju do kraja vegetacije.

U navodnjavanju su ostvareni stabilni prinosi. Dobijeno je preko 13 t ha^{-1} u svim godinama proučavanja, osim u 2003. godini (12,05 t ha^{-1}) u kojoj je početkom jula (03.07.2003) izuzetno jak olujni vetar slomio veći broj biljaka na oglednoj površini. U godinama koje su bile povoljnije za gajenje kukuruza (2005, 2006) efekat navodnjavanja bio je značajno manji u odnosu na izrazito sušne (2007, 2008). Zavisno od godine, ostvarene razlike u prinosima bile su u intervalu od 0,315 t ha^{-1} (2005) do 4,459 t ha^{-1} (2008) između varijanti sa i bez navodnjavanja (Tab. 6). U proseku za period proučavanja ostvaren je efekat navodnjavanja od 21,7% (2,734 t ha^{-1}). Rezultati u literaturi pokazuju istu tendenciju po godinama proučavanja sa manjim ili većim vrednostima efekata, zbog različitih hibrida i uslova u kojima su proučavani. Primer proučavanja Pejić i sar. [8]**,** koji su pri ispitivanju NS hibrida kukuruza, takođe na černozemu, dobili efekat navodnjavanja 25,9%.

Tabela 6. Potrošnja vode, energije i časova rada po hektaru za ostvareni efekat navodnjavanja

Table 6. Water, energy and hours of labour consumption per hectare for effect of irrigation

Godina *Year*	Efekat navodnjavanja *Irrigation effects*	Voda *Water*	Energija za rad pumpe *Energy for working pump*	Gorivo za rad traktora *Fuel for working tractor*	Časovi rada *Hours of labour*
	(t·ha^{-1})	(m^3·ha^{-1})	(kWh)	(l·ha^{-1})	(h·ha^{-1})
2002.	3,153	1400	920	5,7	45,4
2003.	3,206	1600	1052	7,6	52,8
2004.	–	–	–	–	–
2005.	0,315	300	197	1,9	9,5
2006.	1,373	400	263	1,9	13,5
2007.	3,901	1500	986	5,7	48,4
2008.	4,459	1900	1249	7,6	61,8
Prosek *Average*	2,734	1015	778	38,6	5,1

Analiza rezultata pokazuje da se prosečan efekat navodnjavanja od +2,734 t ha^{-1} ostvaruje intervencijom sistema za navodnjavanje, kroz 3 zalivanja sa normama od po 40 mm u toku vegetacionog perioda kukuruza, pri čemu je za zalivnu površinu od jednog hektara potrebno angažovanje 5,1 časova ljudskog rada, zatim 1015 m^3 vode, 778 kWh električne energije i 38,6 litara goriva. Proučavanja Đukića [3], kroz analizu troškova eksploatacije tifon uređaja u uslovima različite organizacije farmi i različitih izvorišta vode, pokazuju da su troškovi primene tifona značajno manji u odnosu na sistem kap po kap. Međutim, u proučavanjima u odnosu na druge mobilne mašine i uređaje koji se koriste u okviru sistema za navodnjavanje kišenjem, tifon

uređaj se pominje kao veći potrošač energije. Ispitivanja Đevića i sar. [2], pokazuju da je potrošnja energije po hektaru, kod primene lineara bila 44,21 kWh za normu navodnjavanja od 14,78 mm, samohodnog kišnog krila 62,72 kWh za normu od 10 mm i tifona 131,59 kWh za normu 29 mm. Ista grupa autora [5], u poređenju tifona i lineara navodi da je tifon veći potrošač energije (131 kW ha^{-1} u odnosu na 45,28 kW ha^{-1}), jer se energija vode koristi za namotavanje creva, dok se za kretanje lineara koriste elektromotori i sistem radi sa znatno nižim pritiscima. Međutim, sa izvođenjem opštih zaključaka sa aspekta veće ili manje potrošnje energije, kad je u pitanju poređenje ne samo različitih, veći i u okviru istog sistema za navodnjavanje, treba biti obazriv. Naime, sva ispitivanja se obavljaju na već postojećim sistemima i rezultati su validni za konkretnu opremu, ali to ne znači da je ta oprema optimalno rešenje u tehničkom sistemu i da će se dobiti isti rezultati u kombinaciji primene pumpe i tifon uređaja drugačije izvedbe ili karakteristika. Pored toga, u razmatranju energetskog aspekta primene mobilnih mašina i uređaja rezultate potrošnje treba porediti prema vrednostima dobijenim za istu normu navodnjavanja, jer veća norma podrazumeva sporije kretanje, veći utrošak časova rada, kao i veća energetska ulaganja, bilo da je u pitanju elektro ili dizel pogon pumpe odn. pumpne stanice. Potkonjak i sar. [9], sa ekonomskog aspekta razmatranja vrste pogona pokazuju da je elektro u odnosu na dizel pogon skuplji u investicijama i sa nižim troškovima energije u eksploataciji, ali dobijene podatke autori vezuju za konkretan slučaj i ne donose opšti zaključak.

U ovim istraživanjima, kao što je već navedeno, na oglednoj površini bili su isti uslovi gajenja (isti input) i na navodnjavanim varijantama je primenom tifon uređaja u proseku ostvaren output od 2,734 t ha^{-1}. Praktično, ova količina prinosa je nosilac troškova eksploatacije sistema za navodnjavanje i u Tabeli 7. su prikazani direktni inputi po toni output-a za svaku godinu proučavanja. U proseku tona output-a opterećena je utrošenom energijom od 328 kWh za rad podvodne pumpe, koja snabdeva tifon uređaj potrebnom vodom (500 m^3) iz dubinskog bunara, zatim sa oko 2,5 litre goriva za angažovanje traktora i sa približno 17 časova ljudskog rada.

Tabela 7. Potrošnja vode, energije i časova rada po toni zrna navodnjavanog kukuruza

Table 7. Water, energy and hours of labour consumption per ton grain maize in irrigation

Godina *Year*	Voda *Water*	Energija za rad pumpe *Energy for working pump*	Gorivo za rad traktora *Fuel for working tractor*	Časovi rada *Hours of labour*
	($m^3 \cdot t^{-1}$)	($kWh \cdot t^{-1}$)	($l \cdot t^{-1}$)	($h \cdot t^{-1}$)
2002.	444	292	1,81	14,5
2003.	499	328	2,38	16,3
2004.	–	–	–	–
2005.	953	626	6,06	31,5
2006.	291	191	1,39	9,5
2007.	385	253	1,47	12,5
2008.	426	280	1,71	13,9
Prosek *Average*	500	328	2,47	16,5

Dobijeni rezultati su relativni pokazatelji troškova koji direktno učestvuju u eksploataciji primenjenog sistema za navodnjavanje. Realno sagledavanje zahteva

iskazivanje u apsolutnim pokazateljima i uzimanje u obzir ostalih troškova (amortizacija, održavanje, osiguranje i dr.), što je pak predmet ekonomske analize. Kao primer, radi sagledavanja odnosa osnovnih ulaganja pri eksploataciji i efekata primene sistema za navodnjavanje, za godine proučavanja izračunati su troškovi po hektaru na nivou ovogodišnjih cena (Tab. 8). Troškovi (input) su izračunati po sledećim cenama: voda- 6,2 €·ha $^{-1}$; el. energija - 0.059 € angažovan kWh +176.0 € naknada za merno mesto za 12 meseci; dizel gorivo – 0.99 €·l^{-1}; radni časovi-0.95 €·h $^{-1}$ (minimalna cena rada). Cena output-a je 0,186 €·kg $^{-1}$ i svi obračuni su vršeni za vrednost 1€=114.95 dinara.

Tabela 8. Input i output pri navodnjavanju kukurza po godinama proučavanja (€·ha $^{-1}$)
Table 8. Input and output in irrigated maize by studying years (€·ha $^{-1}$)

Godina *Year*	Voda *Water*	Energija za rad pumpe *Energy for working pump*	Gorivo za rad traktora *Fuel for working tractor*	Časovi rada *Hours of labour*	*Input*	*Output*
2002	6,2	230,8	5,6	43,2	285,8	586,9
2003	6,2	238,6	7,5	49,6	301,9	597,0
2004	6,2	176,0	0,0	0,0	182,2	0,0
2005	6,2	187,7	1,9	9,4	205,2	58,6
2006	6,2	191,7	1,9	12,4	212,1	255,7
2007	6,2	234,7	5,6	46,2	292,7	726,3
2008	6,2	250,3	7,5	58,6	322,6	830,1
Prosek *Average*	6,2	215,7	4,3	31,3	257,5	436,4

Podaci pokazuju da je u periodu od sedam uzastopnih godina bila jedna godina bez navodnjavanja (2004), bez output-a, ali sa troškovima (voda i naknada za merno mesto), zatim jedna (2005) u kojoj prinos nije opravdao troškove eksploatacije sistema i pet godina u kojima se dobio ekonomski opravdan prinos. U proseku navodnjavanjem merkantilnog kukuruza je dobijeno više 178,9 evra po hektaru u odnosu na prihod koji je ostvaren u prirodnom vodnom režimu. Čista dobit od navodnjavanja ima nešto manju vrednost kad se uključe i ostali troškovi.

Granica isplativosti eksploatacije sistema za navodnjavanje je ona pri kojoj dalje povećanje ulaganja ekonomski ne opravdava očekivani prinos. Različiti usevi imaju različite potrebe u količini vode i ne ostvaruju isti porast prinosa u uslovima navodnjavanja. Velikim potrošačima vode, kao što je kukuruz, najčešće su potrebne veće norme sa manjim brojem zalivanja u toku vegetacionog perioda ili se pak zaliva češće manjim normama, što u toku sezone smanjuje navodnjavanu površinu mašine ili uređaja. Za praksu navodnjavanja kukuruza tifonima bitno je da se za sezonu planira površina na osnovu učinka koju uređaj može da ostvari u funkciji dnevne evapo-transpiracije 6-7 mm, kako bi biljke dobile potrebnu količinu vode u periodu (juli i avgust) kada je moguća najveća redukcija prinosa zbog deficita zemljišne vlage.

ZAKLJUČAK

Rezultati analize primene tifon uređaja u navodnjavanju kukuruza na černozemu pokazuju da je po godinama proučavanja ostvaren različiti efekat navodnjavanja, od 0,315 t ha^{-1} do 4,459 t ha^{-1}. Za period od sedam godina proučavanja ostvaren je prosečan efekat od 21,7%. Tona prosečnog prinosa dobijena dejstvom faktora navodnjavanja (2,734 t ha^{-1}) bila je opterećena utrošenom energijom od 328 kWh za rad podvodne pumpe, koja je snabdevala tifon uređaj potrebnom vodom (500 m^3) iz dubinskog bunara, zatim sa oko 2 litre goriva za angažovanje traktora i sa približno 17 časova ljudskog rada. Granica isplativosti eksploatacije sistema za navodnjavanje je ona pri kojoj dalje povećanje ulaganja ekonomski ne opravdava očekivani prinos.

LITERATURA

[1] Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89, pp. 1–6.

[2] Đević, M., Miodragović, R., Mileusnić, Z., 2002. Mobilni sistemi za navodnjavanje kišenjem. *Savremena poljoprivredna tehnika,* 28 (3–4), pp. 61–124.

[3] Đukić, N. 2006. Izbor uređaja za navodnjavanje. *Savremena poljoprivredna tehnika,* 32 (3–4), pp. 237–241.

[4] Kresović, B. 2003. *Uticaj navodnjavanja i sistema obrade zemljišta na proizvodnju kukuruza*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.

[5] Miodragović, R., Đević, M., Mileusnić, Z. 2008. Energetski aspekti navodnjavanja kišenjem. *Poljoprivredna tehnika,* 33 (3), pp. 65–71.

[6] Pandey, R.K., Maranville, J.W., Admou, A. 2000. Defcit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment I. Grain yield and yield components. *Agricultural Water Management,* 46, pp. 1–13.

[7] Pejić, B., Bošnjak, Đ., Mačkić K., Stričević R., Simić, D., Drvar A. 2009. Osetljivost kukuruza (Zea Mays L.) na deficit vode u zemljištu u određenim podperiodima vegetacije. *Letopis naučnih radova,* 33 (I), pp. 155–166.

[8] Pejić, B., Maksimović, L., Milić, S. 2007. Effect of irrigation on yield of corn hybrids from different maturity groups. *Acta biologica Iugoslavica - serija A: Zemljište i biljka,* 56 (2), pp. 59–66.

[9] Potkonjak, S., Zoranović, T., Mačkić, K. 2007. Investicije i troškovi navodnjavanja u zavisnosti od vrste pogona. *Trktori i pogonske mašine,* 12 (2), pp. 32–36.

[10] Stojićević, D. 1996. Kukuruz (Zea Mays L.). *Navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta,* Mitrović, M. (ed), Beograd, Srbija: Partenon. pp. 198–199.

[11] Traore, S. B., Carlson, R. E., Pilcher, C. D., Rice, M. E. 2000: Bt and Non Bt maize growth and development as affected by temperature and drought stress. *Agronomy Journal*, 92, pp. 1027–1035.

[12] Vasić G., Branka Kresović, Tolimir M., Nešić S. 1994. Efekti navodnjavanja mašinama tipa rainiger i linear na prinos gajenih useva. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 22, pp. 119–127.

THE EFFECTS OF USE SELF-PROPELLED RAIN GUNS (TYPHONE) IN IRRIGATION OF CORN (*Zea mays L.*)

Branka Kresović[1], **Vesna Dragičević** [1], **Boško Gajić**[2], **Angelina Tapanrova**[2], **Borivoje Pejić**[3]

[1] *Maize Research Institute „Zemun Polje", Belgrade-Zemun, Republic of Serbia*
[2] *University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Soil Menagment, Belgrade-Zemun, Republic of Serbia*
[3] *University in Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Republic of Serbia*

Abstract: The aim of this study was to use results of experimental work to analyse effects of maize irrigation and to quantify basic parameters that are included into exploitation costs of a long–ranged self–propelled sprayer, so called typhoon sprinkler. The four–replicate trial was carried out according to a randomised block design in the experimental fields of the Maize Research Institute, Zemun Polje, during the 2002–2008 period. The irrigation was applied in all years but 2004 in which the precipitation sum was sufficient to maintain soil moisture above the predetermined pre–watering soil moisture. According to obtained results, effects of irrigation on grain yields over years varied from to 0.315 t ha^{-1} to 4.459 t ha^{-1}. Furthermore, the input to output ratio varied over years. The long–term average shows that each tonne of a yield obtained by irrigation was loaded by consumed energy of 328 kWh used for the operation of a submersible pump that supplied the typhoon sprinkler with a necessary water amount (555m^3) from a deep well, then with approximately 2 l of fuel necessary for the tractor operation and with 17 hours of labour.

Key words: *irrigation, yield, maize, energy, self–propelled sprayer(typhone)*

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

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 4, decembar 2012.
Strane: 41 - 47

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 621.314.1

Originalni naučni rad
Original scientific paper

СНАГЕ СТАТОРА И РОТОРА АСИНХРОНОГ ГЕНЕРАТОРА СА ДВОСТРАНИМ НАПАЈАЊЕМ ПРИМЕЊЕНОГ У ВЕТРОЕЛЕКТРАНАМА

Жарко Милкић [1]*, Ђукан Вукић[2], Александар Чукарић[1]

[1] Универзитет у Приштини, Факултет техничких наука, Косовска Митровица
[2] Универзитет и Београду, Пољопривредни факултет,
Институт за пољопривредну технику, Београд-Земун

Сажетак: Због стохастичке природе ветра, асинхрони генератор са двостраним напајањем, може се ефикасно користити у процесу трансформације енергије ветра у електричну енергију, нарочити за случај већих снага. Посебна погодност ове врсте генератора огледа се у томе, што ефикасно могу радити са брзинама које су веће или мање од синхроне брзине. На основу математичког модела, применом теорије просторних вектора, изведени су изрази, односно нацртане су карактеристике за активне и реактивне снаге статора, односно ротора.

Анализом добијених карактеристика уочени су специфични токови активних снага синхроних генератора са двостраним напајањем, на основу чега је нацртан енергетски биланс и указано на предности њиховог коришћења.

Кључне речи: *асинхрони генератор са двостраним напајањем, ветроелектрана, енергетски претварач, снаге статора и ротора, губици снаге*

УВОД

Од свих обновљивих извора енергије, када је у питању њена трансформација у електричну енергију, најзначајнију улогу има ветар, јер је временски неограничен, еколошки чист, а уједно бесплатан. У том процесу претварања енергије ветра у електричну енергију, као један од најважнијих захтева који се том приликом јавља јесте избор и конструкција електричног генератора, кога треба да

* Kontakt autor. E-mail: zarkomilkic@yahoo.com

Rad je rezultat istraživanja u okviru projekta „Razvoj novih informaciono-komunikacionih tehnologija, korišćenjem naprednih matematičkih metoda, sa primenama u medicini, telekomunikacijama, energetici, zaštititi nac. baštine i obrazovanju“, III-44006.

карактерише поуздан и ефикасан рад у датим условима, погодан начин прикључења на мрежу итд. Како је коришћење стандардних електричних генератора повезано са низом проблема, као једно од најпогоднијих, намеће се решење са асинхроним генератором са двостраним напајањем [1]. Управо је због тога, ова врста генератора задњих година предмет интензивних проучавања. Његов се рад заснива на томе, што се статор прикључује директно, а ротор преко енергетских претварача напона и учестаности, на исту мрежу. Захваљујући великом развоју енергетске електронике, пре свега повећањем снаге снажних IGBT транзистора, могуће је рад асинхроног генератора са двостраним напајањем ефикасно прилагодити како ветротурбини, тако и електроенергетском систему.

На основу математичког модела, који је дефинисан применом теорије просторних вектора, написане су једначине за активне и реактивне снаге статора и ротора. Користећи ове једначине, извршен је прорачун за генератор снаге $S_n = 200$ kVA и нацртане су карактеристике ових снага у функцији клизања, односно брзине обртања. Захваљујући способности енергетских претварача у колу ротора, да омогућавају проток снаге у оба смера, уочене су значајне предности у примени ових генератора.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Посматра се рад асинхроног генератора са двостраним напајањем у синхроном режиму рада. Зато је најпогодније користити математички модел добијен применом теорије просторних вектора [2], [3], [4], који је дефинисан у односу на референтну осу везану за статор, чија је брзина једнака синхроној брзини ω_s, (кружна учестаност статора).

Напонске једначине и једначине за флуксеве написане у релативним јединицама имају облик:

$$u_s = -i_s r_s - (p + j)\psi_s \tag{1}$$

$$u_r = -i_r r_r - (p + js)\psi_r \tag{2}$$

$$\psi_s = i_s x_s + i_r x_m \tag{3}$$

$$\psi_r = i_s x_m + i_r x_r \tag{4}$$

где је:

$x_s = x_{s\gamma} + x_m$ - укупна индуктивна отпорност по фази статора,

$x_r = x_{r\gamma} + x_m$ - укупна индуктивна отпорност по фази ротора,

а клизање дефинисано релацијом:

$$s = f_r / f_s = (\omega_s - \omega)/\omega_s \tag{5}$$

За стационарни режим $(p = 0)$, добијамо:

$$u_s = -i_s r_s - j\psi_s \tag{6}$$

$$u_r = -i_r r_r - js\psi_r \tag{7}$$

$$\psi_s = i_s x_s + i_r x_m \tag{8}$$

$$\psi_r = i_s x_m + i_r x_r \tag{9}$$

Вектор напона статора u_s, усвајамо да се поклапа са позитивним смером реалне осе, док вектор напона ротора u_r, предњачи за угао ϑ. Дакле,

$$u_s = u_s \cdot e^{j0^\circ} \qquad u_r = u_r \cdot e^{j\vartheta} \tag{10}$$

односно, угао ϑ је угао помераја између вектора напона статора и ротора.

На основу векторских дијаграма асинхроног генератора са двостраним напајањем у синхроном режиму рада [3], показује се да се веза између угла помераја вектора напона статора и ротора ϑ и угла између осе ротора и вектора напона статора δ (угао оптерећења, по аналогији са синхроним машинама) дефинише релацијом:

$$\delta = \vartheta - \alpha \tag{11}$$

где је угао α дефинисан следећим изразом:

$$\alpha = arctg(-\frac{b}{a}) = arctg\frac{sr_s x_r - r_r x_s}{r_s r_r + sx_s x_r - sx_m^2} \tag{12}$$

Решавањем напонских једначина и једначина за флуксеве [5], [6], добијамо изразе за:

- активне снаге статора и ротора

$$p_s = \frac{u_s^2}{k_1^2 + k_2^2}\left[(r_r k_1 + sx_r k_2) - ux_m(k_2 \cos\vartheta + k_1 \sin\vartheta)\right] \tag{13}$$

$$p_r = \frac{u_s^2}{k_1^2 + k_2^2}\left[usx_m(k_1 \sin\vartheta - k_2 \cos\vartheta) + u^2(r_s k_1 + x_s k_2)\right] \tag{14}$$

- реактивне снаге статора и ротора

$$q_s = -\frac{u_s^2}{k_1^2 + k_2^2}\left[(sx_r k_1 - r_r k_2) - ux_m(k_1 \cos\vartheta - k_2 \sin\vartheta)\right] \tag{15}$$

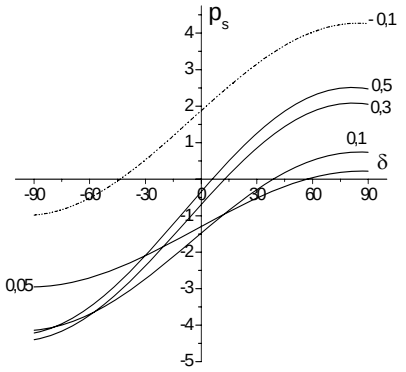
$$q_r = -\frac{u_s^2}{k_1^2 + k_2^2}\left[u^2(x_s k_1 - r_s k_2) - usx_m(k_1 \cos\vartheta + k_2 \sin\vartheta)\right] \qquad (16)$$

где су: $k_1 = r_s r_r - s(x_s x_r - x_m^2)$, $k_2 = s r_s x_r + r_r x_s$ и $u = u_r / u_s$.

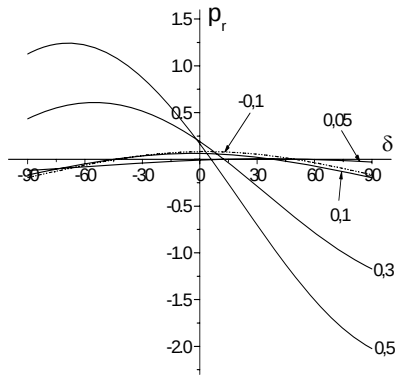
Погодно је анализу ових величина извршити у функцији угла оптерећења δ, пошто асинхрони генератор ради у синхроном режиму. При томе напон и учестаност статора остају константни, док се роторске величине мењају уз константан однос напона ротора и учестаности ротора, односно $u_r / f_r = const.$ Како је $s = f_r / f_s$ у релативним јединицама ће бити $u_r = s$.

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

На основу израза (13) и (14), на Сл. 1. и 2. приказане су зависности активних снага статора и ротора, док су на основу израза (15) и (16) на Сл. 3. и 4. представљене зависности реактивних снага статора и ротора, све у функцији угла оптерећења, за константне вредности клизања. Карактеристике су нацртане за асинхрони генератор снаге 200 kVA, чији су параметри еквивалентне шеме, у релативним јединицама: $r_s = 0{,}022$, $r_r = 0{,}026$, $x_{s\gamma} = 0{,}14$, $x_{r\gamma} = 0{,}14$ и $x_m = 3{,}4$.



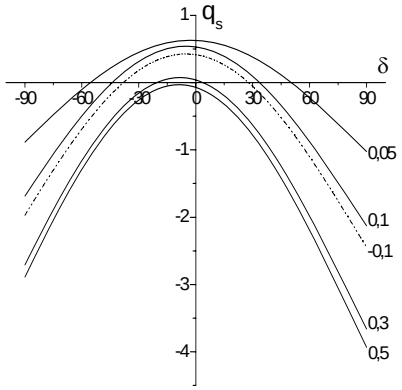
Слика 1. Активна снага статора
Figure 1. Active stator power



Слика 2. Активна снага ротора
Figure 2. Active rotor power

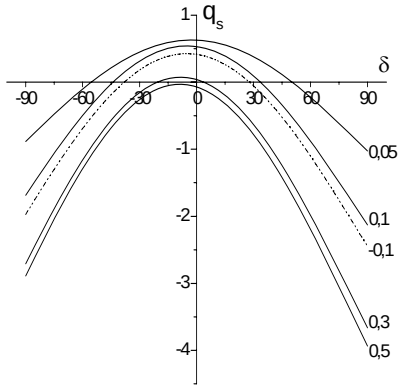
Анализом приказаних карактеристика долази се до сазнања о специфичним токовима активних снага асинхроног генератора са двостраним напајањем, [6], на основу чега је на Сл. 5. нацртан је дијаграм активних снага и губитака. У случају када генератор ради са брзинама мањим од синхроне $(s > 0)$, снага се предаје мрежи, односно потрошачима са стране статора, док се ротор напаја из мреже. При брзинама већим од синхроне $(s < 0)$, активна снага предаје се мрежи како са

стране статора, тако и са стране ротора. То практично значи, да се при брзинама већим од синхроне, двостраним напајањем асинхроног генератора може постићи режим рада са снагом већом од номиналне, пошто је укупна активна снага једнака збиру снага статора и ротора.



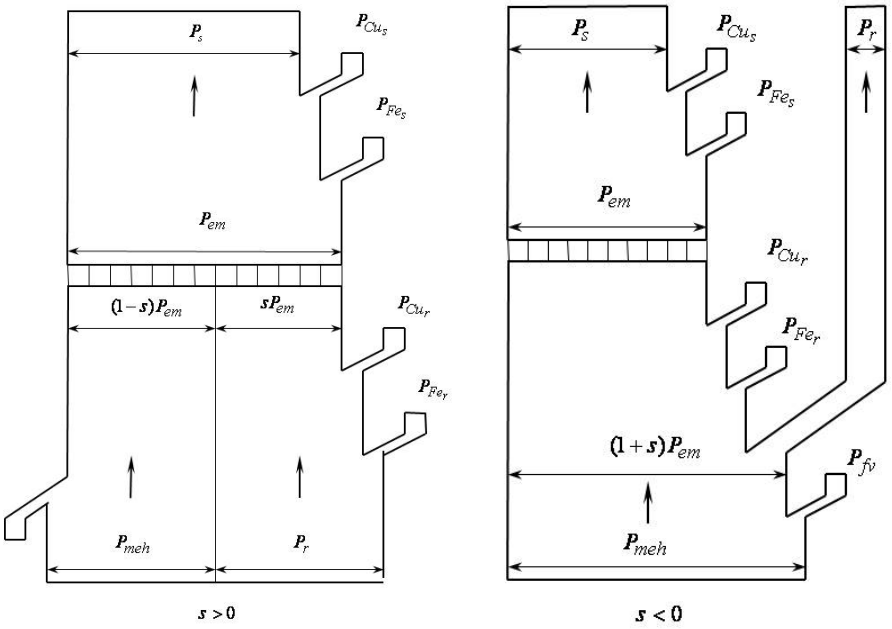
Слика 3. Реактивна снага статора

Figure 3. Reactive stator power



Слика 4. Реактивна снага ротора

Figure 4. Reactive rotor power



Слика. 5. Активне снаге и губици асинхроног генератора са двостраним напајањем

Figure 5. Doubly-fed asynchronous generator active power and losses

ЗАКЉУЧАК

Асинхрони генератор са двостраним напајањем представља добро техничко решење за претварање енергије ветра у електричну [7], [8]. Његова особина да пouздано ради у условима променљиве брзине обртања ротора, чини га најзаступљенијим, нарочито у ветроелектранама веће снаге, где су његове предности посебно изражене. Може да ради са брзинама већим и мањим од синхроне брзине. У режиму рада са негативним клизањем предаје мрежи активну снагу већу од номиналне, како са стране статора, тако и са стране ротора.

Опсег регулације рада асинхроног генератора са двостраним напајањем је уобичајено $\pm 30\,\%$ у односу на синхрону брзину. Како је снага која се преноси кроз ротор сразмерна клизању, то ће и снага енергетског претварача бити сразмерна опсегу регулисаних брзина, односно 30% од номиналне снаге ветрогенератора. То је значајна предност ове врсте генератора у односу на остале ветрогенераторе, код којих снага енергетског претварача одговара њиховој номиналној снази.

Још једна предност асинхроног генератора са двостраним напајање, огледа се у томе, што је могуће управљање и његовом реактивном снагом [9]. Савремени ветрогенератори могу радити са фактором снаге $\cos\varphi = \pm 0{,}9$. Наравно, генерисана реактивна снага утиче на повећање инсталисане снаге енергетског претварача, о чему треба водити рачуна.

Овакво независно управљање активном и реактивном снагом остварује се најчешће коришћењем четвороквадратних PWM претварача са снажним IGBT транзисторима, које карактерише знатно краће време реаговања у односу на тиристоре.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Petersson, A. 2003. *Analysis, Modeling and Control of Double – Fed induction Generators for Wind Turbines.* Geteborg, Chalmers University of Tehnology, Geteborg (Sweden), 2003.

[2] Важнов, А.И. 1980. Переходные процессы в машинах переменого тока. *Энергия, Ленинград, 1980.*

[3] Милкић, Ж. 2009. *Анализа рада асинхроне машине са двостраним напајањем и примена у ветрогенераторским постројењима.* Докторска дисертација. Универзитет у Приштини, Факултет техничких наука, Косовска Митровица.

[4] Милкић, Ж., Чукарић, А., Вукић, Ђ., Ерцеговић, Ђ. 2007. Математички модел асинхроног генератора са двостраним напајањем и примена у ветроелектранама. *Трактори и погонске машине*, број 4, пп. 161-168, Нови Сад, 2007.

[5] Чукарић, А., Милкић, Ж., Вукић, Ђ. 2008. Карактеристика момента асинхроног генератора са двостраним напајањем примењеног у ветроелектранама. *Пољопривредна техника*, број 4, пп. 37-44, Београд 2008.

[6] Милкић, Ж., Вукић, Ђ., Чукарић, А. 2007. Активна и реактивна снага асинхроног генератора са двостраним напајањем. *Пољопривредна техника*, број 4, пп. 1-9, Београд 2007.

[7] Вукић, Ђ., Ерцеговић, Ђ., Радичевић, Б. 2004. Генератори за претварање енергије ветра у електричну енергију. *Пољопривредна техника*, број 4, пп. 94-102, Београд 2004.

[8] Вукић, Ђ., Ерцеговић, Ђ., Радичевић, Б.. 2006. Примена асинхроних генератора са двостраним напајањем за коришћење енергије ветра. *ЦАНУ, Оделење природних наука, Зборник радова, књига 10*, стр. 117-125, Подгорица, 2006.

[9] Милкић, Ж., Вукић, Ђ., Чукарић, А., Ерцеговић, Ђ. 2008. Регулисање снаге асинхроног генератора са двостраним напајањем примењеног у ветроелектранама. *Трактори и погонске нашине*, број 2 пп. 93-98, Нови Сад 2008.

STATOR AND ROTOR POWER OF THE DOUBLY-FED ASYNCHRONOUS GENERATOR APPLIED IN WIND POWER PLANTS

Žarko Milkić[1], Đukan Vukić[2], Aleksandar Čukarić[1]

[1]University of Pristina, Faculty of Technical Sciences, Kosovska Mitrovica, Republic of Serbia
[2] University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun, Republic of Serbia

Abstract: Due to the stochastic nature of the wind, doubly-fed asynchronous generator can be used effectively in the process of transforming wind energy into electrical energy, especially for the case of higher power. A special advantage of this type of generator is reflected in the fact that they can work effectively with speeds that are greater or less than the synchronous speed. Mathematical model are defined applying a theory of space vectors. Expressions for active and reactive power of the stator and rotor are derived and obtained main characteristics are processed.

Analyzing the characteristics identified specific active power flow double-fed asynchronous generator, based on which energy balance is drawn, and the advantages of their use.

Key words: *doubly-fed asynchronous generator, wind power plants, semiconductor converter, stator and rotor power, power losses.*

Datum prijema rukopisa: 21.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama:
Datum prihvatanja rada: 25.12.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 4, decembar 2012.
Strane: 49 - 57

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 664.933

Originalni naučni rad
Original scientific paper

RESPIRATION RATE MODELS OF FRESH CHICKPEA SPROUTS (*Cicer arietinum* L.) UNDER MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING

Ranjeet Singh[1*], Ashok Kumar[2], Sandeep Mann[2], Sitaram D. Kulkarni[1]

[1] Central Institute of Agricultural Engineering, Agro-Produce Processing Division, Nabi Bagh, Bhopal, India
[2] Punjab Agricultural University, Department of Processing and Food Engineering, Ludhiana, Punjab, India

Abstract: The closed system glass container headspace gaseous composition, in terms of O_2 and CO_2 concentrations, in modified atmosphere packaging (MAP) of Chickpea Sprouts (*Cicer arietinum* L.) at 5, 10, 15, 20 and 25^oC temperature were respectively monitored within 5h by a O_2/CO_2 gas analyzer. The respiration rate of Chickpea sprouts under modified atmosphere packaging at any instant of time were calculated by a C^+ program based on closed system. The dependence of respiration rate on gas composition was well described by a Michaelis-Menten type enzyme kinetic model equation with uncompetitive type of mixed CO_2 inhibition. The model parameters were estimated by fitting the model to the experimental data by non-linear regression using GraphPad Prism 5. The relationship between enzyme kinematics model parameters and temperature was well described by the Arrhenius equation. The results suggest that, the respiration rate of Chickpea sprouts as well as kinematic parameters increased with temperature. Results of the study can be applied to the MAP design for Chickpea sprouts.

Keywords: *Chickpea (Cicer arietinum) sprouts, MAP, respiration rate, modeling*

INTRODUCTION

An effective way to extend the shelf life of fresh produce is to use a modified atmosphere package (MAP) [9]. The package should maintain an optimal atmosphere that will reduce respiration and slow physiological and microbiological changes that decrease shelf life. Modified atmosphere packaging (MAP) is a well-established

[*] Corresponding author. E-mail: razi100@rediffmail.com.

technology that used for prolonging the shelf-life period of fresh or minimally processed foods. Two aspects involve in the process are the respiration of the products and the gas exchanges through the package materials, both lead to the increase of CO_2 and depletion of O_2 [1]. Chickpea sprouts are the major seed sprouts in most Asian countries. Chickpea seeds can be stored for long periods of time and sprouts can be easily obtained by germinating the seeds in the dark for up to four days. This process has been used by the Asian countries for centuries. Large amounts of sprouts can be obtained in a relatively short time. Sprouts are a cheap source of certain vitamins in the diet and some vitamins are synthesized in the germinating seeds. The sprouting process results in an improvement in the vitamin content [5].

Sprouts are highly perishable in nature and get spoiled if not stored properly. Due to a short shelf life, sprouts are susceptible to get spoiled during distribution or in supermarket. However, postharvest of chickpea sprouts is prone to deteriorate; therefore it is crucial to use the MAP system to extend its shelf life. The gas constituents inside the package is an important factor affects the shelf life of the product. A numerical simulation was generated in this study to investigate the relationship between the respiration rate of the product and the gas composition inside the package under the conditions used by other researchers [8]. The enzyme kinetics approach proposed by [3] for predicting respiration rates of fresh products as a function of O_2 and CO_2 concentrations has been found to be the most suitable theory that making fairly accurate correlations of the respiration rates. The Michaelis-Menten type enzyme kinetic equation has been thoroughly reported in the literature as giving good fits to experimental data on respiration rate of different products [4, 6, 2, 7, 11, 12]. The purpose of this work were: (i) to study the respiration rate of sprouts under different storage conditions and develop a modified atmosphere packaging (MAP) system for sprouts in order to increase shelf life; (ii) to develop a predictable model relating respiration rate to O_2 and CO_2 concentrations and temperature that maybe used in the design of MAP for Chickpea sprouts.

MATERIALS AND METHODS

Plant Materials

Chickpea seeds (PBG-5) cultivar was procured from Krishi Vigyan Kendra, Gurdaspur under aegis of Punjab Agricultural University, Ludhiana for experimentation and study. The seeds were washed and rinsed with Ca $(OCl)_2$ @ 20,000 ppm for 15 min and soaked in clean water (1: 3, w/v) for 12 hours overnight at ambient room temperature. The soaked seeds were shifted to clean sterile muslin cloth and placed in dark at ambient temperature for sprout growth. After 36 hours the sprouts were ready to harvest for experimentation.

Experiment Methods

A closed system is used to measure the respiration rate of the fresh chickpea sprouts [9]. A known weight (100g) of chickpea sprout was filled into air tight glass container. After packing, container was kept at 5°C, 10°C, 15°C , 20°C , 25°C temperature and

75 % RH in a cold room (Frig India Ltd, India). The closed system container headspace analysis for O_2 and CO_2 concentrations was carried out by a portable headspace gas analyzer (Model 902 D DualTrak O_2/CO_2 Analyzer, USA) at every 30 min interval.

RESULTS AND DISCUSSION

Rates of Respiration

The calculated value of RO_2 and RCO_2 of Chickpea sprouts at 5°C, 10°C, 15°C, 20°C and 25°C temperatures are plotted in Fig 1. The rate of respiration is gradually increases and higher at the start of the experiment and gradually declined as the storage period prolonged, before becoming almost constant. The steady-state respiration rate for O_2 consumption were observed to be 38.56, 89.17, 103.63, 140.98, 222.92 and 356.68 ml/kg-h at 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C and 35°C (control sample), respectively. The steady-state respiration rates for CO_2 evolution were 36.41, 57.84, 71.09, 89.17, 162.67 and 202.26 ml/kg-h at 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C and 35°C (control sample), respectively. The respiration rates of in steady-state conditions steady-state conditions increased with temperature. This can be attributed to the fact that the higher rate of gaseous diffusion across the closed system and the higher respiration rate of chickpea sprouts at a higher temperature when they reached the equilibrium state [9].

Respiration Rate Models

Michaelis-Menten type Enzyme Kinetic Model for Respiration Rate

Among the several reported models in the literature [1, 3, 9, 10, 11, 12] describing the respiration rate of perishable produces, the most used is that based on Michaelis-Menten type enzyme kinetic equation with uncompetitive CO_2 inhibition. The model can be written as following [3].

$$R = \frac{V_m \, y_{O_2}^0}{K_m \left(1 + \dfrac{y_{CO_2}^0}{K_i}\right) y_{O_2}^0} \tag{1}$$

Where,

R	[ml/kg-h]	- respiration rate of the produce,
V_m	[ml/kg-h]	- maximum rates of O_2 consumption for the produce,
K_m	[kPa]	- Michaelis-Menten constant in CO_2 evolution,
K_i	[kPa]	- inhibition constant in CO_2 evolution,
y^0_{CO2}	[%]	- volumetric concentrations of CO_2,
y^0_{O2}	[%]	- volumetric concentrations of O_2.

By reciprocating and separating the terms of Eq. (1), we get:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{V_m} + \frac{K_m}{V_m y_{O_2}^0} + \frac{y co_2}{K_i V_m} \tag{2}$$

Multiple regression analysis was carried out using the measured values of RO_2, RCO_2, y^0_{CO2} and y^0_{O2} to estimate the values of model parameters for O_2 consumption and CO_2 evolution of the chickpea sprouts. Temperature has been identified as the most important external factor Influencing respiration and the effect of gas composition increased with temperature [8, 10].

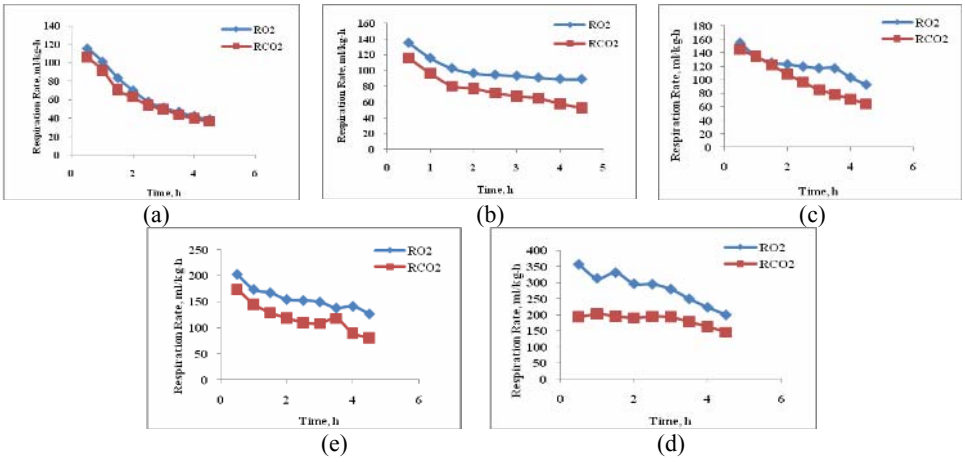


Figure 1. Oxygen consumption (RO_2) and carbon dioxide evaluation (RCO_2) rate in the container headspace during the closed system experiment for chickpea sprouts at different temperatures: (a) 5°C, (b) 10°C, (c) 15°C, (d) 20°C, (e) 25°C

Enzyme Kinematics Model Parameters for Respiration of Chickpea Sprouts

The enzyme kinematics model parameters for chickpea sprout samples were determined by fitting the experimental data at each specified temperature from 5 °C to 25 °C using the method of non-linear regression analysis. The model parameter ($V\text{mo}_2$, $K\text{mo}_2$, $K\text{mc}_{CO2}$, and $K\text{mu}_{CO2}$) is temperature dependent and proceed accordingly as the temperature increased (Table 2). Temperature dependence (by Arrhenius equation) was estimated by plotting the log values of the model parameters against the inverse of corresponding temperature values in absolute units. It is observed that, as each enzyme may be affected differently by sudden change in temperature, a change in the rate of limiting enzymatic action was attributed Fig 2 . The Michaelis-Menten constant $K\text{mo}_2$, is a measure of saturation of respiration with headspace gas O_2. It depicts the oxygen concentration at which half of the maximum respiration rate is reached, assuming no inhabitation by CO_2. A steep inclination in respiration rate with respect to all experimental temperatures was observed due to availability of large surface area of chickpea sprouts for respiration [9].

Inhibition of Chickpea Sprouts Respiration by CO_2

A high value for inhabitation constants implies that the backward reaction of the inhabitation is much faster than the forward reaction and hence inhibition by CO_2 is not occurring. The inhabitation constant obtained by non-linear analysis of the respiration data shows that respiration of chickpea sprouts was prone to mixed inhibition ($K\text{mc}_{CO2,}$ and $K\text{mu}_{CO2}$ are finite and unequal). At all defined temperatures (5°C, 10°C, 15°C, 20°C and 25°C) mixed type of uncompetitive inhibition ($K\text{mc}_{CO2,}$ and $K\text{mu}_{CO2}$ are finite and unequal; ($K\text{mc}_{CO2} > K\text{mu}_{CO2}$) was observed. In the present study, the inhibition is uncompetitive inhibition and the inhibitor (CO_2) binds with equal affinity to the sprouts enzyme and the enzyme O_2 complex.

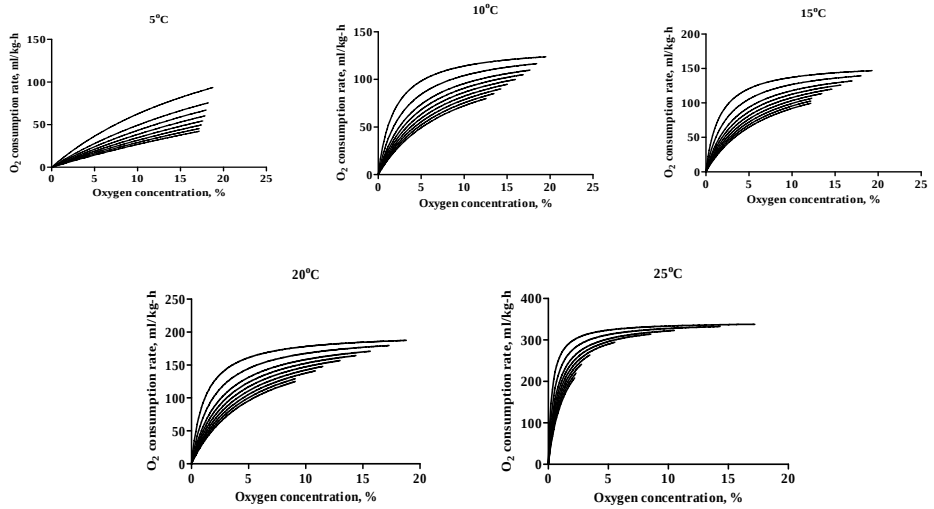


Figure 2. Graphical representation of variability in inhibition of oxygen consumption rate by CO_2 with increase in temperature with uncompetitive type of combined inhibition

Effect of Temperature Dependence on Respiration

The respiration rate of chickpea sprouts was influenced by the temperature. The activation energies for kinematic parameters, namely $V\text{mo}_2$, $K\text{mo}_2$, $K\text{mc}_{CO2,}$ and $K\text{mu}_{CO2}$ were determined and the effect was expressed as Arrhenius-type relations in the defined temperature range for modified atmosphere packages of chickpea sprouts. The values of $K\text{mu}_{CO2}$ varied from 0.482 to 11.732 with an increase of temperature from 5 to 25°C (Table 1). An increasing trend in $K\text{mu}_{CO2}$ value was noticed between temperature ranges from 278 to 288 °K. After slight decline in $K\text{mu}_{CO2}$ value (2.905), the value finally settled (11.732) at 298 °K. The higher value of $K\text{mu}_{CO2}$ indicates the stronger influence of temperature dependence on respiration kinetics [3, 9].

The mixed enzyme kinematic parameter $K\text{mu}_{CO2}$ seen to be more temperature dependent than $V\text{mo}_2$ and $K\text{mo}_2$ as expressed by its higher activation energy (E_a=74.38 kJ/mol). Enzyme kinematic parameter $V\text{mo}_2$ was observed to be highly

temperature dependent (E_a=53.92 kJ/mol) as compared to inhibition constant [E_a (Kmo_2) = 38.25 kJ/mol] and [E_a ($Kmcco_2$) = 43.82 kJ/mol] (Fig 3).

Table 1. Model parameters for mixed enzyme kinematic at different temperature

Temperature (K)	*Vmo_2*	*Kmo_2*	*$Kmcco_2$*	*$Kmuco_2$*
278	*247.3*	*9.313E-010*	*0.833*	*0.482*
283	*175.4*	*2.911E-011*	*2.179*	*2.795*
288	*151.5*	*7.266E-012*	*2.131*	*3.021*
293	*230.4*	*1.391E-011*	*2.143*	*2.905*
298	*366.8*	*2.775E-004*	*5.382E-004*	*11.732*

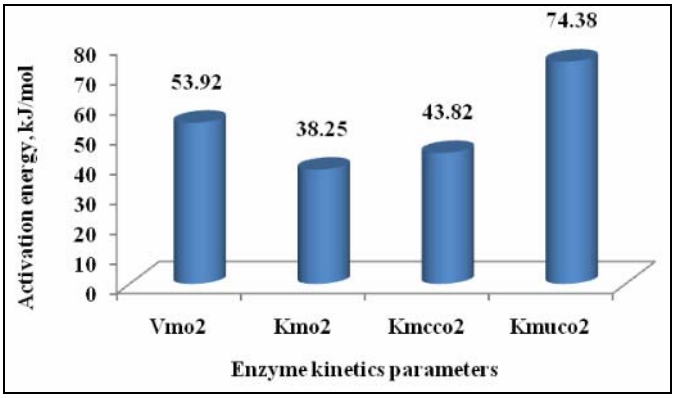


Figure 3. Activation energy of chickpea sprouts at various temperatures

The mathematical equations and temperature dependence relationship for mixed inhibition enzyme kinematic model parameters at different temperature was given in Table 2. It was observed that, all the studied enzyme kinematic parameters are temperature dependence and the dependence was different for all the parameters in varied degrees.

Table 2. Temperature dependence relationship for mixed enzyme kinematic at different temperature

Parameter	*Model*	*Equation*	*R^2 value*	*Temperature Range (K)*
Vmo_2	*Mix-inhibition*	*$y = 0.0051\ T^3 - 2.9173\ T^2 + 418.2\ T$*	*0.99*	*278≤T≤298*
Kmo_2	*Mix-inhibition*	*$y = 2E\text{-}07\ T^3 - 0.0002\ T^2 + 0.0451\ T - 4.2864$*	*0.98*	*278≤T≤298*
$Kmcco_2$	*Mix-inhibition*	*$y = 0.2692\ T - 74.005$* and *$y = -0.0431\ T^2 + 25.037T - 3634.6$*	*1.00* *1.00*	*278≤T≤283* to *283≤T≤298*
$Kmuco_2$	*Mix-inhibition*	*$y = 0.0074\ T^3 - 6.317\ T^2 + 1808.7\ T - 172597$*	*0.98*	*278≤T≤298*

Influence of Respiratory Quotient (RQ)

The respiratory quotient exhibits slight minor fluctuations during the initial stage of respiration rate experiments (Fig 4). At a given temperature condition, RQ was found varying insignificantly with the time under aerobic condition. With respect to temperature series investigated, a gradual increase in RQ value was observed with rising temperature. This phenomenon is corresponding to some other fresh produce [4]. RQ is less than unity; the O_2 consumption was always higher than the oxidative CO_2 production.

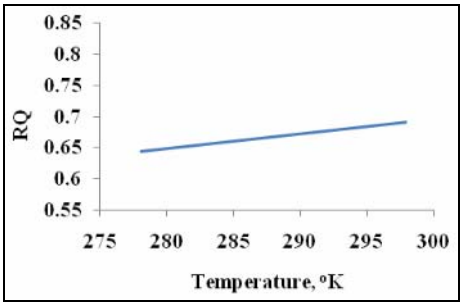


Figure 4. Change in the respiratory quotient at different temperature

CONCLUSIONS

The respiration characteristics of chickpea sprouts under MAP within 5h were measured. The glass container headspace compositions, in terms of oxygen and carbon dioxide concentrations of chickpea sprouts were monitored based on closed system. The Michaelis Menten enzyme kinetics equation, assuming the effect of CO_2 as that of uncompetitive inhibition, has been found to describe well the relationship between the respiration rate and the in-pack gas composition at a constant temperature. The model parameters of models at 5 ºC, 10 ºC, 15 ºC and 20 ºC were evaluated and it has been found to have a linear as well as polynomial relationship. All the studied enzyme kinematic parameters are temperature dependent and the dependence was different for all the parameters in varied degrees. the transpiration coefficient of chickpea sprouts varied according to Arrhenius relationship. This approach can be easily used to design a MAP system for storage of chickpea sprouts in polymeric film packages under viable temperature systems.

BIBLIOGRAPHY

[1] Deepak, R.R., Shashi, P. 2007. Transient state in-pack respiration rates of mushroom under modified atmosphere packaging based on enzyme kinetics. *Postharvest Technology*, 98 (12), 319-326.

[2] Del, M.A., Baiano, A. 2006. Respiration rate of minimally processed lettuce as affected by packaging. *Journal of Food Engineering*, 74 (19), 60-69.

[3] Lee, D.S., Heggar, P.E., Lee, J., Yam, K.L. 1991. Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based upon the principle of enzyme kinetics. *Journal of Food Science*, 56, 1580-1585.

[4] Lee, D.S., Song, Y., Yam, K.L. 1996. Application of an enzyme kinetics based respiration model to permeable system experiment of fresh produce. *Journal of Food Engineering*, 27(3), 297-310.

[5] Magaram, M.F., Stotts, C.L., Chen, T.S., Smith, C.H., Kirsch, A.J. 1985. Folacin content of alfalfa and mung bean sprouts: the effect of extraction procedures and maturity. *Journal Sci Food Agri.* 36, 1155-60.

[6] McLaughlin, C.P., Beirne, D. 1999. Respiration rate of a dry coleslaw mix as affected by storage temperature and respiratory gas concentrations. *Journal of Food Science*, 64, 116-119.

[7] Rocculi, P., Del, M.A., Romani, S. 2006.Use a simple mathematical model to evaluate dipping and MAP effects on aerobic respiration of minimally processed apples. *Journal of Food Engineering*, 76 (34), 334-340.

[8] Susanna, C.F., Fernanda, A.R., Jeffrey, K.B. 2002. Modeling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review, *Journal of Food Engineering*, 52, 99–119.

[9] Singh, R. 2012. Design, evaluation and modeling of chickpea sprouts in modified atmosphere packaging. PhD Thesis, PAU, Ludhiana.

[10] Susanna, C.F. 2002. Modeling respiration rate of shredded Galega kale for development of modified atmosphere packaging. *Journal of Food Engineering*, 54 (9), 299-307.

[11] Toshitaka, U., Daisuke, D. 2004. Development of a mathematical model for dependence of respiration rate of fresh produce on temperature and time. *Post harvest biology and technology*, 34 (3), 285-293.

[12] Ying, Liu., Yunfei, Li. 2004. Experimental study on Michaelis-Menten type respiration mode. *Journal of Shanghai Jiao Tong University*, 6(1), 1170-1173.

MODELI STOPE RESPIRACIJE SVEŽIH KLICA LEBLEBIJA (*Cicer arietinum* L.) U MODIFIKOVANOM ATMOSVERSKOM PAKOVANJU

Ranjeet Singh[1], Ashok Kumar[2], Sandeep Mann[2], Sitaram D. Kulkarni[1]

[1] Centralni institut za poljoprivrednu tehniku, Odsek za preradu poljoprivrednih proizvoda, Nabi Bagh, Bhopal, India
[2] Poljoprivredni Univerzitet Punjab, Institut za preradu i inženjering prehrambenih proizvoda, Ludhiana, Punjab, India

Sažetak: Sastav gasova na vrhu staklenog kontejnera u zatvorenom sistemu, uključujući koncentracije O_2 i CO_2, u modifikovanom atmosverskom pakovanju (MAP) klica leblebija (*Cicer arietinum* L.) pri temperaturama od 5, 10, 15, 20 i 25^oC je praćen pojedinačno u periodima od po 5 časova O_2/CO_2 gas analizatorom. Stopa respiracije

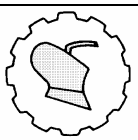
svežih klica leblebija u modifikovanom atmosverskom pakovanju proračunavana je u realnom vremenu C^+ programom zasnovanim na zatvorenom sistemu. Zavisnost stope respiracije od sastava gasova je dobro opisana jednačinom Michaelis-Menten tipa enzimskog kinetičkog modela sa nekonkurentnim tipom inhibicije izmešanog CO_2. Parametri modela su procenjeni prilagođavanjem modela eksperimentalnim podacima primenom nelinearne regresije u GraphPad Prism 5. Odnos između parametara modela kinematike enzima i temperature bila je dobro pisana Arrhenius jednačinom. Rezultati ukazuju na porast stope respiracije klica leblebija i kinematičkih parametara sa porastom temperature. Rezultati studije mogu se primeniti na proračun MAP za klice leblebija.

***Ključne reči**: Klice leblebija (Cicer arietinum), MAP, stopa respiracije, modeliranje*

Datum prijema rukopisa: 03.09.2012.
Paper submitted:
Datum prijema rukopisa sa ispravkama:
Paper revised:
Datum prihvatanja rada: 11.09.2012.
Paper accepted:

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 4, decembar 2012.
Strane: 59 - 67

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku



UDK: 631.3

Originalni naučni rad
Original scientific paper

EFEKTI PRODUŽENOG DEJSTVA PRIMENE MELIORATIVNOG SISTEMA OBRADE ZEMLJIŠTA TEŠKOG MEHANIČKOG SASTAVA U PROIZVODNJI RATARSKIH KULTURA

Miloš Pajić[1]*, Zoran Dumanović[2], Đuro Ercegović[1], Kosta Gligorević[1], Mićo Oljača[1], Vesna Dragičević[2]

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

Sažetak: U Srbiji ima oko 400.000 ha zemljišta teškog mehaničkog sastava, a najveći deo tih proizvodnih površina se nalazi pod ratarskim kulturama. Višegodišnja obrada zemljišta konvencionalnim metodama (pomoću raonog pluga) i velikog broja prolaza sredstava mehanizacije na ovom tipu zemljišta izaziva stvaranje podoraničnog vodonepropusnog sloja, sa puno negativnih posledica u ratarskoj proizvodnji.

Ovo istraživanje je usmereno ka definisanju uticaja meliorativne obrade zemljišta teškog mehaničkog sastava i produženog dejstva iste na distribuciju azota i vlage u zemljištu, kao i prinos glavnih ratarskih kultura u uslovima suvog ratarenja.

Primetna je veća prosečna vlažnosti zemljišta kod tretmana ATS, i to za 1,25% u odnosu na CT tretman. Najveća razlika u prinosima između ATS i CT tretmana je uočena 2009-10 godine u proizvodnji pšenice, gde je razlika iznosila 26,5% u korist ATS tretmana. Najveća razlika u prinosima je ostvarena u godini sa najvećom količinom padavina ostvarenih tokom vegetativnog perioda proizvodnje pšenice.

Ključne reči*: drenažni plug, vibracioni razrivač, raoni plug, vlažnost zemljišta, azot, prinos.*

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

Rad je rezultat istraživanja u okviru projekta "Unapređenje biotehnoloških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda", evidencioni broj TR 31051, koga finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

UVOD

Glinovita i hidromorfna zemljišta su karakteristična po suficitu vode, periodično ili tokom cele godine. Diferencijacija zemljišnog horizonta po mehaničkom sastavu kod ovih zemljišta daje uslove za periodično prevlaživanje [9]. Periodično prevlaživanje je rezultat slabe filtracione sposobnosti slojeva zemljišta koji se nalaze ispod orničnog horizonta. Problem zbijenosti pod-orničnog horizonta može se prevazići rastresanjem zemljišta u dubljim slojevima, čime se omogućuje infiltracija suficitne vode i odvođenje te vode u kolektore pomoću postavljene drenaže [10].

Kod zemljišta teškog mehaničkog sastava korenov sistem se sporo razvija u horizontima koji se nalaze ispod orničnog horizonta. Često se ne mogu ispoštovati optimalni rokovi za setvu. Nepovoljan je režim ishrane zbog manjeg sadržaja humusa i azota (N) u zoni korenovog sistema. Karakteristično je prisustvo teže pristupačnih oblika P_2O_5, kao što su gvožđev fosfat i amonijumovi fosfati. Prisutno je nagomilavanje većih količina K_2O u iluvijalnom horizontu, koji je teže dostupan biljkama.

Zemljišta teškog mehaničkog sastava, zahtevaju odgovarajuće mere obrade, čime se obezbeđuje prirodni potencijal plodnosti i suzbijanje degradacionih procese u zemljištu [8]. Primenom mašina i oruđa za obradu zemljišta mora se obezbediti očuvanje bio-sistema zemljišta, regulacija vodnog-vazdušnog režima zemljišta, racionalnu potrošnju energije, očuvanje vlage i potencijalne plodnosti zemljišta [11].

Različiti postupci obrade zemljišta izazivaju i različito kretanje vlage kroz zemljišni profil, a sa tim se kretanje i dostupnost azotnih i drugih jedinjenja menja u velikoj meri. To za posledicu ima značajne razlike u količini apsorbovanog azota tokom različitih fenofaza razvoja biljaka, i naročito u ostvarenom prinosu gajenih kultura. Ovakav način poređenja distribucije N u zemljištu je još značajniji kada se proizvodnja vrši na zemljiština sa većim procentom gline [13]. Različiti sistemi obrade zemljišta takođe utiču na konzervaciju N [14], na gubitke N preko luženja, denitrifikacije i usvajanja od strane biljaka.

Meliorativni radovi na zemljištu, u širem smislu, izlaze iz okvira poljoprivredne proizvodnje, ali sadrže mnoge tehničko-tehnološke elemente koji su potrebni za uspešnu eksploataciju poljoprivrednog zemljišta. Korektivni karakter meliorativnih radova u poljoprivrednoj proizvodnji ističe i delimično rešava deformitete zemljišta po površini i dubini, stvorene dugogodišnjom neadekvatnom eksploatacijom [1]. Preventivni karakter meliorativnh radova se odnosi na sprečavanje stvaranja deformiteta zemljišta kroz preventivno plansko delovanje meliorativne tehnike [5]. Korektivni i preventivni aspekti primene meliorativnih radova u poljoprivrednoj proizvodnji se najbolje mogu sagledati na primerima gajenja poljoprivrednih kultura na zemljištima teškog mehaničkog sastava [7].

Različiti uslovi proizvodnje i agrotehničke mere utiču na prinos i kvalitet biljaka [6]. Primenom konzervacijskih metoda obrade zemljišta teškog mehaničkog sastava ostvaruju se promenljivi rezultati (u zavisnosti od gajene kulture, rasporeda temperature i padavina tokom godine, primenjene tehnologije obrade) sa nestabilnim prinosima [12]. Kod većine ratarskih useva, uticaj vlažnosti zemljišta i prisustvo azota N imaju ključnu ulogu na prinos.

Ovaj rad ima za cilj da prikaže efekte produženog dejstvo primene meliorativne obrade zemljišta teškog mehaničkog sastava na distribuciju vlage i N u zemljištu, kao i na prinos glavnih ratarskih kultura.

MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanja su obavljena na proizvodnim poljima Instituta za kukuruz «Zemun Polje» Beograd, u periodu od 2007-2012 godine. Ogledi su postavljeni na proizvodnim poljima Instituta u Krnješevcima (nadmorska visina 72m, 44°54`N latitude, 20°08`E longitude), region Srem, Republika Srbija, sa prosečnim godišnjim padavinama od 630 mm godišnje (višegodišnji prosek 1990-2010) [16]. Tip zemljišta je livadski černozem i osnovne karakteristike zemljišta su date u tabelama 1 i 2.

Ogled je postavljen u oktobru 2007. godine, na parceli površine 20 ha. Ogledna parcela je podeljena na dva jednaka dela, gde je na svakom od delova izvršen zaseban tretman istraživanja. Ogledna parcela i oba njegova dela su sa jedne strane povezani sa otvorenim kanalom za odvodnjavanje, bez koga se ovaj tip meliorativne obrade i formiranja drenažnih kanala ne može ni ostvariti [4].

Na prvoj parceli veličine 10 ha primenjena je meliorativna obrada zemljišta ATS (*Ameliorative Tillage System* eng.), dok je na drugoj parceli primenjena konvencionalna obrada zemljišta CT (*Conventional Tillage eng.*). Ogled se sprovodi tokom pet uzastopnih proizvodne godine 2007/08, 2008/09, 2009/10, 2010/11 i 2011/12. Svake proizvodne godine je gajena jedna ratarska kultura na oba tretmana kako bi se ustanovile razlike u distribuciji azota, vlage i prinosa pri različitim sistemima obrade zemljišta kod različitih ratarskih kultura. Proizvodne 2007/08 gajen je suncokret (*Hellianthus annuus* L.), hibrid "ZP Albatre"; 2008/09 gajen je merkantilni kukuruz (*Zea mays* L.), hibrid "ZP360 Ultra"; 2009/10 gajena je pšenica (*Triticum aestivum* L.), sorta "Dragana"; 2010/11 gajen je kukuruz (*Zea mays* L.), hibrid "ZP 633"; a 2011/12 gajen je tritikale (*Triticcosecale*), hibrid "ZP Zenit". Istraživanje je postavljeno u blok sistemu, gde su pored različitih tipova obrade u prvoj godini istraživanja (ATS i CT) svi ostali parametri proizvodnje identični.

Tokom istraživanja uzimani su uzorci zemljišta, izvršena je agrohemijska analiza prisustva N u zemljištu u oba tretmana, praćeni su klimatski i eksploatacioni parametri, kao i prinosi gajenih kultura.

Tretman (ATS) predstavlja primenu meliorativnog sistema obrade. Tretman (ATS) je izveden u dve faze. Prva faza tretmana je izvedena samo u prvoj godini postavljanja ogleda, u oktobru 2007. godine. Prva faza obuhvata primenu ATS, tj. tri agrotehničke mere (formiranje krtične drenaže, podrivanje orničnog sloja i stabilizaciju obrađenog zemljišta).

Formiranje krtične drenaže je izvedeno pomoću drenažnog pluga (DP-4) [4], tako što su formirani drenažni kanali na dubini 80-100 cm. Rastojanje između drenažnih kanala iznosi 5 m. Podrivanje orničnog sloja je izvedeno pomoću vibracionog podrivača (VR5/7) sa 5 radnih organa, na dubini 50-55 cm, gde je razmak između radnih organa podrivača bio 40 cm [4]. Nakon izvršenog podrivanja, stabilizaciju i poravnavanje zemljišta smo izveli pomoću teške tanjirače "Lemind", prečnik diskova 510 mm. U proleće 2008. godine izvršena je priprema zemljišta za setvu suncokreta i nastavljena

uobičajena (konvencionalna) tehnologija proizvodnje ratarskih kultura. Druga faza tretmana (ATS) je obrada zemljišta u svim narednim proizvodnim godinama po konvencionalnoj tehnologiji (CT).

Tretman (CT) predstavlja primenu konvencionalne obrade zemljišta koja se primenjuje u proizvodnji ratarskih kultura. CT se zasniva na obradi zemljišta pomoću raonog pluga "Lemken - EuroPal 8" na dubini 30-35 cm. Nakon oranja koje se obavlja tokom jeseni, u proleće se pre setve koristi teška drljača kako bi se zemljište dodatno usitnilo, stabilizovalo i pripremilo za predsetvenu obradu (za pšenicu se ova operacija izvodi tokom jeseni).Sa oglednog polja su uzeti uzorci zemljišta standardnim metodama, gde je urađena analiza za osnovna agrohemijska svojstva zemljišta, vlažnost zemljišta i mehanički sastav zemljišta. Uzorci zemljišta su uzeti u poremećenom stanju, po tri uzorka po dijagonali parcele, sa neoštećenih delova zemljišta [2], za određivanje:

- Mehaničkog sastava (internacionalna pipet B metoda),
- Strukturne analize uzoraka (metoda N.I. Savinova),
- Specifične mase zemljišta (metoda piknometra sa ksilolom),
- Zapreminske mase (metoda cilindera Kopecky-og od 100 cm^3),
- Ukupne poroznosti zemljišta, računskim postupkom (iz odnosa specifične i zapreminske mase),
- Vlažnosti zemljišta (gravimetrijska metoda),
- Određivanje koncentracije azota N u zemljištu [15].

Određivanje prinosa gajenih kultura je rađena metodom probnih površina [3], po dijagonali površine tretmana, sa tri ponavljanja. Prinos zrna je sveden na 12% vlage. Za analizu podataka korišćene su metode Analize varijanse – ANOVA i LSD test. Sve statističke analize rađene su u programskom paketu "SPSS Statistics", verzija 17.0.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Prema mehaničkom sastavu izdvojeni lokalitet pripada grupi glinuša, kod kojih sadržaj čestica ukupne gline u A horizontu iznosi 51-52%. Ovako homogen sadržaj glinenih čestica čini ovo zemljište posebno teškim, kada je u pitanju pravovremena obrada.

Vlažnost zemljišta praćena tokom vegetacionog perioda gajenih kultura na oba tretmana (Tabele 3, 4, 5, 6 i 7), ukazuje na često veći procenat vlažnosti zemljišta pod tretmanom AMS, prosečno veći za 1,25%. Ovaj efekat se objašnjava većim poljskim kapacitetom zemljišta pod AMS tretmanom u odnosu na CT tretman, ostvaren dubinskim rastresanjem profila obrađenog zemljišta. Prinos je veći u AT tretmanu za 9,3%.

U drugoj godini nakon primene meliorativne obrade zemljišta, proizvodna 2008/09, primetno je efikasnije usvajanje N tokom vegetacionog perioda kod ATS tretmana, što se objašnjava efikasnijim radom korenovog sistema u razrahljenom zemljištu (Tab. 4). Istovremeno, primetan je i veći gubitak N u dublje slojeve, što je izazvano lakšim spiranjem i distribucijom azotnih jedinjenja po dubini, kroz drenirani sloj zemljišta. Prinos kukuruza je tada bio veći u tretmanu ATS za 11%.

Tabela 1. Mehanički sastav i teksturna klasa zemljišta
Table 1. Mechanical composition and texture class of soil

Horizont *Soil horizonts*	Dubina *Soil layer* (cm)	Pesak *Sand* 1,0-0,05 (mm)	Prah *Powder* 0,05-0,002 (mm)	Glina *Clay* <0,002 (mm)	Fizička glina *Heavy clay* <0,02 (mm)	Teksturna klasa zemljišta *Class of soil*
Ah1	0-20	1,53	47,18	51,29	48,68	Pr.glinuša *Powder clay soil*
Ah2	20-40	1,65	46,75	51,63	48,30	Pr.glinuša *Powder clay soil*
AC	40-60	1,61	47,09	51,30	48,70	Pr.glinuša *Powder clay soil*
CG	60-80	1,73	48,58	48,69	52,12	Glinuša *Clay soil*

Tabela 2. Osnovne fizičke osobine zemljišta
Table 2. The basic physical properties of soil

Horizont *Soil horizonts*	Dubina *Soil layer*	Specifična masa *Specific mass*	Zapreminska masa *Volume mass*	Ukupna poroznost *Total porousity*	Poljski kapacitet *Field capacity*	Vazd. kapacitet *Capacity of air*	Trenutna vlaga *Current moisture*	Koef. filtracije *Coeff. of filtration*
	(cm)	($g \cdot cm^{-3}$)	($g \cdot cm^{-3}$)	(% vol)	(% vol)	(% vol)	(% vol)	($cm \cdot sec^{-1}$)
A_h1	0-20	2,64	1,25	52,65	42,80	9,85	20,14	$1,13 \cdot 10^{-3}$
A_h2	20-40	2,63	1,31	50,20	42,04	8,16	20,11	$1,05 \cdot 10^{-3}$
AC	40-60	2,68	1,43	46,64	40,45	6,19	17,45	$6,35 \cdot 10^{-4}$
CG	60-80	2,71	1,57	42,07	39,70	2,37	22,30	$6,65 \cdot 10^{-5}$

Tabela 3. Kretanje vlažnosti i N u zemljištu pri različitim sistemima obrade, proizvodnja suncokreta 2007/08
Table 3. Soil moisture and N content for different tillage systems, sunflower production 2007/08

Suncokret *Sunflower*	Dubina *Depth*	Posle setve *After sowing*				Pre žetve *Before harvest*				Prinos *Yield*
		Vlaga *Moisture*	NO_3	NH_4	N total	Vlaga *Moisture*	NO_3	NH_4	N total	
	(cm)	(%)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	(%)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)
CT	0-30	13,64	66,44	59,72	137,39	9,65	46,93	70,06	127,90	2.753
	30-60	13,93	107,14	136,49	297,28	13,53	81,06	129,63	252,18	
	60-90	18,25	17,33	50,56	90,64	17,77	5,63	56,18	78,89	
ATS	0-30	14,05	47,67	71,90	130,54	10,71	38,04	25,81	68,94	3.011
	30-60	14,75	96,25	85,09	194,60	13,66	101,76	66,15	179,46	
	60-90	17,00	70,21	99,01	181,09	18,91	87,74	55,61	156,24	

Tabela 4. Kretanje vlažnosti i N u zemljištu pri različitim sistemima obrade, proizvodnja kukuruza 2008/09

Table 4. Soil moisture and N content for different tillage systems, corn production 2008/09

Kukuruz *Corn*	Dubina *Depth*	Posle setve *After sowing*				Pre žetve *Before harvest*				Prinos *Yield*
		Vlaga *Moisture*	NO_3	NH_4	N ukupni *N total*	Vlaga *Moisture*	NO_3	NH_4	N ukupni *N total*	
	(cm)	(%)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	(%)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)
CT	0-30	20,27	179,89	53,43	186,90	17,14	102,20	3,99	127,54	6.380
	30-60	19,04	77,84	8,98	89,64	17,51	56,99	2,56	59,78	
	60-90	18,64	90,16	16,58	121,73	17,04	92,28	0,01	94,06	
ATS	0-30	20,17	172,20	3,47	177,83	18,28	91,77	2,80	95,83	7.083
	30-60	20,11	73,13	3,77	82,02	18,24	83,86	2,09	86,91	
	60-90	21,15	82,19	3,29	97,71	19,13	92,74	4,90	100,06	

Pun efekat primene meliorativne obrade zemljišta je uočljiv proizvodne 2009/10 godini, kada su obilne prolećne padavine usporile rast u razvoj pšenice, kao i usvajanje hraniva pod CT tretmanom, dok je ATS tretman omogućio odvođenje suficitne vlage u kritičnim periodima razvoja biljaka, što se na kraju proizvodnje i odrazilo na konačan prinos. Tada je razlika u prinosu bila u korist ATS tretmana za 26,5% (Tab. 5).

Tabela 5. Kretanje vlažnosti i N u zemljištu pri različitim sistemima obrade, proizvodnja pšenice 2009/10

Table 5. Soil moisture and N content for different tillage systems, wheat production 2009/10

Pšenica *Wheat*	Dubina *Depth*	Posle setve *After sowing*				Pre žetve *Before harvest*				Prinos *Yield*
		Vlaga *Moisture*	NO_3	NH_4	N ukupni *N total*	Vlaga *Moisture*	NO_3	NH_4	N ukupni *N total*	
	(cm)	(%)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	(%)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)
CT	0-30	18,04	113,96	17,14	133,10	23,31	16,49	54,34	70,83	3.577
	30-60	19,23	80,58	2,58	86,18	20,92	7,59	27,39	34,98	
	60-90	18,30	29,32	2,34	39,11	20,77	21,93	27,90	49,83	
ATS	0-30	18,81	81,52	11,85	97,61	23,29	18,02	28,50	46,52	4.525
	30-60	19,49	86,98	4,36	98,40	21,14	-4,33	24,11	19,78	
	60-90	20,43	64,00	2,32	71,01	22,67	18,35	26,27	44,62	

U četvrtoj proizvodnoj godini nakon primene meliorativne obrade, 2010/11, primetan je manji rast prinosa u odnosu na prethodne godine. Prinos kukuruza je bio za 4,9% veći kod ATS u odnosu na CT tretman (Tab. 6). Smanjene su razlike u vlažnosti zemljišta kao i razlike u usvajanju N, što se objašnjava urušavanjem drenažnih kanala i sleganjem razrahljenog zemljišta usled višegodišnje eksploatacije, kao i usled klimatskih faktora koji utiču na smanjenje ukupne poroznosti zemljišta.

U izrazito sušnoj 2011/12 proizvodnoj godini efekti delovanja meliorativne obrade su skoro zanemarljivi (Tab. 7). Razlika u prinosima između posmatranih tretmana nije statistički značajna, kao ni ostali posmatrani efekti.

Tabela 6. Kretanje vlažnosti i N u zemljištu pri različitim sistemima obrade, proizvodnja kukuruza 2010/11

Table 6. Soil moisture and N content for different tillage systems, corn production 2010/11

Kukuruz *Corn*	Dubina *Depth*	Posle setve *After sowing*				Pre žetve *Before harvest*				Prinos *Yield*
		Vlaga *Moisture*	NO_3	NH_4	N ukupni *N total*	Vlaga *Moisture*	NO_3	NH_4	N ukupni *N total*	
	(cm)	(%)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	(%)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)
CT	0-30	15,41	119,21	19,08	145,92	16,13	42,39	9,96	60,15	5.628
	30-60	15,45	52,21	5,76	63,62	14,39	24,77	8,24	38,10	
	60-90	16,17	30,54	5,36	40,28	14,13	36,14	6,86	47,07	
ATS	0-30	16,19	85,06	19,74	114,42	16,06	41,64	1,86	43,52	5.906
	30-60	15,86	47,78	9,23	65,67	15,84	53,70	5,11	58,84	
	60-90	16,35	47,14	4,84	56,71	15,12	76,63	0,49	79,45	

Tabela 7. Kretanje vlažnosti i N u zemljištu pri različitim sistemima obrade, proizvodnja tritikala 2011/12

Table 7. Soil moisture and N content for different tillage systems, triticale production 2011/12

Tritikale *Triticale*	Dubina *Depth*	Posle setve *After sowing*				Pre žetve *Before harvest*				Prinos *Yield*
		Vlaga *Moisture*	NO_3	NH_4	N ukupni *N total*	Vlaga *Moisture*	NO_3	NH_4	N ukupni *N total*	
	(cm)	(%)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	(%)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)	($kg \cdot ha^{-1}$)
CT	0-30	16,43	69,15	0,21	70,88	15,05	15,62	22,85	38,47	4.170
	30-60	15,99	56,25	8,33	64,61	18,54	27,08	38,82	65,90	
	60-90	14,87	80,77	9,88	93,24	14,71	2,76	17,09	19,85	
ATS	0-30	65,17	37,48	13,65	56,39	17,36	15,29	18,53	33,82	4.254
	30-60	15,57	44,46	8,82	60,10	17,68	13,98	28,13	42,11	
	60-90	14,38	62,15	8,09	73,65	17,20	32,14	31,00	63,14	

ZAKLJUČAK

Primena meliorativne obrade zemljišta, u cilju poboljšanja proizvodnih karakteristika proizvodnje ratarskih kultura, daje rezultate na zemljištima teškog mehaničkog sastava. Pozitivni efekti su vidljivi i statistički značajni u prve četri godine od primene ove obrade.

Primetna je veća prosečna vlažnosti zemljišta kod tretmana ATS, i to za 1,25% u odnosu na CT tretman. Najveća razlika u prinosima između ATS i CT tretmana je uočena 2009/10 godine u proizvodnji pšenice, gde je razlika iznosila 26,5% u korist ATS

tretmana. Najveća razlika u prinosima je ostvarena u godini sa najvećom količinom padavina ostvarenih tokom vegetativnog perioda proizvodnje pšenice.

Korektivni i preventivni aspekti primene meliorativnih radova u poljoprivrednoj proizvodnji su vidljivi na zemljištima teškog mehaničkog sastava, u prve četiri godine eksploatacije. Najjači pozitivni efekti su direktno vezani za raspored i količinu padavina tokom vegetativnog perioda proizvodnje ratarskih useva. U godinama sa izraženim periodima prevlaživanja, na zemljištima teškog mehaničkog sastava, efekti primene meliorativne obrade zemljišta su najizraženiji.

LITERATURA

[1] Abu-Hamdeh, N.H., 2003. Compaction and subsoiling effects on corn growth and soil bulk density. *Soil Science Society of America Journal*. 67:1213-1219.

[2] Bošnjak, Đ., Dragović, S., Hadžić, V., Babović, D., Kostić, N., Burlica, Č, Đorović, M., Pejković, M., Mihajlović, D., Stojanović, S., Vasić, G., Stričević, R., Gajić, B., Popović, V., Šekularac, G., Nešić, Lj., Belić, M., Đorđević, A., Pejić, B., Maksimović, L., Karagić, Đ., Lalić, B., Arsenić, I., 1997. *Metode istraživanja i određivanja fizičkih svojstava zemljišta*. Komisija za fiziku zemljišta, Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, Novi Sad: 1-278.

[3] Dolijanović, Ž., Oljača, S., 2003. *Praktikum agroekologije*. Poljoprivredni fakultet, Beograd.

[4] Ercegović, Đ., Gligorević, K., Kovačević, D., Raičević, D., Vukić, Đ., Oljača, M., Pajić, M., Radojević, R. 2010. Research results of long-term use of new line of machines and tools for land surface and depth arrangement. *Journal of Agricultural Sciences,* 55-2: 165-181.

[5] Kovačević, D., Dolijanović, Ž., Oljača, M.V., Oljača, J. 2009. Uticaj meliorativne obrade na neke fizičke osobine zemljišta. *Poljoprivredna tehnika*, 34-2: 35-42.

[6] Kovačević, D., Oljača, S., Dolijanović, Ž., Oljača, M. 2008. Uticaj savremenih sistema obrade zemljišta na prinos važnijih ratarskih useva. *Poljoprivredna tehnika*. 34-2: 73-80.

[7] Kovačević, D., Oljača, S., Dolijanović, Z., Jovanović, Z., Jug, I., Jug, D., Stipešević, B., Milić, V. 2012. The effect of ameliorative tillage on some important soil physical properties and grain yield of sunflower, maize and winter wheat. *47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture*, Opatija, Croatia, 13-17 February 2012. Proceedings 2012: 497-501.

[8] Molnar, I., Džilitov, S., Vučković, R. 1979. Uticaj meliorativne obrade na promene nekih fizičkih osobina beskarbonantne ritske crnice. *Zemljište i biljka*. 28-3: 177-190.

[9] Petoššić, D., Kovačević, V., Josipović, M. 2003. Phosphorus availability in hydromorphic soils of Eastern Croatia. *Plant, Soil and Environment*, 49-9: 394-401.

[10] Radojević, R., Raičević, D., Oljača, M., Gligorijević, K., Pajić, M. 2006. Uticaj jesenje obrade na sabijanje teških zemljišta. *Poljoprivredna tehnika*, 31-2: 63-71.

[11] Raičević, D., Ercegović, Đ., Marković, D., Oljača, M. 1997. *Primena oruđa i mašina sa vibracionim radnim telima u obradi zemljišta, efekti i posledice*. Uređenje, korišćenje i očuvanje zemljišta. Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, Novi Sad: 127-135.

[12] Raičević, D., Radojević, R., Ercegović, Đ., Oljača, M., Pajić, M. 2005. Razvoj poljoprivredne tehnike za primenu novih tehnologija u procesima eksploatacije teških zemljišta, efekti i posledice. *Poljoprivredna tehnika,* 30-1: 1-8.

[13] Reeves, D.W., Touchton, J.T. 1986. Subsoiling for nitrogen applications to corn grown in a conservation tillage system. *Agronomy Journal,* 78: 921-926.

[14] Sainju, U.M., Whitehead, W.F., Singh, B.P., Wang, S. 2006. Tillage, cover crops, and nitrogen fertilization eff ects on soil nitrogen and cotton and sorghum yields. *Europian Journal of Agronomy,* 25:372–382.

[15] Scharpf, H.C., Wehrmann, J. 1975. Die Bedeutung des Mineralstickstoffvorrates des Bodens zu Vegetationsbeginn für die Bemessung der N-Düngung zu Winterweizen. *Landwirtschaftlicher Forschung,* 32: 100–114.

[16] http://www.hidmet.gov.rs/ [datum pristupa: 18.10.2012.]

LONG TERM EFFECTS OF THE APPLICATION OF AMELIORATIVE TILLAGE SYSTEMS ON HEAVY MECHANICAL COMPOSITION SOILS IN CROP PRODUCTION

Miloš Pajić[1], Zoran Dumanović[2], Đuro Ercegović[1], Kosta Gligorević[1], Mićo Oljača[1], Vesna Dragičević[2]

[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

Abstract: There are around 400,000 hectares of soils with heavy mechanical composition, and the greatest part of the production area is under crops. The long term soil tillage by conventional methods (using plough) and a large number of passages of mechanization in this type of soil causes a subarable waterproof layer, with a lot of negative consequences in a crop production.

This research aims at defining the impact of an ameliorative tillage of soils with heavy mechanical composition and its long term effects on distribution of nitrogen and moisture in the soil and yield of main crops in dry farming conditions.

There is an increased average soil moisture in the ATS treatment, by 1.25% compared to the CT treatment. The biggest difference in yields between the ATS and CT treatments was observed during 2009/10 in wheat production, where the difference was 26.5% in favor of the ATS treatment. The biggest difference in yield was achieved in the year with the highest rainfall during vegetative growth of wheat.

Key words*: drainage plough, vibratory subsoiler, plough, soil moisture, nitrogen, yield*

Datum prijema rukopisa: 18.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama:
Datum prihvatanja rada: 21.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVI
Broj 4, decembar 2012.
Strane: 69 - 77

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 631.147

Originalni naučni rad
Original scientific paper

ENERGETSKI POTENCIJAL PRODUKATA REZIDBE VOĆARSKIH I VINOGRADARSKIH ZASADA SRBIJE

Milovan Živković[1*], Mirko Urošević[1], Miloš Pajić[1], Ranko Koprivica[2]

[1] *Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Beograd – Zemun, Republika Srbija*
[2]*Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Republika Srbija*

Sažetak: Savremene tehnologije voćarsko-vinogradarske proizvodnje podrazumevaju sprovođenje intenzivne rezidbe zasada gde nastaju znatne količine biljnih ostatka koji predstavljaju biomasu znatne ekološke i energetske vrednosti. Dobijanje toplotne energije i upotreba ostataka rezidbe kao biomase značajna je sa stanovišta zaštite okoline, zbog zatvorenog ciklusa emisije i potrošnje CO_2. Ostaci rezidbe u zasadima predstavljaju problem u sprovođenju agrotehničkih mera, tako da je neophodno njihovo iznošenje sa navedenih površina. Ograničene rezerve fosilnih goriva i veliko zagađenje životne sredine nameću potrebu iznalaženja alternativnih i obnovljivih izvora energije koji istovremeno smanjuju ekološko zagađenje.

Veoma aktuelni problem predstavlja definisanje optimalnih tehnologija i tehničkih rešenja mašina za korišćenje ostataka rezidbe voćaka i vinove loze, što znatno povećava energetsku efikasnost ove proizvodnje. Zastarele tehnologije, ekstenzivna proizvodnja i neracionalno raspolaganje energijom, u našim uslovima, prikupljanje, obrada, priprema i korišćenje biljnih ostataka nisu našli adekvatnu primenu.

Preduslov za istraživanje ekonomske i tehničke opravdanosti korišćenja ostataka rezidbe (biomaterijala) predstavljaju podaci o količini, energetskom potencijalu, načinu obrade, transportabilnosti, ceni, pogodnosti za skladištenje, čuvanje i sagorevanje. Najznačajnije polazište tom istraživanju je definisanje energetskog potencijala ostataka rezidbe na godišnjem nivou.

Ključne reči*: ostaci rezidbe, energija, korišćenje biomase, voćnjak, vinograd*

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

Rad je deo istraživanja u okviru projekta «Unapređenje biotehničkih postupaka racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda, TR 31051, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

UVOD

Procesima fotosinteze sunčeva svetlost transformiše CO_2 iz atmosfere i vodu u kompleks biljnih polimera, za kratak period vremena. Prema [3], biomasa je rezultat skladištenja sunčeve svetlosti kao hemijske energije u biljkama. Eksploatacija ovih resursa za energiju omogućava kruženje CO_2 kao i njegovo skladištenje u trajnim proizvodima [7].

Biomasa je potpuno obnovljiv resurs, i njeno korišćenje za biogorivo, bioenergiju, hemijske i druge proizvode ne povećava sadržaj CO_2 u atmosferi. Proizvodnja i korišćenje biomase pruža značajne pogodnosti za okruženje, ekonomiju i sigurnost.

Biljni materijali, koji se koristi direktno kao gorivo, ili pretvaraju u druge oblike pre sagorevanja, definišu se kao biomasa. Predstavlja biorazgradivu frakciju proizvoda kao što su: ostaci i otpaci iz poljoprivrede, šumarstva i prateće industrije, biljne i životinjske supstance kao i biorazgradive frakcije industrijskog i gradskog otpada [9].

U mnogim nerazvijenim zemljama Sveta korišćenje biomase kao izvora energije i dalje predstavlja osnovno gorivo u domaćinstvima. Činjenica je da se poslednjih godina počinje sa organizovanim korišćenje biomase izvan domaćinstava i da predstavlja u značajan energetski resurs. Mada, korišćenje biomase kao izvora energije datira od davnina poslednje vreme tretira se kao novi obnovljiv izvor energije. Energetski potencijal biomase je na prvom mestu od obnovljivih izvora energije.

Karakterističan hemijski sastav i fizički oblik biomase uslovljavaju značajnu razliku u odnosu na fosilna goriva i ističu njenu ekološku vrednost. Istraživanja [4] [6], su pokazala da biomasa u svom sastavu ne sadrži, ili sadrži znatno manje, sumpora u odnosu na fosilna goriva, daje joj ekološki značaj. Najznačajnije osobine biomase kao što su: heterogenost, mala zapreminska gustina, velika vlažnost, varijabilnost sastava usložnjava postupke sakupljanja, transporta i lagerovanja [10]. Povoljan efekat korišćenja biomase u sistemima za sagorevanje se postiže i supstitucijom dela uglja, odnosno zajedničkim sagorevanjem biomase i uglja koji predstavlja postupak kosagorevanja [14].

Mogućnost proizvodnje biomase kao goriva se može posmatrati kroz dva aspekta. Jedan je proizvodnja neke odabrane visokorodne biljne vrste (energetske šume), čiju organizaciju mora preuzeti država. Drugi pristup ovom problemu, daleko realniji u sadašnjim okolnostima, da svako poljoprivredno gazdinstvo proizvodi energiju za svoje potrebe [5].

Prema preliminarnim istraživanjima [9] [11], energetski potencijal ostataka biomase u Republici Srbiji je procenjen na 115 000 $TJ \cdot god^{-1}$. Od toga, ukupni energetski potencijal ostataka poljoprivredne biomase iznosi oko 65 000 $TJ \cdot god^{-1}$, u koji se ubraja 200 000 $t \cdot god^{-1}$ ostataka rezidbe voćaka, vinove loze i prerade voća.

Na osnovu stepena razvoja teničkih i tehnoloških rešenja, može se konstatovati da u bliskoj budućnosti obnovljivi izvori energije dobijeni od ostataka rezidbe iz voćnjak i vinogrda u našoj zemlji će se koristiti za niskotemperaturske potrebe [15]. Tamo gde je razvijena voćarska i vinogradarska proizvodnja, ovaj oblik biomase kao ekonomično gorivo može se uspešno koristiti za proizvodnju toplotne energije najpre za relativno manje potrošače.

MATERIJAL I METODE RADA

Obaveznu agrotehničku meru takom eksploatacije zasada voćaka i vinove loze predstavlja rezidba koja je prilagođena kako biološkim osobinama svake vrste tako i sorti. Veoma je kompleksna mera a u toku godine obavlja se za vreme mirovanje vegetacije tz. rezidba na zrelo i tokom vegetacije tz. zelena rezidba. Savremene intenzivne tehnologije gajenja zasada se karakterišu rezidbom koja daje znatne količine biomase, koja može imati višestruku upotrebu.

Biomasa dobijena rezidbom u voćarstvu i vinogradarstvu Srbije je nedovoljno istražen tako da ne postoje relevantni podaci o vrednosti energetskog potencijala. Ta činjenica ima za posledicu da ovaj oblik biomase nije značajnije zastupljen u energetskom bilansu zemlje. Imajući u vidu značaj procene energetskog bilansa i sve veće potrebe za obnovljivim izvorima energije, ovoj oblasti istraživanja treba posvetiti veću pažnju.

U radu za istraživanje korišćeni su podaci statističkih godišnjaka Republičkog zavoda za statistiku i informatiku, a odnosili su se na površine voćnjaka i vinograda kao i broj rodnih stabala odnosno čokota.

Korišćeni statistički podaci u cilju istraživanja zahtevali su primenu statističko-matematičke metode obrade podataka na osnovu kojih je utvrđeno variranje ukupnog broja stabala i čokota a time i energetskog potencijala za period 2000 – 2011 godinu.

Definisanje energetske vrednosti biomase nastale rezidbom voćaka i vinove loze odnosi se na deo biomase koji se dobija u zreloj rezidbi tokom mirovanja vegetacije biljaka. Produkti zelene rezidbe se karakterišu malom količinom celuloze, znatnim prisustvom vlage itd. nisu značajni kao energetski izvor u procesima sagorevanja.

Tabela 1. Broj stabala voćaka i čokota vinove loze u Srbiji [12]

Table 1. Number of fruit trees and grapevines in Serbia [12]

Godina[1] *Year[1]*	Broj stabala (× 1000) *Number of trees (× 1000)*							
	Jabuka *Apple*	Kruška *Pear*	Dunja *Quince*	Šljiva *Plum*	Kajsija *Apricot*	Breskva *Peach*	Višnja *Cherry*	Vinova loza *Grapes*
2000	14265	5872	945	43103	1544	3563	8336	396
2001	14176	5384	920	42597	1550	3569	8428	382
2002	14445	5278	950	42383	1609	3946	8397	378
2003	14689	5242	932	42454	1612	3853	8812	367
2004	14890	5120	896	42513	1600	3948	8890	348
2005	14805	4958	926	42583	1583	3993	8938	337
2006	14658	4788	892	41796	1566	4035	8562	322
2007	15037	4723	858	41885	1571	4063	8651	309
2008	15224	4403	864	41885	1637	4093	8637	301
2009	15600	4471	845	41601	1694	4685	8683	290
2010	15880	4414	820	41171	1696	4516	8377	292
2011	16042	4528	836	40822	1781	4800	8377	274
Prosek *Average*	14976	4932	890	42066	1620	4089	8591	333

[1] Nisu obrađeni podaci za Kosovo i Metohiju

[1] Data for Kosovo and Metohija not included

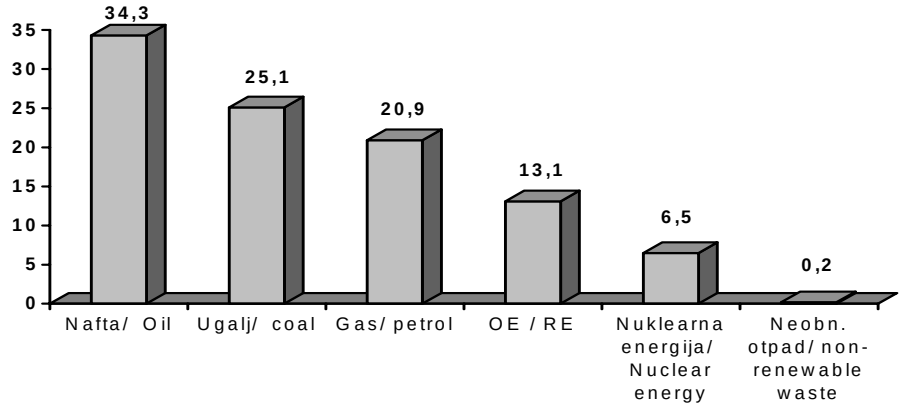
Primena odgovarajuće tehnologije kao i angažovanje određenih tehničkih sredstava kojima se obavlja prikupljanje, primarna obrada (baliranje, sitnjenje, presovanje-briketiranje), transport, lagerovanje i neposredna upotreba, su definisani namenom ostataka rezidbe. U Tabeli 1 je prikazan ukupan broj stabala voćaka i čokota vinove loze u Srbiji za dati vremenski period.

Rezultati istraživanja gornje toplotne moći ostataka rezidbe u voćnjacima i vinogradima sa vlagom od 10-15% [1] [8] [13] pokazuju da ostaci zrele rezidbe imaju vrednosti: jabuka 17,4 MJ·kg^{-1}, kruška 17,5 MJ·kg^{-1}, breskva 17,7 MJ·kg^{-1}, šljiva 17,8 MJ·kg^{-1} i vinova loza 18 MJ·kg^{-1}.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Struktura ukupne primarne energije u svetu prikazana je na Sl. 1. [7]. Sa dijagrama se uočava da obnovljiva energija (OE) u ukupnom bilansu učestvuje sa 13,1%. Potencijal za bioenergiju je veoma velik i vrlo rasprostranjen širom sveta.

Danas je biomasa već glavni izvor ukupnih svetskih energetskih potreba, od svih raspoloživih obnovljivih izvora energije, i dostiže 12 % (50 EJ·god.$^{-1}$) od ukupnih svetskih potreba (406 EJ·god.$^{-1}$) [9]. Korišćenje biomase je uglavnom bazirano na ostacima poljoprivrede i šumarstva.



Slika 1. Ukupna primarna energija u Svetu [7]

Figure 1. Total primary energy in the world [7]

U Republici Srbiji, prema statističkim podacima od 2000 do 2011, prosečan broj od sedam najznačajnijih voćnih vrsta, šljiva sa 42,066 miliona stabala i prosečnim učešćem 54,51% u ukupnom broju rodnih stabala, predstavlja vodeću voćnu vrstu. Posle šljive, po broju stabala sledi jabuka 14,976 (19,41%), višnja 8,591 (11,13%), kruška 4,932 (6,39%) i breskva 4,089 (5,32%), kajsija 1,620 (2,10%) i dunja 0,89 (1,15%). Za dati period najveće povećanje broja rodnih stabala je zabeleženo breskve (14,76%), zatim jabuke (4,98%), sledi kajsija (4,92%), a kod višnje (3,6%). Znatniji pad broja rodnih stabala zabeležen je kod kruške (16%), dunje (5,82%) i šljive za 2,41%.

Broj čokota vinove loze u periodu 2000-2011 se kretao u proseku 333 miliona čokota. Analizom podataka uočava se tendencija smanjenja broja čokota sa 396 na 274 miliona, odnosno zasađene površine od 57540 na 56434 hektara. Podaci sa terena pokazuju da u poslednjoj godini to smanjenja opada sa tendencijom porasta površine odnosno broja čokota.

Prinos orezane biljne mase u voćnjacima i vinogradima uslovljena je velikim brojem faktora koji zavise od bioloških osobina, starosti zasada, agroteničkih mera, sistema gajenja itd. Presudni uticaj na količinu imaju pripadnost voćnoj vrsti, bujnost sorte i podloge, sprovedena agrotenika i sistem rezidbe, zemljišni i klimatski uslovi itd.

Rezultati istraživanja o količini ostataka rezidbe (Tabela 2) pokazuju da dve "najprinosnije" voćne vrste su: šljiva od 2,87 do 4,59 t·ha^{-1} što iznosi u proseku 7,46 kg·stablo^{-1} i breskva sa prosekom od 2,42 do 4,68 t·ha^{-1} odnosno u proseku 6,88 kg·stablo^{-1}.

Tabela 2. Prinos ostataka rezibe u 2010/2011. god na školskom dobru "Radmilovac" Poljoprivrednog fakulteta u Beogradu

Table 2. The yield of the pruning residues in 2010/2011 at the experimental estate "Radmilovac" of the Faculty of Agriculture in Belgrade

Vrsta *Species*	Sorta *Type*	Broj stabala (ha^{-1}) *Number of trees (ha^{-1})*	Prosek (kg·stablo^{-1}) *Average (kg·tree^{-1})*	Ukupno (kg·ha^{-1}) *Total (kg·ha^{-1})*
Breskva *Peach*	Samerset *Summerset*	500	4,85	2425
	Krestheven *Cresthaven*	500	6,43	3215
	Redheven *Redhaven*	500	9,36	4680
Šljiva *Plum*	Stenli *Stanley*	500	5,74	2870
	Požegača *Pozegaca*	500	9,18	4590
Jabuka *Apple*	Ajdared *Idared*	2190	1,42	3110
	Jonagold *Jonagold*	2190	1,59	3482

Tabela 3. Prinos ostataka rezidbe za neke gajene sorte vinove loze u Srbiji

Table 3. The yield of the pruning residues for some grape varieties grown in Serbia

Prinos *Yield*	Sorte vinove loze *Grape vine types*						
	Tamjanika bela *Tamjanika white*	Game bojadiser *Game tenturier*	Kreaca *Kreaca*	Kardinal *Cardinal*	Tamjanika crna *Tamjanika black*	Župljanka *Župljanka*	Vranac *Vranac*
kg·čokot^{-1} *kg·vine^{-1}*	0,619	0,778	0,806	1,026	1,073	1,205	1,237
kg·ha^{-1} *kg·ha^{-1}*	1650	2075	2150	2740	2860	3220	3300

Veoma značajnu masu ostataka rezidbe pored breskve, kod koje se u rezidbi na zrelo odstrani i do 40 % ukupne mase, daje i vinova loza po čokotu (Tabela 3).

Količina biomase koja se dobija nakon rezidbe na zrelo kod najzastupljenijih sorti vinove loze u Srbiji prikazana je Tabelom 4. Količine ostataka rezidbe se dobija za raspored sadnje 2,5 x 1,5 m. Poređenjem podataka u tabele 4 uočavaju se znatne razlike u količini biomase, koje se kod Tamjanike bela kreće od 0,619 kg·čokot^{-1} pa do 1,237 kg·čokot^{-1} kod Vranac, tako da je razlika i do 100 % a kod Župljanke 94,7%.

Količina ostataka rezidbe pre svega najviše zavisi od biološke osobine sorti vinove loze, i to najpre njihova bujnost. Veliki uticaj na količinu ostataka rezidbe imaju: klimatski i zemljišni uslovi, mesta gajenja vinove loze kao i primenjenih agrotehničkih mera tokom eksploatacije zasada. U Tabeli 4 je prikazan energetski potencijal ostataka rezidbe voćaka i vinove loze u Srbiji za 2011 godinu.

Tabela 4. Energetski potencijal ostataka rezidbe voćaka i vinove loze u Srbiji za 2011

Table 4. Energy potential of the fruit trees and vines pruning residues in Serbia in 2011

Voćna vrsta *Fruit species*	Broj stabala/čokota (× 1000) *Number of trees/vines (× 1000)*	Ostaci rezidbe, prosek (kg·stab./čok.$^{-1}$) *Pruning residues, average* (*kg·tree/vine^{-1}*)	Toplotna moć (MJ·kg^{-1}) *Thermal power (MJ·kg^{-1})*		Količina korisne Energije *The amount of useful energy*	
			Gornja *Upper*	Korisna[1] *Useful*[1]	(MJ·stab./čok.$^{-1}$) (*MJ·tree/vine^{-1}*)	GJ·ha^{-1} *GJ·ha^{-1}*
Šljiva *Plum*	40822	7,7	18,65	12,10	93,17	3803386
Jabuka *Apple*	16042	2,4	17,8	11,42	27,41	439711
Kruška *Pear*	4528	4,2	18,0	11,58	48,63	220197
Breskva *Peach*	4800	6,6	19,4	12,7	83,82	402336
Dunja *Quince*	836	1,1	18,65	12,10	13,31	11127
Kajsija *Apricot*	1781	1,2	19,3	12,62	15,14	26964
Višnja *Cherry*	8377	1,8	18,65	12,10	21,78	182451
Vinova loza *Grapes*	274000	0,96	18,3	11,82	11,35	3109900

[1]Energetska vrednost se dobija na osnovu vlažnosti (10-15%) drvenaste biljne mase i odgovarajućeg stepena iskorišćenja ložišta pri sagorevanju koja se kreće oko 76% [10]

[1]Energy value is calculated based on humidity (10-15%) of the woody biomass and the corresponding degree of efficiency of the furnace during the combustion, which is about 76% [10]

Podaci u Tabele 4 pokazuju da su energetske vrednosti pojedinih voćnih vrsta za 2011 godinu iznosile: šljive 3803,386 TJ; jabuke 439,711 TJ; kruške 220,197 TJ; breskve 402,336 TJ: dunja 11,127 TJ; kajsija 26,964 TJ; višnja 182,451 TJ i vinove loze 3109,9 TJ, što ukupno iznosi 8196,072 TJ. Analizom, može se uočiti da je energetski

potencijal ostataka rezidbe u vinogradima u odnosu na potencijal ostataka u zasadima i iznosi približno 80%. Zbir potencijala ostataka rezidbe šljive i vinove loze iznosi 538,9% od ukupnog energetskog bilansa ostalih najznačajnijih voćnih vrsta.

ZAKLJUČAK

Energetski bilans sadržan u ostacima rezidbe voćaka i vinove loze karakterišu veoma promenljive vrednosti a uslovljene su velikim brojem faktora. Količina bio mase pre svega zavisi od broj stabala, odnosno broj čokota, koji se poslednjih godina u Srbiji znatno menjao. Presudan uticaj na količinu orezane biomase ima vrsta voćaka odnosno vinove loze kao i sortna karakteristika.

Činjenica je da poslednjih godina u Srbiji došlo do određenog smanjenja broja stabala određenih voćnih vrsta (kruške, dunje i šljive) i čokota vinove loze. Pored toga u Srbiji, ukupni energetski potencijal ovog oblika biomase je respektabilan.

Obzirom da se prikazani rezultati odnose samo na tz. rodna odnosno odrasla stabla, tom bilansu svakako trba dodati i energetsku vrednost koju poseduju ostaci zelene rezidbe i ostaci stabala i čokota pre stizanja na rod koja nisu obuhvaćena ovim istraživanjima. Primena ovog oblika biomase u energetske svrhe smanjila bi potrošnju deficitarnih i uvoznih tečnih i gasoviti goriva i time ostvarivao značajan ekonomski efekat najpre kod manjih potrošača, locirani tamo gde je razvijena voćarska i vinogradarska proizvodnja. Značajna je činjenica da primena ove vrste goriva bi doprinela i smanjenju ekološkog zagađenja životne sredine.

LITERATURA

[1] Babić, M., Babić, Ljiljana, Martinov, M. 1994. Stanje i mogućnosti korišćenja biomase kao goriva u poljoprivredi. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 4, 171-178.

[2] Di Blasi,C., Tanzi, V., Lanzetta, M. 2002. A study on the production of agricultural residues in Italy. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 12, No. 5, 321-331.

[3] Đaić, N. 2002. Novi i obnovljivi izvori - šansa za održivi razvoj energetike Jugoslavije. "Alternativni izvori energije i budućnost njihove primene u zemlji", naučni skupovi, knjiga 58. Odeljenje prirodnih nauka, knjiga *7*. Podgorica, 15-20.

[4] Grubor, B., Repić, B. 1998. Mogućnost korišćenja mlevene biomase kao goriva u postojećim agregatima toplog vazduha na tečno gorivo. *PTEP - Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, Vol. 2, br. 3, 112-114.

[5] Ilić, M., Gruber, B., Tešić, M. 2004. The state of biomass energy in Serbia. *Thermal Science*, 8/2, 5-20.

[6] Ilić, M. 2003. *Uvod o tehnologijama konverzije biomase, "Energetski potencijal i karakteristike ostataka biomase i tehnologije za njenu pripremu i energetsko iskorišćenje u Srbiji"*. Studija urađena u okviru projekta ev. broj NP EE611-113A finansiranog od strane Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije, Beograd, 109-112.

[7] Mardikis, M., Nikolaou, A., Djouras, N., Panoutsou, C. 2004. Agricultural Biomass in Greece: Current and Future Trends. *Biomass and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies*. OECD Publication Service, Paris, 363-376.

[8] Martinov, M., Tešić, M., Brkić, M. 2006. Ostaci biljne proizvodnje kao izvor energije - Case study opština Bečej, Pik "Bečej". *Savremena poljoprivredna tehnika*, Vol. 32, No. 1-2, 10-17.

[9] Oka, S., Jovanović, Lj. 1997. *Biomasa - obnovljivi izvori energije.* Monografija. Biblioteka naučnoistraživačkih dostignuća, Jugoslovensko društvo termičara, Beograd.

[10] Radojević, R., Živković, M., Urošević, M., Vulić, T., Radivojević, D. 2005. Biljni ostaci voćnjaka kao biomasa i obnovljivi izvori energije. *PTEP - Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, Vol. 9, br. 3-4, 85-87.

[11] Rakin, P. 2002. Obnovljivi izvori energije na početku trećeg milenijuma, *"Alternativni izvori energije i budućnost njihove primene u zemlji", naučni skupovi, knjiga 58, odeljenje prirodnih nauka, knjiga 7*, Podgorica, str. 107-112.

[12] Statistički godišnjak Srbije (2012), *Republički zavod za statistiku Srbije,* Beograd (2012).

[13] Tešić, M., Igić, S., Adamović, D. 2006. Proizvodnja energije - novi zadatak i izvor prihoda za poljoprivredu. *Savremena poljoprivredna tehnika*, Vol. 32, No. 1-2, 1-9.

[14] Todorović, Marija, Kosi, F. 1998. Obnovljivi izvori energije i sirovina - tehnologije korišćenja biomase za energiju i industriju. *"Informacione tehnologije i razvoj poljoprivredne tehnike"* – zbornik radova DPT 1998, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 29-36.

[15] Živković, M., Radojević, R., Radivojević, D., Dražić, Dragana 2008. Postupci pripreme ostataka rezidbe iz višegodišnjih zasada. *Poljoprivredna tehnika*, broj 4, Beograd, str. 1-8.

ENERGY POTENTIAL OF PRODUCTS OF FRUIT AND GRAPE PLANTATIONS PRUNING IN SERBIA

Milovan Živković[1], Mirko Urošević[1], Miloš Pajić[1], Ranko Koprivica[2]

[1]University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun, Republic of Serbia
[2]University of Kragujevac, Faculty of Agriculture in Čacak, Republic of Serbia

Abstract: Modern technologies of the fruit and wine production include implementation of the intensive plantation pruning where the accumulated considerable amounts of plant biomass residue have significant environmental and energy value. Thermal energy and the use of pruning residues as biomass are important from the point of view of environmental protection and the closed-cycle of CO_2 emission and consumption. Remains of the pruning in the orchards represent a problem during the implementation of agricultural practices, so necessity for their disposal from these surfaces exists. Fossil fuel limited reserves and the environmental pollution impose the necessity of finding alternative and renewable energy resources with the environmental pollution reduction.

Very important problem is to correctly define the optimal technical solutions and technologies for utilization of machine pruning of fruit trees and vines, which will increase the energy efficiency of the production. Outdated technologies, extensive production and inefficient consumption of energy in our country environment, haven't

been helping in the suitable application of the collecting, preparing and using of the remains of the pruning.

The prerequisite for the study of the economic and technical feasibility for the using of pruning residues (biomaterials) are the information about the quantity, the energy potential, the workmanship, the transportability, the price, the storage convenience, the preservation and the combustion. The essential starting point for this research is the annually definition of the energy potential of the pruning residues.

Key words: *pruning residues, energy, biomass, orchard, vineyard*

Datum prijema rukopisa: 14.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 19.12.2012.
Datum prihvatanja rada: 24.12.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 4, decembar 2012.
Strane: 79 - 88

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 63:004 (497.11)

Originalni naučni rad
Original scientific paper

ANALIZA EKONOMSKIH POKAZATELJA U PRIMENI GPS TEHNOLOGIJE U POLJOPRIVREDNOM KOMBINATU BEOGRAD

Dragan Marković, Dragan Krstić, Vojislav Simonović, Ivana Marković*

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

Sažetak: U ovom radu ispitan je stepen ušteda pri primeni najsavremenijih tehničkih sistema za satelitsko navođenje i automatsko upravljanje pri obavljanju poljoprivrednih operacija tokom cele sezone. Uzorno imanje bila je Poljoprivredna korporacija Beograd koja se prostire na oko 21.000 hektara obradive površine. Analiziran je uticaj oblika parcele i pravca kretanja agregata traktor-priključna mašina pri kalkulisanju ušteda usled smanjenja preklopa susednih prohoda. Izvršena je analiza ušteda po kulturama (kukuruz, pšenica, soja, šećerna repa i detelina) i po operacijama za svaku kulturu pojedinačno, prema tehnologiji proizvodnje primenjenoj na uzornom imanju. Detaljno su prikazani podaci samo za kukuruz. Poređenjem ostvarenih stepena uštede zaključeno je pri kojim operacijama je primena navođenja ekonomski najopravdanija i koliki nivo opremljenosti uređajima za navođenje i upravljanje je potreban. Posebno je analizirana funkcionalna zavisnost ekonomskih ušteda u gorivu i inputima za operacije distribucije mineralnog hraniva i hemijske zaštite biljaka. Tabelarno je data procena stepena svih očekivanih ušteda za operacije koje se odnose na pet analiziranih kultura.

Ključne reči*: kukuruz, precizna poljoprivreda, satelitsko navođenje, uklapanje prohoda, gorivo, inputi, uštede.*

UVOD

Brzi napredak u elektronici, računarstvu i računarskim tehnologijama inspirisao je ponovni interes u razvoju sistema vođenja vozila. Sadašnji predlozi uglavnom su bazirani na mašinskom vidu i satelitskom pozicioniranju [5].

* Kontakt autor. E-mail: dmarkovic@mas.bg.ac.rs

Rezultati istraživanja su deo projekta Ministarstva za nauku i obrazovanje, program Tehnološki razvoj, pod nazivom „Istraživanje i razvoj opreme i sistema za industrijsku proizvodnju, skladištenje i preradu povrća i voća“, broj TR 35043.

Najdirektnija posledica opremanja traktora i drugih mašina opremom za satelitsko pozicioniranje i automatsko upravljanje je preciznije uklapanje prohoda. Ovo podrazumeva preciznije vođenje mašina po pravcu i smanjenje preklopa (sledstveno i smanjenje broja prohoda po parceli) tokom obavljanja određene operacije [11].

Iz preciznijeg vođenja mašina po pravcu proističu sledeće direktne prednosti i uštede: smanjenje gubitaka i oštećenja biljne mase i kvalitetnija struktura. Iz smanjenja broja prohoda po parceli proističu sledeće direktne prednosti i uštede: smanjenje poljoprivrednih inputa, smanjenje potrošnje goriva, poboljšanje ekoloških uslova, poboljšanje ergonomskih uslova, povećanje produktivnosti rada [7]. Stepen navedenih direktnih prednosti i ušteda pri određenoj poljoprivrednoj operaciji zavisi od samih zahteva operacije.

Samo korišćenje satelitske navigacije donosi i dve indirektne prednosti i uštede koje se odnose na sve poljoprivredne operacije. Prva indirektna prednost je mogućnost rada noću što je naročito bitno pri ograničenim vremenskim rokovima za obavljanje određenih poljoprivrednih operacija. To ograničenje prevashodno potiče od loših meteoroloških prilika. Preklop pri podrivanju/tanjiranju i manuelnom navođenju danju je 10-20 cm, a noću 40-50cm [1,2]. Pri korišćenju preciznog navođenja uz pomoć satelitskog navođenja preklop može da se svede na 5- 10 cm u svim uslovima [10]. Druga indirektna prednost se odnosi na to što većina sistema za satelitsko navođenje ima integrisane i druge funkcije, koje mogu dobro da posluže za menadžment, knjigovodstvo, razne dokumentacije i planiranje proizvodnje u narednom [6,9]. Uslovi u Srbiji dozvoljavaju preciznost od 2 do 3 cm primenom Agros servisa i kinematske metode pozicioniranja [4,8].

MATERIJAL I METOD RADA

Ušteda (ekonomska dobit), koja se ostvaruje primenom satelitskog pozicioniranja i automatskog upravljanja, nije ista za sve biljne vrste i primenjene agrotehničke mere odnosno proizvodne tehnologije. Pri proračunu potencijalnih ušteda u proizvodnji na imanjima PKB korišćeni su podaci preuzeti iz evidencije za proteklu sezonu odnosno 2010. godinu, a za proračun je odabrano 5 najzastupljenijih biljnih vrsta, i to: merkantilni kukuruz/silažni kukuruz (ukupno 6573 ha), merkantilna pšenica/merkantilni ječam (ukupno 6049 ha), merkantilna soja (ukupno 2384 ha), šećerna repa (ukupno 1247 ha), lucerka (ukupno 2705 ha).

Pored biljne vrste navedena je zasejana površinama prema podacima preuzetim iz *plana setve po kulturama za period 2009/10*, a navedene biljne vrste zauzimaju ukupno 18959 ha odnosno 88% od ukupno zasejanih 21491 ha u redovnoj i drugoj setvi na imanju PKB.

Za proračun ušteda pri primeni tehnike u domenu satelitskog pozicioniranja i automatskih upravljanja traktorima i drugim mašina na imanjima PKB korišćen je tabelarni program GPS AgroKalkulator v.1 koji je razvijen u okviru studije Isplativost primene GPS navođenja i uklapanja prohoda u poljoprivredi Vojvodine, a raspoloživ u Pokrajinskom sekretarijatu za poljoprivredu, vodoprivredu i šumarstvo.

U pojedinim poljoprivrednim operacijama (poput DMH i zaštite biljaka) koristi se više sredstava tj. inputa ($i_1, i_2,...i_n$) istovremeno, čija je količina po hektaru $k_1, k_{2,...}k_n$, a nabavna cena po jedinici $c_1, c_{2,...}c_n$. U proračun je potrebno ubaciti ukupnu količinu po hektaru (ukoliko je potrebno podeljenu s brojem zahvata) sa prosečnom cenom srazmernom količinama odgovarajućih inputa. Ovom prilikom korišćena je sledeća relacija za izračunavanje srednje cene smeše:

$$c_s = \frac{k_1 \cdot c_1 + k_2 \cdot c_2 + \ldots + k_n \cdot c_n}{\sum_{j=1}^{n} k_j} \quad (1)$$

Širine zahvata priključnih mašina korišćene u proračunu odgovaraju realnim širinama zahvata mašina koje se inače koriste na imanjima PKB. Koeficijent iskorišćenja mašina je velik, 85%, jer se smatra da se u transportu i na uvratinama ne troši više od 15% vremena. Cena goriva za traktore je 1 €·l^{-1}, a cena goriva za poljoprivredne avione 1,6 €·l^{-1}. U Tabeli 1 prikazani su radni zahvati korišćnih priključnih mašina na imanjima PKB, preklopi sa i bez navođenja, kao i radne brzine sa i bez navođenja.

Tabela 1. Karakteristike korišćenih mašina

Table 1. Properties some of used machines

Mašina *Machine*	Radni zahvat mašine [m] *Working Width [m]*	Preklop [m] *Overlap [m]*		Brzina [km·h^{-1}] *Speed [km·h^{-1}]*	
		Bez navigacije *Without guidance*	GPS navigacija *GPS guidance*	Bez navigacije *Without guidance*	GPS navigacija *GPS guidance*
Podrivač *Sub soiler*	6	0,5	0,30	7	7,5
Tanjirača *Disc harrow*	6	0,5	0,30	9	9,5
Drljača *Harrowing*	6	0,5	0,30	10	10,5
Setvospremač *Seedbad cultivator*	6	0,5	0,30	10	10,5
Valjci Cambridge *Rollers Cambridge*	6	0,5	0,30	8	8,5
Sejalica *Seeding machine*	6	0,2	0,02	8	8,5
Prskalica *Sprayer*	18	1,5	0,50	9	9,5
Rasipač *Fertilizer spreader*	24	2,0	0,50	10	10,5
Avion *Agriculture plane*	30	4,0	2,00	150	155
Kombajn *Combine harvester*	9	0,9	0,50	6	6,5

Svaka od navedenih poljoprivrednih operacija u Tabeli 2, iziskuje različitu preciznost u vođenju mašina ili pri uklapanju prohoda, pa otuda je potrebno koristiti različite korekcione signale kako je to prikazano u Tabeli 2. Podrazumeva se da je sa aspekta kvaliteta i efikasnosti obavljanja operacija uvek pogodniji precizniji signal, ali s aspekta ekonomske isplativosti, to nije uvek neophodno, a naročito ako je upravljanje manuelno, a ne automatsko.

Tabela 2. Preporuke za vrstu korekcionog signala po poljoprivrednim operacijama
Table 2. Recommendations for the type of correction signal on agricultural operations

	EGNOS	OmniStar StarFire	RTK
Oranje *Plowing*			
Razrivanje *Scarifying*	●	●	●
Tanjiranje *Disc harrowing*	●	●	●
Drljanje *Harrowing*	●	●	●
Valjanje *Rolling*	●	●	●
Branjanje *Daming*	●	●	●
Predsetvena priprema *Preseeding preparation*	●	●	●
DMH rasturačem *Spread by tractor*	●	●	●
DMH avionom *Spread by plane*	●	●	●
Setva uskoredna *Seeding at narrow-row spacing*		●	●
Setva širokoredna *Seeding at wide-row spacing*			●
Prihranjivanje uskoredno *Narrow-row spacing fertilization*	●	●	●
Prihranjivanje širokoredno *Wide-row spacing fertilization*			●
Zaštita prskalicom uskoredna *Plant protection by sprayer, narrow-row spacing*	●	●	●
Zaštita prskalicom širokoredna *Plant protection by sprayer, wide-row spacing*			●
Zaštita avionom *Plant protection by plane*	●	●	●
Međuredna kultivacija *Interrow cultivation*			●
Žetva strnih žita *Small grains harvest*		●	●
Berba kukuruza, žetva suncokreta *Maize harvest, sinflower harwest*			
Košenje kukuruza za silažu *Cutting corn for silage*			
Vađenje šećerne repe *Sugar beet harvest*			●
Košenje *Mowing*		●	●
Grabuljanje, prevrtanje *Raking, rolling*			
Presovanje, baliranje *Pressing, baling*			

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Uticaj oblika parcele. Najpre je ispitano kako ušteda zavisi od oblika parcele. Svaka parcela se aproksimira pravougaonom parcelom jednake površine i najsličnijeg oblika. Potrebno je ispitati kako oblik parcela istih površina manifestovan kroz dužinu i širinu parcele utiče na stepen ušteda, kao i pravac kretanja traktora tokom operacije. Oblik parcele manifestuje se koeficijentom r koji se predstavlja kao količnik dužine *a* i širine *b* parcele: $r = a / b$. Ako je širina zahvata priključne mašine *d*, onda je broj prohoda po dužini parcele $n_a = b / d$, a broj prohoda po širini parcele $n_b = a / d$. Ako se sa *p* označi smanjenje preklopa tokom operacije pri kojoj se koristi satelitsko navođenje, onda je ukupna površina koja nije tretirana dva puta pri susednim prohodima: $P_a = bpa / d$ odnosno $P_b = apb / d$. Iz ovog proizilazi da je ušteda usled smanjenja dvostrukog tretiranja delova parcele nezavisna od pravca kretanja agregata traktor-priključna mašina, te da traktor treba voditi dužim pravcem, jer se smanjuje broj uvratina na kojima se manevriše agregatom.

Nastanak oplazina, usled manje tačnosti navođenja, takođe ima efekta na ekonomske pokazatelje traktorskih sistema za obradu zemljišta jer se na tim mestima zemljište uopšte ne obradi u toku prohoda ili se sledeće operacije rade na neobrađenom delu zemljišta, a to onda prouzrokuje, na primer manji prinos. Pošto se površina oplazina teško meri, uvek se pretpostavlja da se primenjuje preklop, koji sa sigurnošću eliminiše nastanak oplazina [13].

Analiza ušteda za kukuruz. Proračun potencijalnih ušteda u proizvodnji merkantilnog i silažnog kukuruza uz primenu sateliskog pozicioniranja i automatskog upravljanja na traktorima i drugim mašinama izveden je prema podacima istorije polja imanja na poljoprivrednom gazdinstvu Lepušnica – Glogonjski rit površine 90 hektara.

Kukuruz na navedenom polju korišćen je za silažu, premda bi proračun bio identičan i pri nameni kukuruza za berbu u klipu ili vršidbu.

Ušteda u proizvodnji kukuruza uz primenu satelitskog pozicioniranja postizala bi se pre svega pri sledećim operacijama:

1. Tanjiranje, najznačajniji efekat je u smanjenju preklopa, a sledstveno i količini potrošenog goriva. Procenjena ušteda na ovoj parceli je 96,43 evra ili 1,07 evra po hektaru za ovu operaciju.
2. Distribucija mineralnog hraniva avionom, najznačajniji efekat je u smanjenju preklopa, a sledstveno i u količini rasutog mineralnog hraniva i količini potrošenog goriva [12]. Procenjena ušteda na ovoj parceli je 534,20 evra ili 5,93 evra po hektaru za ovu operaciju.
3. Distribucija mineralnog hraniva rasturačem, najznačajniji efekat je u smanjenju preklopa, a sledstveno i u količini rasutog mineralnog hraniva i količini potrošenog goriva. Dodatna prednost može biti mogućnost lokacijski specifične distribucije. Procenjena ušteda na ovoj parceli je 427,83 evra ili 4,75 evra po hektaru za ovu operaciju.
4. Setvospremiranje, najznačajniji efekat je u smanjenju preklopa, a sledstveno i količini potrošenog goriva. Procenjena ušteda na ovoj parceli je 86,33 evra ili 0,96 evro po hektaru za ovu operaciju.

Upravo su ove operacije uzete u obzir pri proračunu uštede. Preciznost signala za pozicioniranje nije neophodno da bude najveće tačnosti, a upravljanje može biti i manuelno.

Sledeće operacije zahtevaju najprecizniji signal i obavezno automatsko upravljanje traktorom da bi se ostvario željeni efekat, pre svega u održavanju preciznog pravca:

1. Setva, najznačajniji efekat je u održavanju pravca, te ekvidistantnosti i paralelnosti redova, što omogućava pravilnu strukturu biljaka na parceli i kasnije vođenje traktora u narodnim operacijama po setvenim tragovima,
2. Zaštita prskalicom, uz vođenje traktora po setvenim tragovima omogućava komforniji rad rukovaocu, uz eventualnu implementaciju lokacijski specifične zaštite omogućava uštedu i ekološku zaštitu,
3. Međuredno kultiviranje, uz vođenje traktora po setvenim tragovima sprečava oštećenje biljaka radnim organima kultivatora sprečavajući oštećenje i gubitke biljaka.

Pri sledećim operacijama u proizvodnji kukuruza primena satelitskog pozicioniranja nema značajniji uticaj:

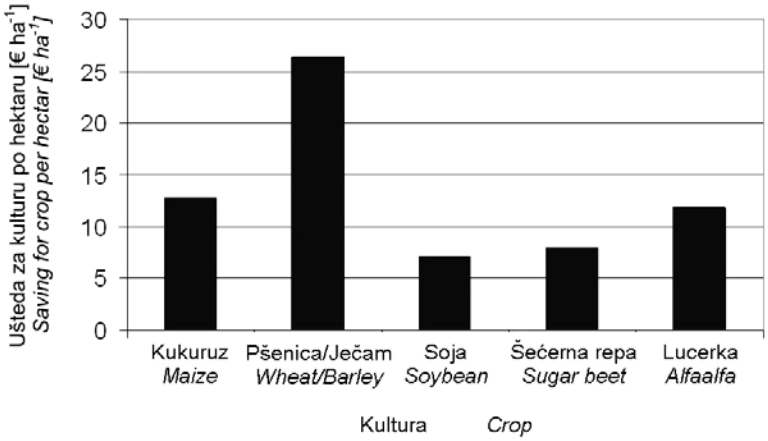
1. Oranje,
2. Silaža/berba.

Ukupna potencijalna ušteda na ovoj parceli je 1.144,79 evra ili 12,72 evra po hektaru.

Uporedna analiza rezultata i isplativosti. Realne uštede za pet najzastupljenijih kultura na imanjima PKB neznatno variraju oko proračunate, i to kao posledica različitog oblika parcela, ali je uočljiva tendencija porasta uštede pri porastu širine parcele u odnosu na površinu. Poznajući strukturu setve i proračunate uštede po hektaru (Grafik 1) moguće je izračunati uštedu po kulturama i ukupnu uštedu za pet navedenih kultura (Tabela 3).

Kao konačan rezultat analize potencijalnih ušteda pri korišćenju satelitskog pozicioniranja na imanjima PKB, i pri automatskom upravljanju traktorima i drugim mašinama, dobija se suma od 301.980 evra po sezoni. Prosečna ušteda po hektaru pri strukturi setve u sezoni 2009/10. bila je 15,92 €·ha^{-1}. Ovo je direktna ušteda u inputima i gorivu. Svakako treba imati u vidu i povećanje produktivnosti, mogućnost ušteda zbog mogućeg noćnog rada korišćenjem sateliskog pozicioniranja, mogućnost ostvarivanja koncepta precizne poljoprivredne proizvodnje kroz menadžment, knjigovodstvo, razne dokumentacije i planiranje proizvodnje u narednom periodu, poboljšanje uslova rada za rukovaoce mašinama, i najzad, mogućnost doprinosa ekološkoj zaštiti u okviru gradskog „zelenog prstena“ [3].

Troškovi uređaja su fiksnog karaktera. Bez obzira na eksploatacione pokazatelje kupljenog uređaja, troškovi uređaja na godišnjem nivou ostaju isti. S druge strane, troškovi uređaja, izraženi po jedinici površine, opadaju s povećanjem površine na kojoj se primenjuju.



Grafik 1. Dijagram sa uporednim prikazom potencijalnih ušteda po hektaru za pet ispitivanih biljnih vrsta

Chart 1. Diagram showing the comparative potential savings per hectare for five tested plants

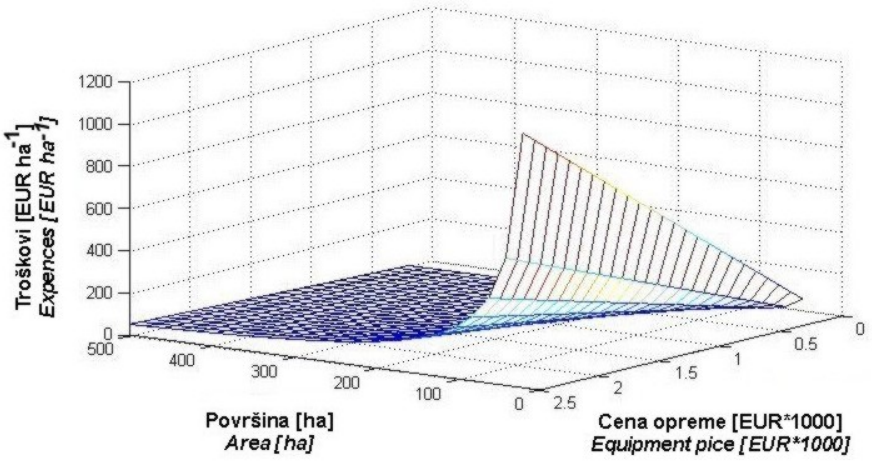
Tabela 3. Prikaz ušteda po hektaru, ukupnih ušteda po kulturama i ukupne uštede za sve kulture u sezoni 2009/10

Table 3. Display savings per hectare, the total savings by the cultures and total savings for all crops in the 2009/10 season

Kultura *Crop*	Površina pod kulturom [ha] *Area under crop [ha]*	Ušteda za kulturu po hektaru [€·ha^{-1}] *Saving for crop per hectar [€·ha^{-1}]*	Ukupna ušteda za kulturu [€] *Total savings per crop [€]*
Kukuruz *Corn*	6573	12,72	82.097
Pšenica/Ječam *Wheat/Barley*	6049	26,37	159.512
Soja *Soy*	2384	7,13	16.450
Šećerna repa *Sugar beet*	1247	7,93	9.639
Lucerka *Alfalfa*	2705	11,82	31.973
Ukupna ušteda za sve kulture *Total saving for all crops*			301.980

Na Grafiku 2 prikazano je formiranje troškova po jedinici površine (1 ha), u zavisnosti od veličine površine na kojoj se navigacioni uređaji primenjuju. Uređaj za navigaciju ili kompletan sistem koji se koristi za navigaciju i upravljanje traktorom je isplativ pri primeni za površinu na kojoj su troškovi manji od projektovane potencijalne uštede. Rastom površine, koja se obrađuje primenom satelitskog navođenja opadaju

jedinični troškovi uređaja. Pri tome treba imati u vidu i to koliko hektara jedan traktor, u toku godine, može da obradi. Za različite operacije koriste različiti traktori. Montažno demontažni uređaji mogu da se premeštaju s jednog traktora na drugi, ali ukoliko se neke operacije odvijaju istovremeno, potrebna je nabavka dva ili više uređaja, što utiče na ekonomske pokazatelje.



Grafik 2. Troškovi uređaja izraženi po jedinici površine u zavisnosti od veličine površine na kojoj se primenjuje sistem za navođenje

Chart 2. Costs expressed per unit area depending on the size of the surface on which system is used to specify

ZAKLJUČAK

Savremena poljoprivreda u razvijenim zemljama suočena je sa zahtevima da se ostvari što viši kvalitet, da se proizvodi po što nižim cenama i da bude što manje uticaja na životnu sredinu. Primena satelitskog navođenja poljoprivrednih mašina omogućava ispunjavanje svih navedenih zahteva.

Analizom mogućih ušteda zaključeno je da za proizvodne tehnologije koje se koriste u PKB veću uštedu je moguće ostvariti za uskoredne kulture u odnosu na širokoredne, a analiza je dala odgovor i na pitanje pri kojim operacijama je korišćenje satelitskog pozicioniranja i automatskog upravljanja svrsishodno i ekonomski opravdano. Najveća ušteda se ostvaruje pri proizvodnji kultura koja zauzimaju najveću površinu u PKB (strnine i kukuruz), i pri proizvodnim tehnologijama koje zahtevaju veći broj operacija. Najznačajnije uštede se ostvaruju pri DMH i zaštiti biljaka i iznose oko 1-6 €/ha u zavisnosti od norme, od vrste đubriva odnosno sredstva za zaštitu i primene rasturača/prskalice ili aviona, dok su uštede pri operacijama obrade tla prosečno oko 1 €/ha, a za setvu oko 4 €/ha. Opseg uštede zavisi od primenjene tehnologije proizvodnje odnosno broja operacija i zahteva operacija. Povećanjem širine zahvata mašina povećava se nepreciznost i preklop, te je primena satelitskog navođenja ekonomski isplativija u tim slučajevima.

LITERATURA

[1] Amiama, C. 2007. Design and field test of an automatic data acquisition system in a self-propelled forage harvester. *Electron. Agric*. 61, p.p. 192-200.

[2] Auernhammer, H. 2001. Precision farming - the environmental challenge. *Comput. Electron. Agric.* 30, p.p. 31-43.

[3] Božić, M., Topisirović, G., Kalanović-Bulatović, B. 2010. Primena GIS tehnologije u poboljšanju ratarske proizvodnje na teritoriji grada Beograda. *Poljoprivredna tehnika*, 35(2), p.p. 79-88.

[4] Gavrić, M., Martinov, M. 2006. Postupci i tačnost primene GPS u poljoprivredi. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 32(1-2), p.p. 96-102.

[5] Karadžić, B., Malinović, N., Meši, M., Mehandžić, R., Turan, J., Anđelković, S. 2007. Automatsko vođenje mašina pri međurednoj obradi ratarskih kultura. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 33(3-4), p.p. 187-195.

[6] Luck, J., Pitla, S., Shearer, S., Mueller, T., Dillon, C., Fulton, J., Higgins, S. 2010. Potential for pesticide and nutrient saving via map-based automatic boom section control of spray nozzles. *Comput. Electron. Agric*. 70, p.p. 19-26.

[7] Mago, L. 2009. Smanjenje troškova mehanizacije sa primenom GPS u ratarskim proizvodnjama. *Poljoprivredna tehnika*, 34 (2), p.p. 91-95.

[8] Marković, D., Simonović, V. 2008. Automatizacija žitnih kombajna – stanje i perspektive. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 34 (3-4), 245-251.

[9] Petrovački, D., Konjović, Z. 2007. GPS bazirana infrastruktura za upravljanje prostornim resursima u Srbiji - I deo. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 33(1-2): p.p. 68-75.

[10] Renschler, C.S., Flanagan, D.C., Engel, B.A., Kramer, L.A., Sudduth, K.A. 2002. Site-specific decision-making absed on RTK GPS survey and six alternative elevation data sources: watershed topography and delineation. *Trans. ASAE* 45 (6), p.p. 1883-1895.

[11] Schneider, M., Wagner, P. 2007. Preduslovi za usvajanje savremenih poljoprivrednih tehnologija – primer precizna poljoprivreda. *Poljoprivredna tehnika*, 32(2), p.p. 9-14

[12] Turan, J., Findura, P. 2009. Uklapanje prohoda pri raspodeli mineralnog đubriva. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 35 (1-2), p.p. 9-15.

[13] Zhang, N., Wang, M., Wang, N. 2002. Precision agriculture – worldwide overview. *Comput. Electron. Agric.* 36: 113-13.

ANALYSIS OF ECONOMIC INDICATORS FOR GPS TECHNOLOGIES APPLICATION IN AGRICULTURAL CORPORATION BELGRADE (PKB)

Dragan Marković, Dragan Krstić, Vojislav Simonović, Ivana Marković

University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Republic of Serbia

Abstract: This paper examined the level of savings in the application of modern technical systems for satellite guidance and control over performing agricultural

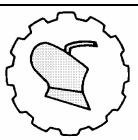
operations throughout the season. The exemplary property was Agricultural Corporation Belgrade (PKB), which covers about 21.000 hectares of arable land. The effects of plot shape and direction of movement of tractor-attachment units in calculating the savings from reduced overlapping of adjacent passes were studied. The analysis was carried out of savings per crop (maize, wheat, soybean, sugar beet and alfalfa) and the operations for each crop separately, based on the manufacturing technology applied to an exemplary property. Detailed data are shown only for maize. Comparing the achieved level of savings, the application of guidance for the type of the most economically viable operations was found as well as the needed equipment level of guidance devices and management. In particular, the analysis involved the functional dependence of the economic savings in fuel and inputs for the operations such as mineral fertilizers distribution and chemical plant protection. Tabulated are the data estimates for the degree of anticipated savings for operations related to the five analyzed crops.

Key words**:** maize**,** precision farming, satellite navigation, pass fitting, fuel, inputs, savings.

Datum prijema rukopisa: 02.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama:
Datum prihvatanja rada: 12.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVI
Broj 4, decembar 2012.
Strane: 89 - 94

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku



UDK: 631.372:629.366.064.3.018.7

Originalni naučni rad
Original scientific paper

OPTIMIZACIJA HIDRAULIČNOG PODIZAČA TRAKTORA IMR- a

Branka Grozdanić[*], Đjuro Borak, Velimir Petrović, Zlata Bracanović

[1] *IMR - Institut, Beograd, Republika Srbija*

Sažetak: Zadatak podizno - hidrauličnog sistema na poljoprivrednom traktoru je da reguliše pravilan rad ovog sistema u sprezi sa određenim oruđima posebno plugom, odnosno, treba da minimalno reguliše rad pluga po: „položaju“, po „sili“ i „mešovito“ (po zadatoj „sili“ i zadatom „položaju“ istovremeno). S obzirom da poljoprivredni traktor radi u uslovima koji, neki put, mogu biti i nepredvidivi, vrlo je bitno analizirati rad novog ili poboljšanog hidrauličnog sistema u realnim uslovima korišćenja. IMR je na nekim svojim traktorima rekonstruisao hidraulični podizač ugradnjom savremenog upravljačkog ventila nakon čega je usledilo odgovarajuće funkcionalno ispitivanje. Rad predstavlja analizu odziva rekonstruisanog podizno hidrauličnog sistema traktora u realnim uslovima rada.

Ključne reči*: traktor, hidraulični podizač, upravljački ventil*

UVOD

Visoki stepen tehnološkog razvoja poljoprivrednih traktora doneo je znatno poboljšane uslove, koji se odnose na povećanje stepena iskorišćenja traktora, ekonomičnosti, kao i poboljšanja pogodnosti održavanja traktora i njegovih sistema [1]. Hidraulično podizni sistem na poljoprivrednom traktoru, omogućava upotrebu velikog broja priključnih mašina što realno daje veću produktivnost rada [4]. Da bi se u potpunosti sagledale tehničke karakteristike hidrauličnog podizača potrebno je što efikasnije analizirati njegovu funkciju i stepen iskorišćenja. Visok stepen iskorišćenja u ovom slučaju, postiže se blagovremenim otklanjanjem uočenih nedostataka na posmatranom hidrauliku, zatim pravilnim održavanjem ovog sklopa traktora, kao i

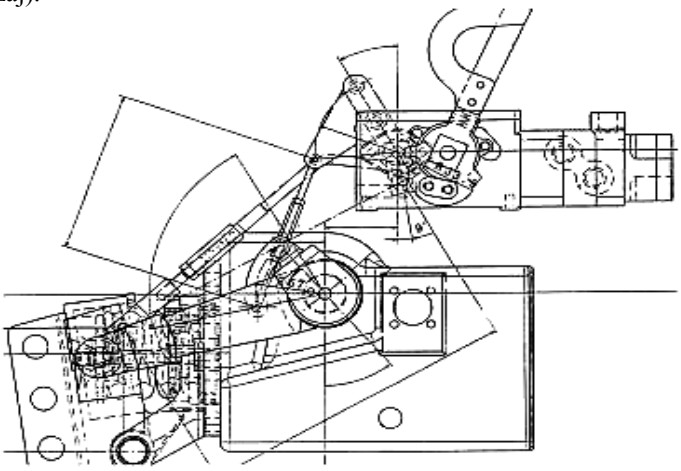
[*] Kontakt autor. E-mail: imr- institut@Eunet.rs

"Istraživanje i priprema naprednih tehnologija i sistema za poboljšanje ekološko energetskih i bezbedonosnih karakteristika domaćih poljoprivrednih traktora radi povećanja konkuretnosti u EU i drugum zahtevima tržišta" . Broj projekta TR 35039.

pravilnim korišćenjem uputstva za rad istog. Nakon sprovedene sveobuhvatne analize predhodnog hidrauličnog podizača predložen je i ugrađen inovirani hidraulični podizač nakon čega je sprovedeno ispitivanje odnosnog, rekonstruisanog, hidrauličnog podizača koji je ugrađen na nekim traktorima IMR-a [5]. Ispitivanje je obavljeno u autentičnim eksploatacionim uslovima sa ciljem da se dobiju relevantni rezultati za ocenu funkcionalnosti novog-rekonstruisanog sklopa hidrauličnog podizača.

MATERIJAL I METODE RADA

Poznato je da hidraulični uređaj, omogućuje održavanje otpora oruđa, a time i vučne sile traktora na određenoj veličini - kontrola vuče, kao i održavanje položaja na dubini potrebnoj za rad - kontrola položaja [2]. Hidraulični sklop sa novim upravljačkim ventilom ispitivan je sa stanovišta održavanja položaja na dubini potrebnoj za rad. Predmetni hidraulik ugrađen je na IMR-ov traktor R75-12BS, a samo ispitivanje izvršeno je u operaciji osnovne obrade zemljišta – oranjem, u njivi (ogledna njiva) sa karakterističnom konfiguracijom (sa izraženim mikro i makro podužnim i poprečnim reljefom) na kojoj je bila zasejana pšenica i koja je ukorovljena. Za ovo ispitivanje korišćen je plug za oranje, tipa IMT – 756 VK. Pri ispitivanju praćeno je, odnosno mereno je ponašanje oruđa na karakterističnim mestima, na kojima je merena promena zadate dubine brazde i njeno održavanje. Pre početka ispitivanja, obavljeno je podešavanje poluga položaja i vuče u skladu sa zahtevima novog upravljačkog ventila. Samo podešavanje pluga vršeno je na njivi, pre početka oranja. Pripremljena je adekvatna merna oprema, a samo merenje izvršeno je dubinometrom i to na svakih 3 do 4 m. Merna mesta su određivana na osnovu karakteristične dubine brazde. Na slici 1. dat je šematski prikaz podešavanja poluga za funkciju „položaja" i „sile", a na Slici 2. prikazano je podešavanje pluga na traktoru. Ispitivanje rada hidraulika izvršeno je samo u prva dva položaja na uređaju za regulaciju hidrauličnog položaja po sili (najviši i srednji položaj).



Slika. 1 Šematski prikaz podešavanja poluga položaja i vuče

Figure 1. Schematic view of the position adjustment lever and pulling

Slika. 2 Podešavanje pluga na traktoru

Figure 2. Adjusting of tractor's plow

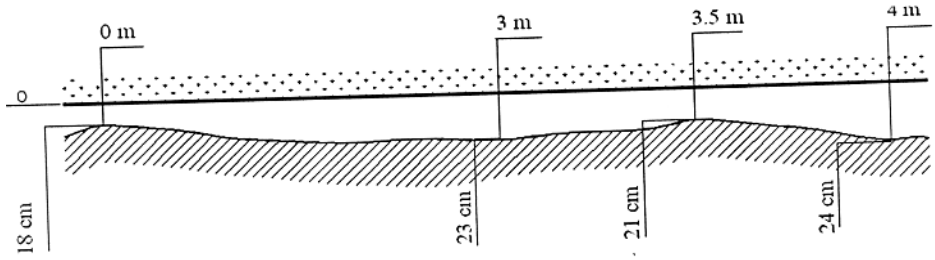
REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja hidrauličnog podizača sa novim upravljačkim ventilom pokazali su da novi sklop hidrauličnog podizača daje adekvatnu funkciju. Tačnije, rezultati ispitivanja hidrauličnog podizača u eksploataciji pokazali su, da kada je položaj hidraulika, na uređaju za regulaciju hidrauličnog podizača po „sili" u gornjem položaju (hidraulični podizač po „sili" je prebačen na slučaj „najosetljivije" oranje), tada je dubina brazde u intervalu od 21-24 cm. Pri ovim uslovima, „isplivavanje" pluga zabeleženo je samo na jednom mestu (u dužini staze od 100m) i to kada se traktor našao na ekstremnoj nizbrdici, a ponovno vraćanje pluga u prvobitno zadati položaj je brzo obavljeno. Dubina brazde, za položaj hidraulika na uređaju za regulaciju hidrauličnog podizača po „sili", u tački srednjeg položaja, bila je u intervalu od 25-28 cm., a traktor se tada kretao drugim srednjim stepenom prenosa. Na Slici 3. prikazana je dubina brazde pri oranju sa ispitivanim hidraulikom [3].

Slika. 3 Prikaz dubina brazda pri oranju

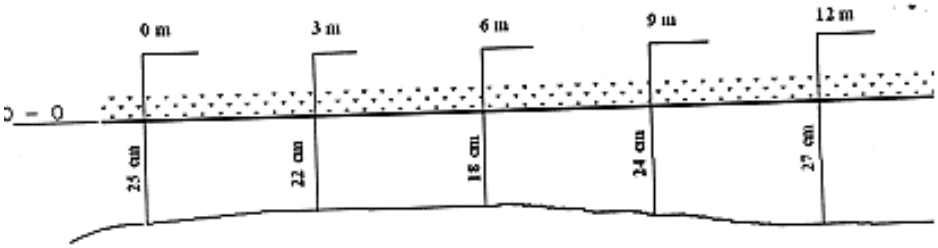
Figure 3. Showing the depth of the furrow plowing

Na Slici 4. dat je grafički prikaz dubine brazde kada je uređaj za regulaciju prebačen na najosetljivije oranje, tačnije kada je uređaj u gornjem položaju, a na slici 5. dat je grafički prikaz dubine brazde kada je položaj uređaja za regulaciju hidrauličnog podizača po „sili" u srednjem položaju.



Slika. 4 Grafički prikaz dubine brazde kada je položaj uređaja za regulaciju u gornjem položaju

Figure 4. Graphical display of depth grooves when the position control devices in the position up



Slika. 5 Grafički prikaz dubine brazde kada je položaj uređaja za regulaciju hidrauličnog podizača po „sili" u srednjem položaju

Figure 5 Graphical display of depth grooves when the control position devices by,, force" is in the middle position

Ovim ispitivanjem konstatovano je da se, podešavanjem koje je zadato uputstvom za novi upravljački ventil, ručica za kontrolu vuče nalazi u takozvanoj „plivajućoj poziciji", što je i bilo potrebno, s obzirom na konfiguraciju terena i kvalitet zemljišta na kome se ispitivao hidraulični podizač. Hidraulični podizač je reagovao po „sili" i „položaju" na određenoj dužini. Takođe, ustanovljeno je da kada se traktor kreće brzinom od v = 6 $km \cdot h^{-1}$, reagovanje hidrauličnog podizača na svakih 1,5-2 m je zadovoljavajuće. Hidraulični podizač je reagovao po „sili" i isplivavao je pri povećanom otporu što se vidi i na Slici 5. Sa ovako ugrađenim upravljačkim ventilom uočava se bolja stabilnost držanja hidrauličnog podizača.

ZAKLJUČAK

Na osnovu obavljenih ispitivanja funkcionalnosti hidrauličnog podizača sa novim upravljačkim ventilom, može se zaključiti:

- Da je rekonstruisani hidraulični podizač koji je ugrađen na traktor R 75-12BS, ispitivan u adekvatnim i karakterističnim uslovima neophodnim za donošenje brze ocene o njegovoj funkcionalnosti.
- Hidraulični podizač sa novim upravljačkim ventilom brže reaguje i po „položaju" i po „sili", u odnosu na predhodno ugrađeni hidraulični podizač.
- Hidraulični podizač zadržava zadati položaj pri oranju deset brazdi na njivi koja je dužine 100 m.
- Brzina reagovanja hidrauličnog podizača u odnosu na „položaj" je 0,5 m, a pri zadatoj„sili" je 1 m.
- Hidraulik je imao adekvatan odziv pri oranju i držao je zadatu konstantnu dubinu oranja što je dovoljno da se donese povoljna ocena o ispitivanom sklopu odnosno, da se donese odluka o opravdanosti ulaganja u rekonstruisan hidraulični podizač.

LITERATURA

[1] Petrović, P., Obradović, D., Dumanović, Z., Micković, G. 2007. Informativni pregled primena mehatroničkih sistema kod savremenih poljoprivrednih traktora. *Poljoprivredna tehnika*, XXXII, Broj 3, str. 1-9.

[2] Živković, D., Veljić, M., Šćepanović, S. 2008. Preventivno održavanje hidraulike traktora. *Tehnička dijagnostika,* Vol 7, br 4, str 27-32**.**

[3] Grozdanić, Branka, Borak, Đ. 2010. Izveštaj Instituta IMR-a. Br 232/10-1.

[4] Stojić, B., Časnji, F., Poznić, A. 2010. Mehatronički sistemi traktora u funkciji savremene poljoprivredne proizvodnje. *Poljoprivredna tehnika*, XXXV, Broj 1, str. 21-29.

[5] Gligorić, R., Radomirović, D. 2000. Uticaj geometrijskih parametara uređaja za priključivanje oruđa na traktor na pokazatelje rada traktorskog agregata. *Traktori i pogonske mašine,* Vol 5, br 3-4, str 62-69**.**

OPTIMIZATION OF HYDRAULIC LIFTING SYSTEM IN IMR TRACTORS

Branka Grozdanić, Đuro Borak, Velimir Petrović, Zlata Bracanović

IMR-Institute d.o.o. Rakovica, Belgrade,
Republic of Serbia

Abstract: Purpose of hydraulics lifting system in tractor is to obtain continuity in control of functioning with certain special tools which implements plow, i.e. should at least regulate the operation of the plow by„ position", by „virtue" and of the „mixed" (at a given „force" and „position" given at the same time). Due to tractor working conditions that sometimes could be unpredictable, it is important to analyze the performance of new or improved hydraulic system in real conditions of use. Industry of Engine Manufacture (IMR) had reconstructed some tractor's hydraulic control valve

lifter installation and sent them to the exploitation trial. This paper presents an analysis of the reconstructed elements in order of tractor service in hydraulic lift due to real service conditions.

Key words: *tractor, hydraulic lifter, valve control*

Datum prijema rukopisa: 16.11.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 21.11.2012.
Datum prihvatanja rada: 21.11.2012.

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
✧
Godina XXXVII
Broj 4, decembar 2012.
Strane: 95 - 108

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku

UDK: 681.518

Originalni naučni rad
Original scientific paper

GIS-BASED ANALYSIS OF THE PRODUCTION OF BIOMASS AND ITS USE FOR COMPOSTING IN THE CZECH REPUBLIC

Jiří Fryč jr.*, Jiří Fryč

Mendel University, Agronomic Faculty, Department of Agricultural, Food and Environmental Engineering, Brno, Czech Republic

Abstract: At present, various information systems including a sub-group of geographical information systems (GIS) are increasingly used in waste management (similarly as in other fields). Data are gradually standardized so that all levels of administration can use the unified data and individual systems are compatible. In this paper, GIS is used to analyze selected types of biomass suitable for composting in the Czech Republic. Based on statistical data from the Czech Statistical Office and data from other information systems, the issue is solved by GIS ArcView 9.1. Outputs are maps of intake areas of composting plants based on conditions pre-defined by user and the analysis of compostable biomass.

Key words*: information system, geographic information system, data, biomass, composting, analysis*

INTRODUCTION

Composting is currently one of the most frequently used processes to make high-quality humus outside the soil environment. It is an aerobic process of decomposition at which the original organic substances in composted raw materials and waste are to be degraded as rapidly and economically as possible and subsequently transformed into stable humus substances. These stable humus substances constitute a basis of soil fertility.

The issue of biologically degradable wastes as materials for composting plants has recently come to the fore of the interest of government authorities, primarily thanks to the Council Directive 1999/31/EC on the landfill of waste, which imposes an obligation

* Corresponding author. E-mail: xfryc1@node.mendelu.cz.

This study was financed by the Internal Grant Agency of the Faculty of Agronomy MENDELU in Brno No. TP 7/2012.

on member countries to reduce the amount of stockpiled biodegradable waste and stipulates percentages by which the amount of disposed biologically degradable waste should be reduced in the given time intervals [1].

Agriculture and forestry are sectors in which the composting processes belong and similarly as other scientific branches, these sectors are currently using various information systems and technologies to assist in the solution of specific problems. This holds true also for the geographical information systems, which constitute one of the sub-groups of information systems [2].

GIS-supported works and projects arising in this area today in the Czech Republic are dealing with problems relating both to larger territorial units (Czech Republic, townships) or focus on a detailed study at the level of smaller regions and micro-regions.

As a concrete example of the first group of works we can mention the "Spatial analysis of climate change impacts on the growth and development of winter wheat" presenting an analysis of the effect of changing climatic conditions on individual characteristics of winter wheat growth in geographical conditions of the Czech Republic [3]. An example of the second group of works can be the "System of basic geobiocoenological data for landscape management" focused on the issue of using modern geoinformation methods in proposing a system of basic geobiocoenological data for landscape management and verification of their creation on selected localities of the Vysočina Region [4].

The work characterized in this paper belongs in the first group of the above-mentioned classification. It deals with the issue of biologically degradable wastes – concretely with the analysis of the potential of some biomass types suitable for composting in the Czech Republic, made by using geoinformation technologies.

This work applies GIS in the field, in which the geoinformation technologies have not been used so far for the purposes of a national-scale project. At the moment, there are only several information systems, which however provide only basic data about the location of the composting plant and its parameters (locality, amount of converted material). The data are not further processed and the systems do not use the data for any kind of analyses and conclusions since the data are not processed by some of geoinformation programmes (that would make it possible to work with the data and create concrete outputs) but only by the form of web applications.

This project eliminates the deficiencies of the hitherto developed web applications showing on concrete examples possibilities for the application of geoinformation systems in the field of biomass conversion in the Czech Republic.

MATERIAL AND METHODS

Generally, any (not only geographical) information system needs data in electronic form, which it can further work with. In this paper, the data is the information about the composting plants (geographical, attributive – concrete selected data like the amount of processed material, the amount of compost produced per year, machinery etc.), data on territorial units (townships, districts) and other [5].

Data gained from multiple sources were processed and used to create concrete outputs. The main source of information on individual composting plants was the company Agrointeg, s.r.o. residing in Brno. Other data were acquired from the database

of the Zemědělská a ekologická regionální agentura, o.s. - ZERA (Agricultural and Ecological Regional Agency) residing in Náměšť nad Oslavou. These data were added information from web applications of the T.G.M. Research Institute of Water Management and some valuable data were supplied directly by operators of some composting plants.

In the following step, the data were processed so that they would be compatible with the used GIS software. This geoinformation system is ArcView GIS 9.1 by the American company ESRI, which makes it possible to create the required outputs from the project.

ARCDATA Praha s.r.o. provided the terrain layout for this work (ArcČR 500, Version 2.0a). The terrain layout comprised a database of files – so-called shape-files, forming in the terrain layout individual layers of objects and raster files (e.g. rasters representing the terrain model, colour relief etc.).

The layers (shape-files) can be as follows:

- dot patterns (municipality location, composting plant location etc.)
- linear patterns (communications, river pattern, geographical net)
- surface - polygon patterns (districts, regions, forest areas etc.)

Another needed step was to process the statistical data on the structure of land properties in the Czech Republic and to transform them into maps. Thus, it was later possible to establish yields of concrete biomass types suitable for composting in individual areas.

As to the structure of lands (distribution and individual types of agricultural and non-agricultural soil), the country's territory is relatively heterogeneous. Data on the division of individual agricultural and non-agricultural lands chosen as suitable for our work were data of the Czech Statistical Office (ČSÚ).

The ČSÚ data about the structure of lands were processed at several levels. The basic level is *The structure of lands in the Czech Republic by individual administrative regions (townships) - Czech Republic has 13 regions + capital city of Prague,* which is however too general, which would subsequently lead to high distortion of data and results of our work. This is why it is considered more adequate to stem from the statistical data for smaller territorial units.

A very detailed level of ČSÚ agrarian data is represented by *Selected statistical data for the municipality*. However, compared with the above basic level, this format is too detailed and inapt for multiple reasons of which one is the size of the territory. Cadastral areas of individual municipalities are often too small in respect of the size of area from which the given composting plant receives materials for the compost pile.

An adequate level for the processing of these data and further work with the project is *The structure of lands in the Czech Republic by individual districts – Czech republic has 78 districts*, which does away with the main disadvantages of the above-mentioned basic level. Sizes of areas at the level of districts as well as their number appear very adequate in respect of the studied issue. Districts in the Czech Republic are sized several hundreds of square kilometres and correspond well with the concerned areas of individual composting establishments (mostly from tens to hundreds of square kilometres). Therefore, these statistical data of ČSÚ were chosen for our analysis.

RESULTS AND DISCUSSION

Based on the chosen size of geographical units – districts, it was possible to establish and classify the shares of the respective soil categories in these territories. A map layer was plotted through the transformation of ČSÚ data, illustrating the percentage shares of agricultural lands in the Czech Republic. These were in the following step classified into arable land, gardens, orchards and permanent grasslands. For the non-agricultural land, a map layer was plotted based on the transformed data, illustrating the shares of forest stands in the total area of individual districts (Fig. 1).

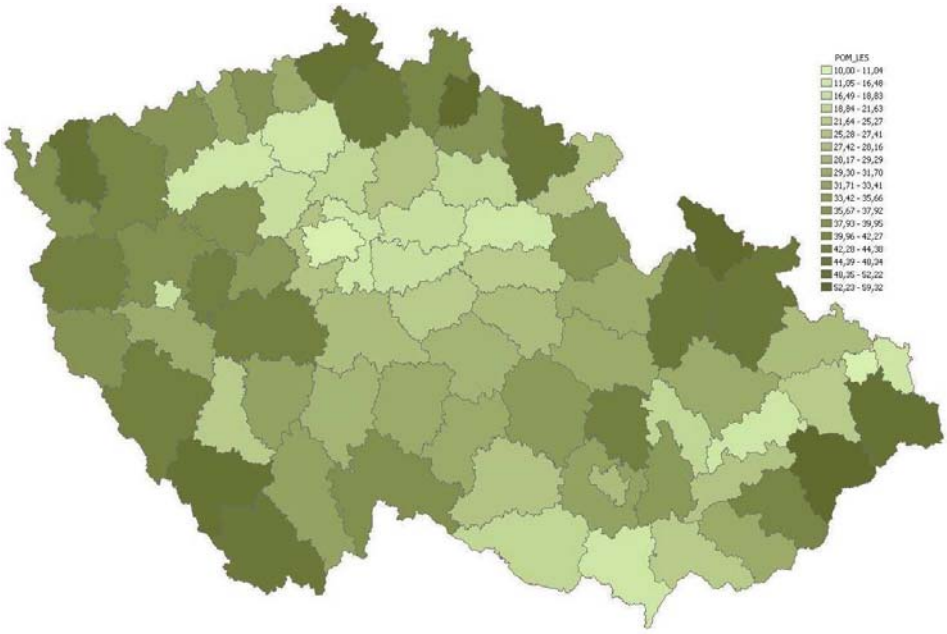


Figure 1. Percentage of forests in the individual districts of the Czech Republic

After having had established the percentage proportions of individual soil categories in terms of grown agricultural crops, we had to specify concrete raw materials (types of waste biomass) on them that would be suitable for composting and establish their yields (production).

Based on the values of average production in selected types of biologically degradable waste [6], we constructed a table of the average production of the respective materials for the composting plants (Tab. 1). The table contains the name of the material, soil category and average yield.

The table below includes another compostable material – biologically degradable waste (BDW). Values of the average production of biologically degradable waste differ in dependence on the type of the built-up area (village/town); however, its average amount is 60 kg per capita and year in the Czech Republic. Based on this value, we created one of the map layers – production of biologically degradable waste for composting plants.

Table 1. Production of selected materials for the composting plants

Material	*Soil category*	*Unit*	*Yield*	*Average*
Straw	*arable land*	*kg·m^{-2}*	*0.6 - 0.8*	*0.70*
Grass from the maintenance of gardens and parks	*gardens*	*kg·m^{-2}*	*0.2 - 0.4*	*0.30*
Vegetable waste	*gardens*	*kg·m^{-2}*	*0.2 - 0.4*	*0.30*
Waste wood from fruit plantations	*orchards*	*kg·m^{-2}*	*0.2 - 0.3*	*0.25*
Grass from the maintenance of permanent grass stands	*permanent grasslands*	*kg·m^{-2}*	*0.3 - 0.6*	*0.45*
BDW per capita villages / towns	-	*kg·year^{-1}*	*30-60 / 60-80*	*60.00*

Thanks to the fact that the shares of individual raw materials are known as well as their average yields, it was possible to determine the total yield of these materials per unit area according to the following relation:

$$V_c = \sum_{i=1}^{n} v_i . p_i \tag{1}$$

Where:
V_c [kg·m^{-2}] - total yield,
v_i [kg·m^{-2}] - yield of the ith raw material for the composting plant,
p_i [-] - area share of the ith raw material in the given territory (district).

Tab. 2 exemplifies the calculation by using the-above relation by means of attributive data on the area shares of the respective raw materials and their yields. Abbreviation *PGL* means permanent grasslands.

Table 2. Example of establishing the total yields of selected raw materials in the respective soil categories (based on Tab. 1 and ČSÚ data on the structure of lands in the Czech Republic by individual districts)

District	*Area size (ha)*	*Structure (%)*			*Yields of ind. materials (10^{-2} kg·m^{-2})*			*Total yield (10^{-2} kg·m^{-2})*
		Gardens	*Orchards*	*PGL*	*Gardens*	*Orchards*	*PGL*	
Ústí nad Labem	*40444*	*2.350*	*0.517*	*29.554*	*0.71*	*0.13*	*13.30*	*14.13*
Česká Lípa	*113708*	*1.400*	*0.256*	*15.775*	*0.42*	*0.06*	*7.10*	*7.58*
Jablonec n.Nis.	*40229*	*3.350*	*0.119*	*20.798*	*1.01*	*0.03*	*9.36*	*10.39*
Liberec	*92467*	*3.060*	*0.340*	*20.790*	*0.92*	*0.08*	*9.36*	*10.36*
Semily	*69893*	*2.510*	*1.040*	*25.201*	*0.75*	*0.26*	*11.34*	*12.35*
Hradec Králové	*87556*	*2.750*	*0.889*	*7.753*	*0.83*	*0.22*	*3.49*	*4.54*
Jičín	*88664*	*2.440*	*2.083*	*11.711*	*0.73*	*0.52*	*5.27*	*6.52*
Náchod	*85155*	*2.790*	*1.210*	*18.012*	*0.84*	*0.30*	*8.11*	*9.24*

The identical procedure was used to determine total yields of all materials suitable for composting (BDW, dendromass etc.) in the individual districts.

It was also necessary to specify the size of the area (intake area of the composting plant) on which precisely an amount of raw materials exists, for which the given composting plant is designed in order to reach the value of a so-called maximum achievable yearly amount of the processed matter (k_p) in the given composting plant.

In the geoinformation software ArcView 9.1, this task can be resolved by creating *mantle zones*, representing graphically the smallest possible areas in which the required amounts of raw materials for the composting plants occur.

The creation of these mantle zones stems from the below relation:

$$P_{OZ} = \frac{k_p}{\sum_{i=1}^{n} v_i \cdot p_i} = \frac{k_p}{V_c} \tag{2}$$

Where:

P_{OZ} [m^2] - mantle zone (intake area) size,
k_p [kg] - maximum achievable yearly amount of the processed matter,
v_i [kg·m^{-2}] - yield of the ith raw material,
p_i [-] - area share of the ith raw material in the given territory,
V_c [kg·m^{-2}] - total yield.

The relation (2) was used to establish the area size of mantle zones for individual composting plants. Based on the obtained values and through their conversion into attributive tables, ArcView was able to plot the mantle zones (intake areas) of the composting plants using all above-mentioned biomass sources from the surroundings (Tab. 1).

The described situation assumes the use of material occurring within the intake area at 100%. In practical operation, however, the value cannot be achieved since actual material recovery in the given region is affected by many factors. Some places may be inaccessible for machines. Losses may occur during handling the material and its transport into the composting plant. Moreover, there may be some competitive relationships in the region and more operators of composting plants or even other establishments (e.g. biogas stations) may be interested in the given commodity.

To be able to tell the actual size of the mantle zone around a concrete composting plant, we need to add *yield coefficient* to the relation (2), expressing in percent the total amount of material gained from the given territory as compared with the amount theoretically possible:

$$P_{OZ} = (\frac{100}{v}) \frac{k_p}{\sum_{i=1}^{n} v_i \cdot p_i} = (\frac{100}{v}) \frac{k_p}{V_c} \tag{3}$$

Where:

v [%] - yield coefficient, caused by the limited access to all raw materials in the given territory, by losses at transportation, handling etc. The value of this coefficient is specific for each individual composting plant and is established by the composting plant operator.

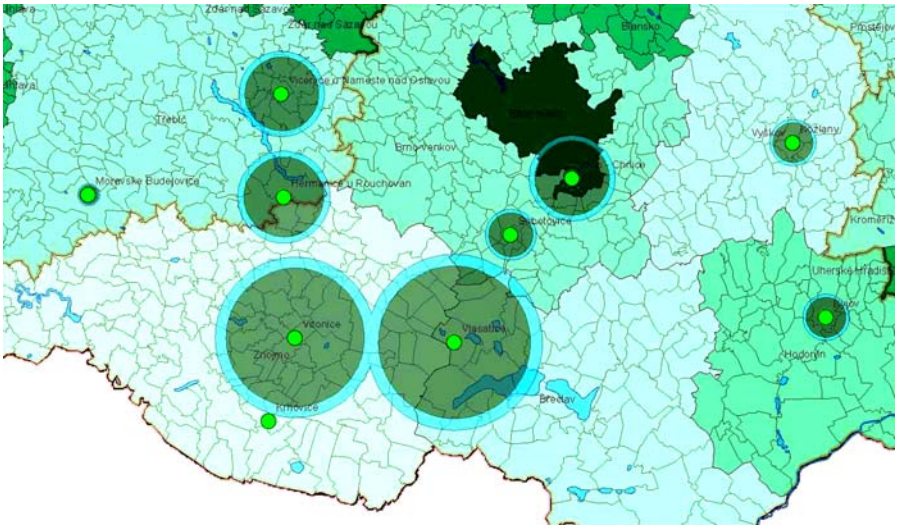


Figure 2. Change in the size of the original mantle zone (inner brown circle) to larger one (blue concentric circle) after taking into account the yield coefficient

Fig. 2 shows a model situation of mantle zone change by taking into consideration the yield coefficient. The original mantle zone (established according to [2]) delineates the area size at 100% gain of all available selected raw materials for the composting plant. The larger concentric blue circle defines the mantle zone of the intake area (calculated according to [3], which includes the area that will guarantee full utilization of the composting plant k_p while taking into account the yield coefficient of 75%.

Example of intake areas of composting plants processed at the level of municipal cadastres

As to the basic size for individual soil categories, this paper is worked out at the level of districts as mentioned and reasoned above. Therefore, certain discrepancies must necessarily occur between the average amount of matter in the district, which was used to determine the mantle zone size, and the actual average amount of matter in the area. Supposedly, the deviation will be smaller in large mantle zones and bigger in small mantle zones.

The quantification of deviations confirmed the assumption. In very small intake areas of composting plants, which occupy only several cadastres of municipalities, the deviation usually does not exceed 10%. Medium-sized and large intake areas of composting plants – like the composting plant Kutná Hora – Neškaredice mentioned as an example in this paper (Fig. 3 and Tab. 3) – normally exhibit a deviation below 4%.

The original mantle zone that was established before by using the mentioned method is delineated by the red circular line. Cadastres of municipalities from which material can be obtained from the selected biomass types for the composting plant $k_p = 1.13 \cdot 10^7$ kg are depicted in the individual shades of green colour, representing the amount of selected compostable raw materials per unit area (values from $11\text{-}165 \cdot 10^3$ kg·km^{-2}). The actual value k_p of the composting plant is $1.20 \cdot 10^7$ kg. Tab. 3 presents parameters of the composting plants including a comparison with the calculated mantle zone.

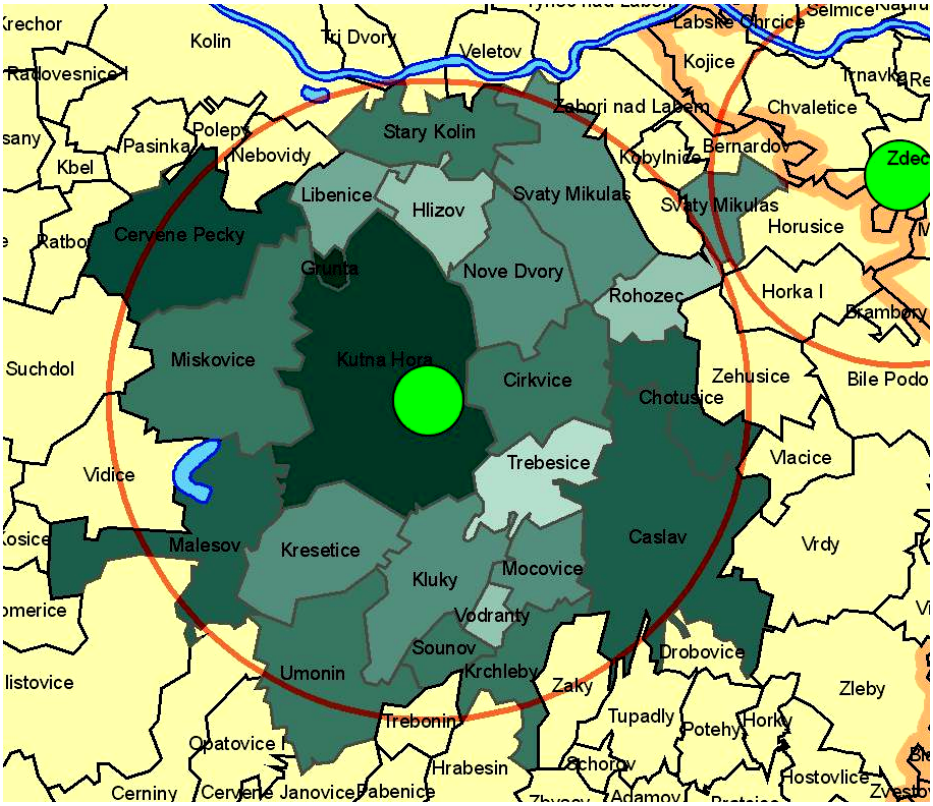


Figure 3. The composting plant Kutná Hora – Neškaredice, plotted at the level of municipal cadastres

Table 3. Parameters of selected composting plants

Attribute	*Value*	*Unit*
Size of the delineated area (green)	*236.43*	km^2
Mantle zone area (red circular line)	*240.29*	km^2
Total amount of matter in the delineated area	*1.13*	10^7 *kg*
Actual k_p of the composting plant	*1.20*	10^7 *kg*
Calculated average amount of matter in the district	*49.95*	10^3 *kg·km*$^{-2}$
Actual average amount of matter occurring in the area	*48.20*	10^3 *kg·km*$^{-2}$
Deviation of the average amount of matter in the district from the actual amount of matter in the area	*3.63*	*%*

Analysis of selected biomass types for composting in the Czech Republic

After the database had been created and from it the above-mentioned map outputs from the project, we analyzed the results.

Tab. 4 presents average yields of selected raw materials (Tab. 1) per unit area that are added dendromass. Dendromass is understood to be waste product from the cultivation of forest soil and conversion of timber (its average amount in the Czech Republic is 513 kg per 1 ha forest).

Based on the knowledge of average yields of compostable raw materials in the individual townships of the Czech Republic (see Tab. 4), Tab. 5 was created - *Yearly potential of selected raw materials in individual townships of the Czech Republic*. The table was used to plot a diagram presented in Fig. 4. Similarly as the Tab. 4, this Tab. 5 contains in last column values including dendromass.

Table 4. Average yields of selected raw materials in individual townships of the Czech Republic

1.	*2.*	*3.*
Township	*Average yields of selected raw materials (10^3 kg·km^{-2})*	*Average yields of selected raw materials including dendromass (10^3 kg·km^{-2})*
South Bohemia	*87.46*	*124.88*
Plzeň	*79.55*	*119.09*
Karlovy Vary	*105.67*	*148.93*
Ústí nad Labem	*83.72*	*113.54*
Liberec	*116.04*	*160.31*
Hradec Králové	*90.78*	*121.75*
Pardubice	*82.07*	*111.55*
Prague + Central Bohemia	*54.40*	*81.35*
Vysočina	*68.25*	*98.02*
South Moravia	*41.86*	*70.34*
Zlín	*89.15*	*128.82*
Olomouc	*70.66*	*106.16*
Moravian Silesia	*100.17*	*134.99*
Czech Republic	*77.52*	*111.12*

Based on values of the total designed k_p of composting plants in individual townships and on the maximum potential of selected biomass types suitable for composting (P_{max}; P_{dmax}), we constructed the below table. Table 6 is to express what percentage share from the available potential l of selected raw materials would be consumed by the composting plants if they would use only the sources of these raw materials for reaching the k_p value.

Values in the table were calculated according to the following relation:

$$V_P = \frac{\sum_{i=1}^{n} k_p}{P_{\max}} \left(\frac{100}{v}\right) \tag{4}$$

Where:

V_p [%] - consumption share of composting plants from the max. potential of selected raw materials in the township,

$\sum_{i=1}^{n} k_p$ [kg] - sum of the k_p of all composting plants in the township,

P_{max} [kg] - maximum potential of selected raw materials in the township (P_{dmax} value is incorporated in values including dendromass)

v [%] - yield coefficient

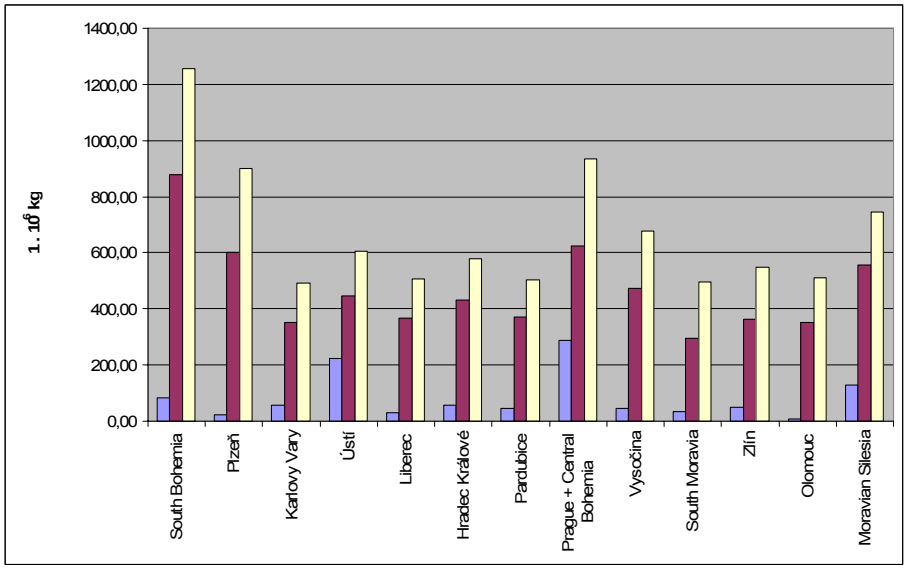


Figure 4. Diagram of the potential of selected raw materials in individual townships of the Czech Republic
(blue column = designed k_p value of composting plants in the township, purple column = P_{max}, yellow column = P_{dmax})
Diagram is made from values in Table 5.

The table is divided into three sections. The first section contains shares expressed in percent under theoretical assumption that 100% of selected raw materials occurring in the territory of interest is gained (column 2). The other two sections (columns 3 and 4) picture the values at yields of 75% and 60%, i.e. each of sections splits into two columns of which the left one shows the percentage shares of the use of selected raw materials without dendromass and the right one shows the percentage shares of the use of selected raw materials including dendromass.

It is possible to conclude from values in Tab. 6 that the amount of compostable matter from the selected raw materials is sufficiently high in the Czech Republic. We have to point out however that due to competitive relationships, the availability of raw materials is affected by the location of the composting plant in the region. If this factor is neglected, a mutual competition may occur of two and even more composting plants. Then it may happen that a given composting plant would not have access to the given raw materials and would not meet its k_p value or would have to bring the material from a larger distance, which would increase the operating costs.

Table 5. Yearly potential of selected raw materials in individual townships of the Czech Republic

1.	2.	3.	4.
Township	Total achievable annual amount of processed matter (k_p) in composting plants of the township (10^6 kg)	Maximal potential of selected raw materials (P_{max}) in the township (10^6 kg)	Maximal potential of selected raw materials incl. dendromass (P_{dmax}) in the township (10^6 kg)
South Bohemia	84.85	879.60	1255.89
Plzeň	21.70	601.49	900.42
Karlovy Vary	58.00	350.33	493.70
Ústí nad Labem	221.90	446.64	605.74
Liberec	29.20	367.04	507.06
Hradec Králové	56.24	431.94	579.27
Pardubice	43.90	370.09	504.09
Prague + Central Bohemia	285.99	626.18	936.46
Vysočina	46.60	472.67	678.88
South Moravia	32.17	295.83	497.13
Zlín	48.60	364.58	547.68
Olomouc	8.35	353.40	510.65
Moravian Silesia	130.34	554.42	747.15
Czech Republic	1067.84	6114.21	8764.12

Table 6. Percentage shares of the use of selected raw materials for composting plants at various yields in individual 3townships of the Czech Republic

1.	2.		3.		4.	
	100 % yield		75 % yield		60 % yield	
Township	Without dendro-mass	With dendro-mass	Without dendro-mass	With dendro-mass	Without dendro-mass	With dendro-mass
South Bohemia	9.65	6.76	12.86	9.01	16.08	11.26
Plzeň	3.61	2.41	4.81	3.21	6.01	4.02
Karlovy Vary	16.56	11.75	22.07	15.66	27.59	19.58
Ústí	49.58	36.63	66.24	48.84	82.80	61.05
Liberec	7.96	5.76	10.61	7.68	13.26	9.60
Hradec Králové	13.02	9.71	17.36	12.95	21.70	16.18
Pardubice	11.86	8.71	15.82	11.61	19.77	14.51
Prague + Central Bohemia	45.67	30.54	60.90	40.72	76.12	50.90
Vysočina	9.86	6.86	13.15	9.15	16.43	11.44
South Moravia	10.87	6.47	14.50	8.63	18.12	10.79
Zlín	13.33	8.87	17.77	11.83	22.22	14.79
Olomouc	2.36	1.64	3.15	2.18	3.94	2.73
Moravian Silesia	23.51	17.44	31.35	23.26	39.18	29.07
Czech Republic	17.46	12.18	23.29	16.25	29.11	20.31

Fig. 5 shows localities in which a competition may occur between the individual composting plants. This situation applies namely to the composting plants near larger cities (Prague, Ostrava industrial agglomeration in Moravian Silesia). Different shades of

green in map shows the total potential of selected types of biomass. Lightest shade is $40 \cdot 10^3$ kg·km^{-2} and darkest is $200 \cdot 10^3$ kg·km^{-2}.

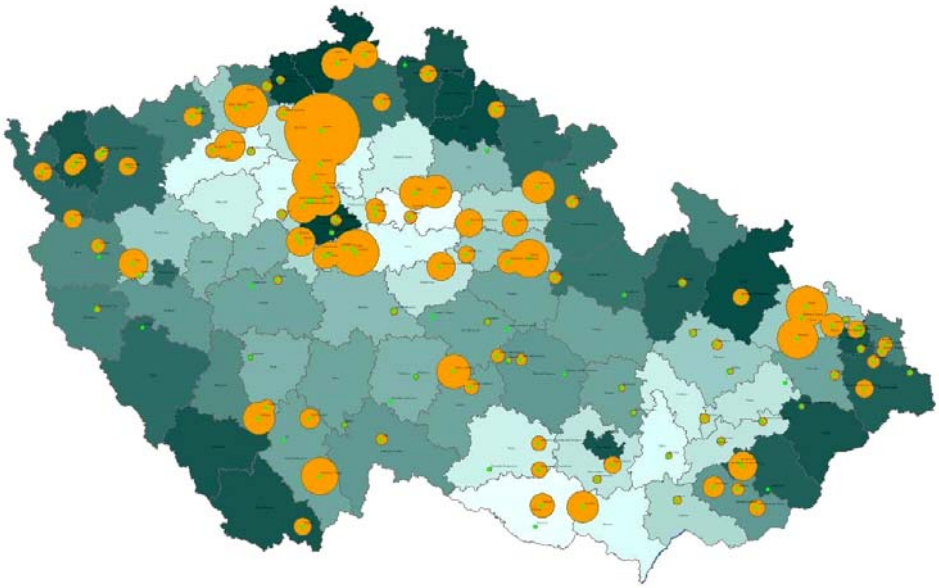


Figure 5. Map of the production of selected biomass types with delineated mantle zones of individual composting plants

By contrast, localities clearly show in the map, which appear suitable for building a new composting establishment. This map output (Fig. 5) can help a prospective developer find an adequate locality for building a composting plant with the sufficient amount of raw materials and without severe conflicts with competitors.

We can mention the example of a composting plant in the Ústí Township (the largest mantle zone on the map in Fig. 5 - north of Prague). The k_p value of this composting plant is $8 \cdot 10^7$ kg. The amount of actually processed matter in 2009 was only $1.2 \cdot 10^7$ kg. Upon consulting the composting plant operator, we found out that the establishment had been oversized due to the amount of material occurring in the region and the intake area size was corresponding. The fact can be seen also in the size of the mantle zone whose radius is ca. 20 km and area ca. 1150 km^2. This is only one example of using this project in practice when inadequate adjustment of the value of the maximum amount of matter processed in the composting plant can be prevented.

Possible directions of project use and development

The project offers multiple possibilities for use. One of them is to develop an application (accessible via web) that would make the database available to users, especially expert public. An extension is expected with a database of biogas stations so that a more complete general view of biomass-processing operators in the Czech Republic is acquired. Thanks to this expansion, the application might be used to offer

a "biomass exchange" to users. Biomass producers would offer individual commodities to interested customers such as composting plant operators (or operators of biogas stations).

Based on topical data in the given area and after plotting the mantle zones, it would be clear which operators of composting plants have vacant capacities in the given moment and how big the capacities are. The biomass producer would choose a concrete plant (e.g. based on transport distance if more operations with vacant capacities occur in the surroundings) to which they would direct their material and thus, the composting plant operator would be freed of the necessity to search biomass for their establishment in the surroundings.

This web application could be used also by government authorities, which co-decide upon the allocation of subsidies in the field of biomass management, possibly also by the public as an information on the localization of the nearest biomass processing plant (e.g. in the case of interest in the produced compost).

CONCLUSIONS

The work discussed in this paper aimed at the development of a practically utilizable GIS of biomass management in the Czech Republic on the basis of currently offered geographical information systems (ArcView GIS 9.1).

The main output of the project is a general analysis of the potential of selected biomass types suitable for composting in the Czech Republic. The project is designed as an open version into which data on other commodities (e.g. waste from urban greenery maintenance etc.) can be introduced. This open version of the project can be also used for the introduction of other databases (e.g. network of biogas stations) to extend possible outputs to the other sector of waste management.

BIBLIOGRAPHY

[1] Zemánek, P. 2010. Biologicky rozložitelný odpad a kompostování. Praha, *VÚZT, v.v.i*., ISBN 978-80-86884-52-3.

[2] Longley, P.A. 2001. *Geographic information system and science*. West Sussex, England. John Wiley &Sons, Ltd., ISBN 0-471-89257-0.

[3] Semerádová, D. 2008. *Prostorová analýza dopadů změny klimatu na růst a vývoj pšenice ozimé*. Dissertation, Mendel University in Brno, 161 pp.

[4] Hamanová, M. 2008. *Soustava geobiocenologických podkladů péče o krajinu*. Dissertation, Mendel University in Brno, 94 pp.

[5] Fryč, J., Rybář, R. 2011. Usage and support of geoinformation technologies for the potential analysis of compostable biomass in the Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. Vol. 1/2011, No. LIX, p. 59-66. ISSN 1211-8516.

[6] Zemánek, P., Burg, P. 2008. Technika pro zpracování zahradnických odpadů – návody do cvičení. Mendel university in Brno. 80 pp.

GIS ANALIZA PROIZVODNJE BIOMASE I NJENE UPOTREBE ZA KOMPOSTIRANJE U REPUBLICI ČEŠKOJ

Jiří Fryč jr., Jiří Fryč

Univerzitet Mendel, Agronomski fakultet, Institut za inženjering poljoprivrede, hrane i životne sredine, Brno, Republika Češka

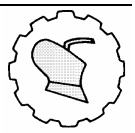
Sažetak: Danas se različiti informacioni sistemi, uključujući i geografske informacione sisteme (GIS), sve više koriste u upravljanju otpadom (slično kao i u drugim oblastima). Podaci su postepeno standardizovani tako da svi nivoi administracije mogu da koriste ujednačene podatke, a individualni sistemi su kompatibilni. U ovom radu GIS je upotrebljen za analizu odabranih tipova biomase pogodne za kompostiranje u Republici Češkoj. Na osnovu statističkih podataka Češkog Statističkog Zavoda i podataka iz drugih informacionih sistema, zadatak je rešen pomoću GIS programskog paketa ArcView 9.1. Rezultati su mape oblasti nastanka biljne mase za kompostiranje, zasnovane na uslovima koje su prethodno definisali korisnici i analizi biomase pogodne za kompostiranje.

Ključne reči*: informacioni sistem, geografski informacioni sistem, podaci, biomasa, kompostiranje, analiza*

Datum prijema rukopisa: *Paper submitted:*	12.09.2012.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama: *Paper revised:*	19.09.2012.
Datum prihvatanja rada: *Paper accepted:*	27.09.2012.

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