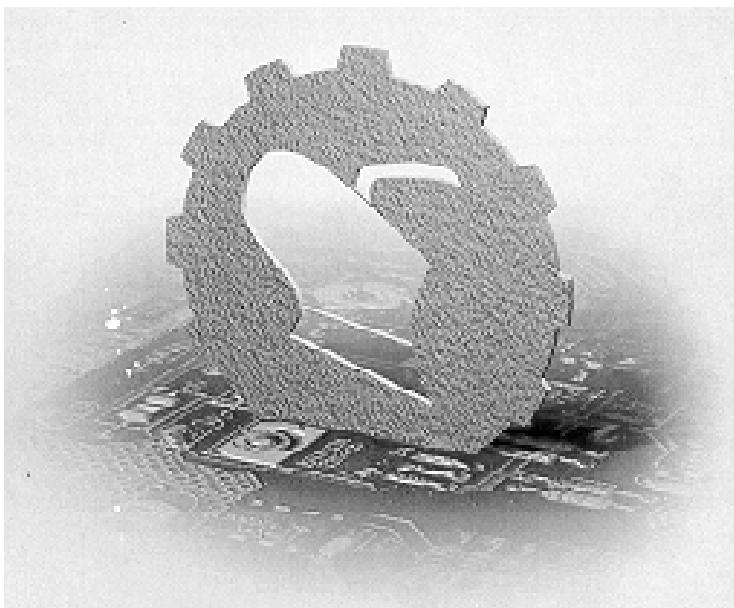


YU ISSN 0554 5587  
UDK 631 (059)

# ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА



ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ  
ИНСТИТУТ ЗА ПОЉОПРИВРЕДНУ ТЕХНИКУ



Година XXXII, Број 2, децембар 2007.

**Издавач (*Publisher*)**

Пољопривредни факултет Универзитета у Београду, Институт за пољопривредну технику,  
11080 Београд-Земун, Немањина 6, п. фах 127, тел. (011)2194-606, 2199-621, факс: 3163-317,  
2193-659, жиро рачун: 840-1872666-79.

**За издавача:**

Небојша Ралевић

**Суиздавач (*Copublisher*)**

"Флеш", Земун

**Главни и одговорни уредник (*Editor-in-Chief*)**

Милан Ђевић, Пољопривредни факултет, Београд

**Техничка припрема (*Technical arrangement*)**

Страхиња Ајтић, Пољопривредни факултет, Београд

**Инострани уредници (*International Editors*)**

Schulze Lammers Peter, Institut fur Landtechnik, Universitat, Bonn, Germany

Fekete Andras, Faculty of Food Science, SzIE University, Budapest, Hungary

Ros Victor, Technical University of Cluj-Napoca, Romania

Sindir Kamil Okyay, Ege University, Faculty of Agriculture, Bornova - Izmir, Turkey

Mihailov Nicolay, University of Rousse, Faculty of Electrical Engineering, Bulgaria

Silvio Košutić, Faculty of Agriculture University of Zagreb, Croatia

Škaljić Selim, Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivredni fakultet, Bosna i Hercegovina  
Таневски Драги, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Земјоделски факултет, Скопје, Македонија

**Уредници (*Editors*)**

Марија Тодоровић, Пољопривредни факултет, Београд

Анђелко Бајкин, Пољопривредни факултет, Нови Сад

Мићо Ољача, Пољопривредни факултет, Београд

Милан Мартинов, Факултет техничких наука, Нови Сад

Душан Радivoјевић, Пољопривредни факултет, Београд

Лазар Ружичић, Пољопривредни факултет, Београд

Мирко Урошевић, Пољопривредни факултет, Београд

Стева Божић, Пољопривредни факултет, Београд

Драгиша Раичевић, Пољопривредни факултет, Београд

Франц Коси, Пољопривредни факултет, Београд

Ђуро Ерцеговић, Пољопривредни факултет, Београд

Ђукањ Вукић, Пољопривредни факултет, Београд

Драган Петровић, Пољопривредни факултет, Београд

Милан Вељић, Машички факултет, Београд

Драган Марковић, Машички факултет, Београд

Саша Бараћ, Пољопривредни факултет, Приштина

Предраг Петровић, Институт "Кирило Савић", Београд

Драган Милутиновић, ИМТ, Београд

**Савет часописа (*Editorial Advisory Board*)**

Јоцо Мићић, Властимир Новаковић, Марија Тодоровић, Ратко Николић, Милош Тешић, Божидар Јачинац, Драгољуб Обрадовић, Драган Рудић, Милан Тошић, Петар Ненић

**Штампа:** "Флеш" – Земун

**ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА**

AGRICULTURAL ENGINEERING

# **ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА**

**НАУЧНИ ЧАСОПИС**

**AGRICULTURAL ENGINEERING**

**SCIENTIFIC JOURNAL**

**ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ  
ИНСТИТУТ ЗА ПОЉОПРИВРЕДНУ ТЕХНИКУ**

Часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА број 1 (2, 3, 4)  
посвећен је XI научном скупу

## "Актуелни проблеми механизације пољопривреде 2007."

### **Програмски одбор - Program board**

Проф. др Мићо Ољача, председник  
Проф. др Драгиша Раичевић  
Проф. др Ђуро Ерцеговић  
Проф. др Душан Радивојевић  
Проф. др Ђукан Вукић  
Проф. др Милан Ђевић  
Проф. др Марија Тодоровић  
Проф. др Мирко Урошевић  
Проф. др Драган Марковић  
Проф. др Ратко Николић  
Проф. др Драги Таневски  
Mr Marjan Dolenšek  
Prof. dr Schulze Lammers Peter  
Prof. dr Fekete Andras  
Prof. dr Sindir Kamil Okyan

### **Организатори скупа - Organizers of meeting**

Пољопривредни факултет, Институт за пољопривредну технику, Београд  
Друштво за пољопривредну технику Србије, Београд

### **Покровитељи скупа - Donors and support**

Министарство за науку и животну средину Републике Србије  
Министарство за пољопривреду, водопривреду и шумарство Републике  
Србије

### **Д о н а т о р и**

ИМТ – Нови Београд  
Пољопривредна корпорација „Београд“  
Привредна комора Београда  
ИМЛЕК - Београд

### **Место одржавања - Place of meeting**

Пољопривредни факултет, Београд, 7.12.2007.

### **Штампање ове публикације помогло је:**

Министарство за науку и животну средину Републике Србије

## **РЕЧ УРЕДНИКА**

Часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА, у својој мисији, односно, доприносу информацији и афирмацији области механизације пољопривреде, у укупном тиражу од четири броја 2007. године приказује радове који ће бити саопштени на скупу "Дан пољопривредне технике" 7.12.2007. године на Пољопривредном факултету у Београду - Земуну.

Укупни обим часописима обухвата 45 радова из области пољопривредне тех-нике, који се могу груписати по тематским областима од генералног развоја, информационих технологија, погонских јединица, обраде земљишта, сетьве и неге гајених биљака, убирања и транспорта, као и интензивног гајења и обновљивих извора енергије. Неравномерност у структури заступљености појединих тема може имати исходиште у смислу сугерисања тематских скупова у наредном периоду, пре свега када се имају у виду актуелни моменти у стварању пословног амбијента у пољопривреди сходно процесима европских интеграција, међународних споразума и значајних извозних могућности наше пољопривредне производње. Овоме свакако треба додати неопходност истицања тема од националног значаја, пре свега када је у питању: пословање водним ресурсима, механизација сточарске производње и развој и примена технолошко-техничких система скла-дишно дистрибутивних центара као генералног доприноса организацији малих пољопривредних производијача, тржишно атрактивних сировина и при томе стварању амбијента већег степена финализације примарне производње. У наредном периоду истраживачи би требали да се оријентишу и на афирмацију обновљивих извора енергије базираних на могућностима остваривим у примарној пољопривредној производњи. У том смислу било би веома корисно објединити и усме-рити истраживачке иницијативе свих релевантних институција наше земље.

Поред тога, наглашава се значајно учешће аутора из иностранства у доприносу размене информација на међународном нивоу.

Посебно се истиче чињеница да је значајан број радова резултат научно-истраживачких пројеката финансијираних од стране Владе Републике Србије у категорији националних, технолошких и иновационих пројеката.

Захваљујући се ауторима радова, мора се нагласити да се у наредном периоду, обзиром на наведено, очекује шири и разноврснији садржаји доприноса стручњака пољопривредне технике, у реализацији мисије часописа и афирмацији струке.

*Проф. др Милан Ђевић*

## **S A D R Ž A J**

Лазар Ружичић, Драгиша Раичевић, Ђуро Ерцеговић, Коста Глигоревић, Милош Пајић	
РАЗВОЈ САВРЕМЕНИХ ПОЉОПРИВРЕДНИХ МАШИНА ЗА НОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ РТАРСКЕ ПРОИЗВОДЊЕ .....	1
Martin Schneider, Peter Wagner	
PREDUSLOVI ZA USVAJANJE SAVREMENIH TEHNOLOGIJA	
- PRIMER PRECIZNA POLJOPRIVREDA .....	9
Ratko Nikolić, Lazar Savin, Timofej Furman, Milan Tomić, Mirko Simikić, Radojka Gligorić	
TEORIJA VUČE I KOEFICIJENT KORISNOSTI GUMENE GUSENICE .....	15
Rajko Radonjić, Jasna Glišović	
PRILOG PROBLEMIMA ISPITIVANJA VANPUTNIH VOZILA .....	25
Milovan Živković, Dušan Radivojević, Mirko Urošević, Vaso Komnenić, Dragana Dražić	
EKSPOATACIONI I ENERGETSKI ASPEKTI PRIPREME ZEMLJIŠTA ZA PODIZANJE VIŠEGODIŠNJIH ZASADA .....	31
Richard Holownicki, Greg Doruchowski, Waldemar Cewiechowski, Artur Godyń	
UTICAJ TIPOVA RASPRŠIVAČA I ADITIVA NA EFIKASNOST PRIMENE PESTICIDA U ZASADIMA JABUKE .....	39
Milan Đević, Rajko Miodragović, Zoran Mileusnić	
UTICAJNI FAKTORI NAVODNJAVAĆA KIŠENJEM NA NAGIBIMA .....	47
Thomas Hoffmann, Pavel Maly, Christian Fürll, Knut Scheibe	
UBIRANJE I SKLADIŠTENJE KROMPIRA U DRVENE KONTEJNERE .....	55
Milan Đević, Aleksandra Dimitrijević	
UTICAJ POKRIVNOG MATERIJALA NA POTROŠNJU ENERGIJE U OBJEKTIMA ZAŠTIĆENOG PROSTORA TUNEL TIPA .....	61
Simone Kraatz, Werner Berg	
ODREĐIVANJE ENERGETSKIH POTREBA U STOČARSKIM OBJEKTIMA .....	71
Rade Radojević, Milovan Živković, Dušan Radivojević, Steva Božić	
STANJE I MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA BIOMASE KAO OBNOVLJIVOГ IZVORA ENERGIJE .....	79
Dragan Ružić, Vladimir Muzikravić, Nenad Poznanović	
HIPERTERMIIJA KAO POTENCIJALNA OPASNOST PO ZDRAVLJE TRAKTORISTE .....	87





UDK: 631.372

## РАЗВОЈ САВРЕМЕНИХ ПОЉОПРИВРЕДНИХ МАШИНА ЗА НОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ РАТАРСКЕ ПРОИЗВОДЊЕ

Лазар Н. Ружичић, Драгиша Раичевић, Ђуро Ерцеговић,  
Коста Глигоревић, Милош Пајић

Пољопривредни факултет - Београд

**Садржај:** У раду је приказана прогноза развоја пољопривредних машина и оруђа у саставу тракторских агрегата који могу да се користе за класичну и редуковану обраду земљишта и директну сетву. Рад представља синтезу научне прогнозе развоја пољопривредних машина и оруђа и савремене производње трактора и прикључних машина и оруђа. Поред овога информативно је описана електронска опрема која је инсталirана у кабини трактора преко које се контролише режим рада трактора, као и могућност навођења рада трактора преко сателита.

**Кључне речи:** пољопривредне машине и оруђа, трактор, енергија, агротехника, производивност, економичност.

### УВОД

Ако се развој пољопривредних машина и оруђа посматра преко њихове намене онда није тешко предвидети у ком смеру ће се кретати њихов развој. Пољопривредне машине и оруђа намењени су за извршење захтева агротехнке, за производњу гајених усева уз минималне трошкове производње јединице производа.

За производњу ратарских усева примењују се три нивоа агротехнике где спадају класична обрада земљишта, редукована обрада земљишта и нулта обрада, значи земљиште се не обрађује већ се примењује директна сетва.

### ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОЈЕДИННИХ НИВОА АГРОТЕХНИКЕ

Класична обрада земљишта даје оптималне услове за развој биљака при чему се постижу највећи приноси, највећи утрошак енергије, највећи утрошак рада и финансијских улагања. Класична агротехника оставља продужено дејство услова за гајење наредних усева.

Редукована обрада редукује технолошке процесе производње где се првенствено односи на изостављање орања, односно употребу плуга. Редукована агротехника користи позитивно дејство претходно примењене класичне обраде за развој биљака, остварују се мањи приноси, мањи урошак енергије, мањи урошак рада и мања финансијска улагања у производњи.

О примени редуковане технологије производње одлучује организатор производње, при чему узима у обзир климатске факторе који утичу на скраћење агротехничког рока и мањих трошкова производње.

Директна сетва без обраде земљишта користи продужено дејство класичне обраде, даје мањи принос усева, а о њеној примени доноси одлуку организатор производње узимајући у обзир све елементе који утичу на процес производње.

### **УТИЦАЈ АГРОТЕХНИКЕ ПРОИЗВОДЊЕ РАТАРСКИХ УСЕВА НА РАЗВОЈ ТРАКТОРА И ПОЉОПРИВРЕДНИХ МАШИНА**

Тракторска енергија како у прошлости, садашњости, тако и у даљој перспективи представљаће основ комплексне механизације производње, продуктивности рада и трошкова производње.

Последњих година повећана је јединична снага трактора. У укупној енергији средстава која се користе у производњи ратарских усева урошак тракторске енергије чини 75% до 80%.

Не могу се у процес производње уводити вишебраздни плугови, комбиноване машине и друго, ако немамо трактор са довољно снаге за њихово покретање, а тиме нема ни повећања продуктивности рада и економичности производње.

Према истраживањима од укупног урошка енергије у производњи пшенице по класичној технологији за орање се утроши 51,86%, за тањирање 15,59% и за припрему земљишта за сетву утроши се 6,96%. У производњи кукуруза урошак енергије за орање износи 62,39%, припрему земљишта за сетву 9,12%, за производњу шећерне репе од укупног урошка енергије за орање утроши се 51,15%, за тањирање 7,93%, за равнање 9,03% и за припрему земљишта за сетву 5,30%.

Успешно је решен проблем повећања радних брзина од 5 до 9 km/h на садашње радне брзине 9 до 15 km/h што је омогућило повећање енергетске снабдевености трактора која скоро два пута премашује карактеристике претходних трактора исте категорије према сили вуче.

Међутим, развој пољопривредних организација усмерен новом етапом аграрне политike, стварање крупних организација, концентрација и специјализација производње, широко увођење индустриских метода рада захтева даље унапређење енергетске базе ратарства. Неопходно је да се обезбеди брзо повећање производности тракторско-машинских агрегата за постизање највећих приноса, завршетка радова у скраћеном агротехничком року, смањење урошка рада и материјалних средстава у процес производње. Ово се може постићи и повећањем средње снаге трактора у машинском парку на 90 до 100 kW.

Успешна реализација јединичне снаге трактора постиже се на рачун повећања радних брзина, повећања оптерећења и смањења губитака времена на окрете и празне ходове. Потребно је смањити специфични притисак ходног система трактора који износи код точкаша  $1 \text{ kg/cm}^2$ , а код гусеничара  $0,40 \text{ kg/cm}^2$ .

За успешну тржишно конкурентну ратарску производњу неопходно је располагати средствима производње која ће обезбедити релативно велику производност рада уз смањење трошкова производње. Ово омогућавају трактори са снагом мотора 200 до 300 kW са одговарајућим прикључним машинама и оруђима која улазе у састав тракторског агрегата.

### ТЕНДЕНЦИЈА РАЗВОЈА ПРИКЉУЧНИХ МАШИНА И ОРУЂА

Тенденција развоја пољопривредних оруђа и машина углавном се развија по традиционалној шеми радних органа, њиховим конструкцијским усавршавањем и побољшањем квалитета материјала за израду радних органа. Тако, на пример, побољшање квалитета материјала за израду плужних дасака смањује специфични отпор земљишта за 25 до 30%, а трење земљишта од плужне даске смањује се за 10 до 15%.

Са тракторима гусеничарима на рачун мањег клизања остварује се смањење потрошње горива за 10 до 20%, а на влажним земљиштима и до 30% до 40%. Зато у условима повећане влажности за ране пролећне радове неопходно је користити тракторе гусеничаре. Код савремене производње трактора могуће је да се точкови замене са гуменим гусеницама сл. 2 (то су у ствари гумене траке које имају исти облик шара као точкови), а специфични притисак на земљиште им је у границама трактора гусеничара.

Пораст снаге тракторских мотора на 200 до 300 kW омогућава развој широкозахватних машина и оруђа која могу да раде на повећаним брзинама кретања 9 до 15 km/h са остварењем релативно великих учинака.

Орање са широкозахватним плуговима 6-8 бразди смањује број прохода 2 до 3 пута, а тиме и површину сабијеног земљишта.

Међутим, орање са тракторима точкашима изазива сабијање дна бразде које је повећано пребацивањем тежине трактора на точкове који се крећу у бразди и стварају "ђон" непропустљивог земљишта (сл. 1) што условљава да површине пооране са плугом треба да разривати употребом разривача који раде на већој дубини од дубине орања.



Слика 1. Трактор точкаши у орању

Орање са трактором гусеничарем мање сабија земљиште јер се трактор креће по неораном земљишту (сл. 2).



*Слика 2. Трактор гусеничар у орању*

Алтернативна употреби плуга јесте разривач који разрива земљиште испод дубине орања са мањим утрошком енергије од плуга, а земљиште оставља у растреситом стању.

На слици 3. приказан је разривач у раду са класичним радним органима, а може да се изведе и са крилцима (сл. 4). Овај разривач подсеца земљиште између радних тела разривача и тако обрађује целу површину. Предност ове врсте разривача је да се остварује мањи утрошак енергије у односу на плуг за исту дубину рада.



*Слика 3. Разривач са класичним радним органима*



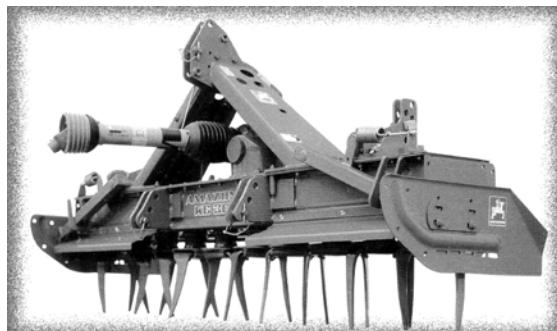
*Слика 4. Разривач са крилцима*



*Слика 5. Оруђа за уситњавање земљишта*

Да би земљиште после прохода плуга остало што ситније и равније, плугу се додају оруђа за ситњење земљишта различите конструкције изведбе која имају ширину захвата као плуг (сл. 5) и на тај начин олакшавају предсетејену припрему земљишта.

Прикључне машине са активним радним органима у односу на раони плуг троше мање енергије за обраду земљишта за 7 до 10 пута, јер се за рад не користи сила вуче, већ се користи обртни момент мотора који се преноси на прикључно вратило трактора, и даље преко карданског вратила на ротор на коме су причвршћени радни органи у облику мотицица различитог облика. За рад са ротационим машинама може да се користи трактор који има мању масу 3 до 5 пута у односу на трактор који се користи за орање. На слици 6. се види карданско вратило преко кога се преноси обртни момент мотора на ротације радне органе. Код свих прикључних машина које добијају погон преко карданског вратила, рото фреза, ротациони плуг, ротациона дрљача и др. принцип рада је исти.



Слика 6. Ротациона дрљача



Слика 7. Комбиновано оруђе

Комбиновани агрегати за обраду земљишта користе се ради повећања продуктивности рада, смањења броја прохода и уштеде времена у обради земљишта. На слици 7. приказан је агрегат који у једном проходу врши обраду земљишта. Овакав начин обраде земљишта користи се у редукованој технологији производње ратарских усева.

Постоје комбиновани агрегати који у једном проходу врше обраду земљишта и сетву као што је приказано на слици (сл. 8).



Слика 8. Комбиновани агрегат



Слика 9. Сејалица за директну сетву

За гајење усева без обраде земљишта користе се сејалице за директну сетву (сл. 9).

Све приклучне машине и оруђа углавном су приказане као тракторски агрегати и оне не треба да се приказују посебно јер са трактором чине нераздвојну целину. Савремена тенденција развоја трактора и приклучних машина усклађује се преко тракторско-машинских агрегата који треба да повећају продуктивност рада и да производњу ратарских усева учине економичнијом. Онај ко располаже са снажнијим тракторима и приклучним оруђима већег радног захвата тај ће издржати конкуренцију на тржишту.

### **ЕЛЕКТРОНСКА ОПРЕМА ИНСТАЛИРАНА У КАБИНИ ТРАКТОРА**

Електронска опрема је намењена да омогући руковаоцу трактора одржавање оптималног режима рада мотора и трактора у циљу остварења максималног учинка.

Инструменти показују моменталне вредности режима рада трактора и дају упозорења, звучна или светлосна, када се одступи од задатих вредности.

На командном центру постоји дводелни екран, на горњем делу екрана уписују се задати параметри рада трактора, а променљиве односно, тренутне вредности појединачних величина приказују са на доњем делу екрана. Овде спадају број обратаја мотора, потрошња горива по часу рада, клизање, брзина кретања, дубина рада, ширина захвата, учинак, укупно обрађена површина, часови рада, време сервиса и друго.

На слици 10. приказана је командна табла инструмената са ознакама на тастерима.



Слика 10. Командна табла инструмената

Поред инструмената који се налазе у кабини трактора могуће је да се са додатном опремом преко система за прецизну пољопривреду John Deere-AMS-GREENSTAR успостави веза преко сателита за навођење трактора при склапању прохода. Ауто трак систем за аутоматско навођење без употребе руку (сл. 11. и сл. 12.).



Слика 11. StarFire примопредајник



Слика 12. Контролна јединица

Предност уређаја за навођење: смањено преклапање прохода, већа ефикасност (мање времена, хемијских средстава и горива), аутоматско подешавање, већа прецизност, могућност примене на три нивоа прецизности, веће радне брзине. Користи се цела ширина радног захвата прикључне машина без преклапања. Најпрецизнији систем за навођење је плус-минус 2 см (30 см-10 см).

Овде је дата кратка информација о инструментима који се налазе у кабини трактора са њиховом наменом, а детаљнија упутства о њиховој употреби налазе се у приручнику за коришћење трактора.

Са овом информацијом се жељи скренuti пажња ратарима да агротехнику и технику посматрају као једну целину преко тракторско-машинских агрегата који омогућавају остварење високог приноса, продуктивности и економичности ратарске производње. За сваки планирани ниво агротехнике постоји одговарајућа оптимална техника. Класична обрада земљишта ствара најбоље услове јер је она заснована на традицији научног знања и практичног искуства. Сама реч редукција означава ускраћење нечега што је постојало, тако и редукована технологија производње ратарских усева, ускраћује део услова које су усеви имали применом

класичне технологије, зато усеви реагују смањеним приносом. Код директне сетве усеви се развијају на ономе што им је остало од класичне обраде. Избор нивоа примене агротехнике је организационо и економско питање које треба да реши организатор ратарске производње.

### ЗАКЉУЧАК

Савремене пољопривредне машине и оруђа развијају се према захтевима нивоа примењене агротехнике са циљем да се повећа продуктивност и економичност производње.

Нове приклучне машине и оруђа имају веће ширине захвата и могу да раде на већим брзинама кретања што омогућавају трактори са повећаном снагом мотора 200 до 300 kW.

Савремени трактори су опремљени електронским инструментима који омогућавају оптимално искоришћење њиховог вучно-енергетског потенцијала.

Избор нивоа примене агротехнике је организационо и економско питање.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Думановић З.: "Оптимизација потрошње енергије у производњи кукуруза", Докторска дисертација, Београд, 2002.
- [2] Теофановић Жарко: "Истраживање оптималне енергетске структуре тракторско - машинског парка са гледишта уштеде енергије и продуктивности рада на пољопривредним комбинатима", Докторска дисертација, Београд, 1994.
- [3] Ружичић Н. Л.: "Истраживање техничко технолошких параметара плугова и разривача у обради земљишта", Докторска дисертација, Београд, 1995.
- [4] Обрадовић Д.: "Продуктивност рада и утрошак енергије у производњи ратарских култура", Пројекат Министарства пољопривреде Републике Србије, 1998.

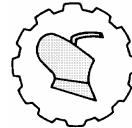
### DEVELOPMENT OF ADVANCED AGRICULTURAL MACHINES FOR NEW TECHNOLOGIES OF FARMING CROP PRODUCTION

**Lazar N. Ružićić, Dragiša Raičević, Đuro Ercegović,  
Kosta Gligorević, Miloš Pajić**

*Faculty of Agriculture - Belgrade*

**Abstract:** This reading indicates the projection of development of agricultural machines and tools within tractor assemblies that may be used for classic and reduced land cultivation and direct sowing. The reading signifies the synthesis of scientific projection of development of agricultural machines and tools as well as points to advanced production of tractors and attachable units and tools. In addition, the electronic equipment installed in the tractor's cabin has been also provided for and described as information, since the equipment controls the tractor's mode of operation and its guidance via satellite.

**Key words:** *agricultural machines and tools, tractor, energy, agro technique, productivity, budget-priced efficiency*



UDK: 631.153

## PREREQUISITES FOR THE ADOPTION OF NEW TECHNOLOGIES – THE EXAMPLE OF PRECISION AGRICULTURE

**Martin Schneider, Peter Wagner**

*Martin-Luther-University of Halle, Institute of Agriculture Economics,  
Farm Management Group, Halle, Germany*

**Abstract:** With the development of the global positioning systems (GPS), geographical information software (GIS) and various sensors and actuators, the possibility of initiation information-guided plant production is never been grater. The assumption is that the more information and precision is put into cultivation management, the higher the profit will be. During recent years, there has been no significant increase of precision agriculture (PA), with only a low share of farmers employing PA applications. However, there are many suppliers of PA hardware and software. What are the reasons for this gap?

### INTRODUCTION

With the development of the global positioning system (GPS), geographical information software (GIS) and various sensors and actuators, the possibility of initiating information-guided plant production has never been greater. The assumption is that the more information and precision is put into cultivation management, the higher the profit will be. During recent years, there has been no significant increase of precision agriculture (PA), with only a low share of farmers employing PA applications (Reichardt and Juergens, 2006). However, there are many suppliers of PA hardware and software. What are the reasons for this gap?

Before a new technology is put into practice, the question of cost and benefit has to be answered. In the case of PA, there are, at present, problems in answering this question completely. In addition to the existence of sensors and actuators, decision rules must be present for linking site specific sensor information with recommendations for controlling the actuators. These rules answer the question of which recommendation should be given based on the respective site specific information. The challenge is to optimize the factor input according to a maximized gain.

For some selected PA technologies (e.g. nitrogen fertilization) different decision rules already exist and are more or less put into practice. This can be done through

online approaches, with sensor-included decision rules (e.g. Link et al., 2002), offline approaches (e.g. Wenkel et al., 2002) or online approaches with map overlay (e.g. Weigert, 2006).

For other PA technologies (e.g. sowing, tillage or fungicide application) those rules are still in the development stage or are missing completely. If decision rules are available, the question is whether the additional costs for the PA technology can be covered by the additional benefits. To determine this, economic studies have to be conducted. Many studies have been published during recent years dealing with profitability. Unfortunately, there is no clear answer whether there is any economical potential in using PA.

Some of these studies deal with simulations, *ex post* examinations or model calculations (e.g. Hurley et al., 2002; Pedersen et al., 2002; Albert et al., 2003; Bongiovanni et al., 2000; Ebelhar et al., 2002). In such examinations, the question of the theoretical potential of PA is being answered. In reality, the actual potential could be much lower. Reasons for this are the real farming resolution (e.g. boom width) of the application technology, the state of knowledge of the real site specific conditions and the quality of the decision rules. Thus, only the direct comparison of PA technologies with uniform field management in field trials can demonstrate the potential of the state of the art. In other studies, calculations are not transparent and comprehensible and it is not always obvious which costs and benefits are taken into account.

The objective of this paper is to examine, on a whole farm background in eastern Germany, site specific nitrogen fertilization from an economic point of view.

## MATERIAL AND METHODS

To calculate the economic effects, only the costs and outputs related to the new technology must be taken into account. In the case of PA, the additional costs can be divided into four groups. (Table 1)

*Table 1: Classification of cost drivers by time of appearance and cost categories*

origin time	costs for data collection	costs for data processing	costs for the application of inputs	costs for additional means of production
annual	yield mapping*	data management decision making consulting	software	fuel, seed, fertilizer
several years	soil testing* sensoring*	hardware	updating the technique**	

\* including all costs for equipment, soil sampling and analyzing, labor time

\*\* e.g. update of fertilizer-, drilling- and spraying- technique with precision farming technology

The first group summarizes all costs for collecting site specific information. There can be various types of sensors, e.g. yield mapping or soil investigation. The next group characterizes the costs for obtaining site specific management recommendations. The costs depend on the degree of automation of generating and using the decision rules.

The third group includes the costs for putting the site specific recommendations into action. For example, it can be necessary to update the application technique for automatically changing the fertilizer amount during spreading.

If there is an additional need for means of production (e.g. fertilizer) compared to the uniform treatment, these additional costs are placed into the last group.

The result is positive from an economic point of view if these costs are covered by the additional output. This could be due to yield increase, savings on means of production or quality improvement.

To examine the effects of site specific fertilization, calculations are based on an average farm in Eastern Germany. Table 2 shows the ratio of such a farm's cultivated crops.

*Table 2: The typical cultivation pattern of farmland in Saxony-Anhalt (Eastern Germany) (Statistisches Bundesamt, 1999)*

Crop	Share relative	Absolute share for a farm with a size of...		
		500 ha	1,000 ha	2,000 ha
Grain	58.86 %	293.4	586.8	1,173.6
Corn	10.06 %	50.3	100.6	201.2
Rape seed	12.45 %	62.3	124.5	249.0
Others	18.63 %	93.2	186.3	372.6

In the region Köthen, close to Leipzig, a field trial was carried out, to check the effects of PA on costs and outputs. Strips with different fertilization strategies were laid out. Three different site specific treatment strategies (Online, Offline, and Offline with map overlay) are compared with the uniform treatment. All measures were made by on-farm technology.

For the online approach, the Yara-N-Sensor® was used for the 2nd and 3rd application. With this optical sensor, the amount of nitrogen is determined by the reflection of the canopy (Link et al., 2002). For the offline approach, the field was divided into three different zones of high, middle and low yield potential. This was done using historic near-infrared aerial pictures of the field taken a few weeks before harvest (Dohmen, 2004). For every zone, the yield target was determined by the knowledge of historic yield maps. For this yield target, the necessary nitrogen fertilizer amount was distributed over three applications. The sensor approach with map overlay is a combination of the first two approaches. At the 2nd and 3rd nitrogen application, the fertilization recommendations of the sensor system were decreased (increased) by 15 kg and 20% N/ha in the lower (higher) zone.

Table 3 summarizes the assumed investment payments for the additional technique and service. For all items a depreciation time of five years was assumed. To calculate the costs per annum, the annuity method is used (interest rate: 8 %).

*Table 3: Assumed investment payments for additional PA technique and service*

Item	Investment payment (€)	Depreciation time (year)
Yara-N-Sensor with Terminal	22,000	5
Yield mapping hardware	8,500	5
Terminal with GPS	5,950	5
GIS Software	1,500	5
Classification of management zones (service)	2 €/ha	5

## RESULTS AND DISCUSSION

Table 4 summarizes the PA costs of the three approaches for various farm sizes. The calculations are based solely on the implementation of site specific nitrogen management on grain fields (Table 2). The capital costs of the yield mapping systems are calculated based on the area of the grain-harvested fields. An average life of five years is assumed for depreciation. For example, for a 500 ha farm with a sensor approach for nitrogen fertilization on grain fields, the additional outputs have to cover costs of at least 17.39 €/ha to have benefits of PA. For a farm of 2,000 ha, these costs sink to 4.35 €/ha. The most expensive is the sensor with map overlay approach. This approach needs the greatest amount of information to recommend the site specific fertilizer amount.

In Table 4, the result of the field trial is presented. With respect to yield and additional output, in this year and on this field, all site specific fertilization strategies reached a better result than the uniform treatment.

After deducting the additional precision farming costs, all fertilization strategies on all farm sizes (500, 1,000 and 2,000 ha) still reach a better result than the uniform field treatment, with the online approach providing the best result. Despite the greatest information base, the online approach with map overlay doesn't reach the best result. One explanation could be the quality of the used decision rules.

*Table 4: Additional precision farming costs of three approaches for different farm sizes (nitrogen fertilization to grain)*

	ha	Data collection costs (€/ha)	Data processing costs (€/ha)		Application costs (€/ha)		Sum
Online approach	500	17.39	Yara-N-Sensor with Terminal		Terminal with GPS		17.39
	1000	8.69					8.69
	2000	4.35					4.35
Offline approach	500	5.32	Classification of management zones (service), Yield mapping*	0.86	Planning of nitrogen amount	4.70	10.88
	1000	5.32		0.43		2.35	8.10
	2000	4.10		0.21		1.15	5.49
Online approach with map overlay	500	5.32	Classification of management zones (service), Yield mapping*	0.86	Planning of nitrogen amount	17.39	23.57
	1000	5.32		0.43		8.69	14.44
	2000	4.10		0.21		4.35	8.66
Yara-N-Sensor with Terminal							

\* 500 ha: one yield mapping system; 1,000 ha: two yield mapping systems; 2,000 ha: three yield mapping systems

Table 5: Result of the field trial

	Uniform treatment	Online approach			Offline approach			Online approach with map overlay		
Average* Yield (dt/ha)	71.77	83.1			81.81			81.78		
Protein (% RP in dm)	14.2	11.9			11.1			11.6		
Turnover** (€/ha)	718	748			736			736		
Nitrogen Costs (€/ha)	99	65			82			74		
NCft*** (€/ha)	619	683			655			662		
<i>Farm size (ha)</i>		500	1000	2000	500	1000	2000	500	1000	2000
<i>Additional output (€/ha)</i>	0	+46.6	+55.3	+59.7	+25.1	+27.9	+30.5	+19.4	+28.56	+34.3

\* yield analysis by consideration of the means of yield map points in the strips  
\*\* Turnover with regard to protein content  
\*\*\* Turnover less Nitrogen Costs

## CONCLUSION

The additional costs for precision farming hardware are manageable for the observed farm sizes. In the future it is conceivable that these costs will continue to decrease. For example, the tractor (combine harvester) could be standardly-equipped with a GPS device and a terminal (yield mapping). In this case, these costs are almost negligible. By accessing PA service providers with the proper equipment, smaller farms can profit from these technologies as well. Then utilizing the various precision farming technologies only depends on the existence of efficient decision-making rules.

## REFERENCES

- [1] Albert, E., Lissos, H., Merkel, U. (2003): Grunddüngung. IN: Hasert, G. et al. (Ed.) 2003: Zukunftsträchtiger Ackerbau, Germany, pp. 57-74
- [2] Bongiovanni, R., Lowenberg-DeBoer, J. (2000): Economics of Variable Rate Lime in Indiana. IN: Stafford, J. (Ed.) 2000: Precision Agriculture, Vol. 2, Issue 1, pp. 55-70
- [3] Dohmen, B. (2004): Ausweisung von Ertragszonen mit der Maximum-Likelihood-Methode. IN: Hufnagel, J., Herbst, R., Jarfe, A., Werner, A. (Ed.) 2004: Precision Farming – Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis, KTBL-Schrift 419 pp. 3.2-87 – 3.2-89
- [4] Ebelhar, S.A., Hart, C.D., Fehrenbacher, T.A., Varsa, E.C., Wyciskalla, T.D., Robertson, G.K. (2002): Variable Seeding Rate and Variable Nitrogen Effects on Corn. Part 1. Variable Seeding. IN: Robert, P.C. (Ed.) 2002: Proceedings of the 6th International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis
- [5] Hurley, T.M., Malzer, G., Kilian, B. (2002): A Test of within Field Variation of Corn Response to Nitrogen in Central Minnesota. IN: Werner, A., Jarfe, A. (Ed.) 2002: Precision Agriculture – Herausforderung an integrative Forschung und Anwendung in der Praxis, Germany, pp. 413-421
- [6] Link, A., Panitzki, M., Reusch, S. (2002): Hydrogen N-Sensor: Tractor-Mounted Remote Sensing for Variable Nitrogen Fertilization. IN: Robert, P.C. et al. (Ed.): Proceedings of the 6th Int. Conference on Precision Agriculture, USA
- [7] Statistisches Bundesamt (1999): Fachserie 3, Reihe 3

- [8] Pedersen, S.M., Pedersen, J.L. (2002): Economic and Environmental Impact of Site Specific N-Application – Based on Different Weather Conditions and Arable Crops. IN: Robert, P.C. (Ed.) 2002: Proceedings of the 6th International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis, pp. 1814-1825
- [9] Reichardt, M. and Juergens, C. (2006): The Farmers View on the Usability of Precision Farming in Germany – Results of a Multitemporal Survey. IN: Agricultural Engineering for a Better World, World Congress 2006, this Proceedings
- [10] Weigert, G. (2006): Data Mining und Wissensentdeckung im Precision Farming – Entwicklung von ökonomisch optimierten Entscheidungsregeln zur kleinräumigen Stickstoff-Ausbringung. Dissertation, TU München
- [11] Wenkel, K.O., Brozio, S., Gebbers, R.I.B. (2002): Methods and Algorithms for Site-Specific Nitrogen Fertilization of Several Crops and N-Fertilization Strategies. IN: Robert, P.C. et al. (Ed.): Proceedings of the 6th Int. Conference on Precision Agriculture, USA

#### *Acknowledgments*

This work was supported by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) within the joint research project *preagro II*.

## PREDUSLOVI ZA USVAJANJE SAVREMENIH TEHNOLOGIJA - PRIMER PRECIZNA POLJOPRIVREDA

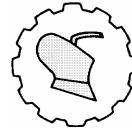
**Martin Schneider, Peter Wagner**

*Martin-Luther-University of Halle, Institute of Agriculture Economics,  
Farm Management Group, Halle, Germany*

**Sadržaj:** Sa razvojem sistema globalnog pozicioniranja (GPS), geografskog informacionog sistema (GIS) i drugih različitih senzora i aktuatora, mogućnost informaciono-vodene biljne proizvodnje nikada nisu bile realnije i veće. Pretpostavka je da će se profit pojedinca povećati ako se u proizvodni proces uđe sa što više informacija i preciznosti. Tokom poslednjih godina beleži se značajan napredak na polju precizne poljoprivredne proizvodnje, sa jedna strane, i vrlo slab "odziv" farmera u smislu direktnе primene ovih sistema. Bez obzira na ovo, sve je veći broj dobavljača mehanizacije koji u svojoj ponudi imaju širok spektar tehnološko-tehničkih rešenja namenjenih konceptu precizne poljoprivredne proizvodnje. Jedno od pitanja je kako je to moguće ako farmeri nisu zainteresovani?

Cilj ovog rada je ispitivanje lokalno-specifične aplikacije hraniva u regionu istočne Nemačke, sa ekonomskog aspekta.

**Ključne reči:** *poljoprivredna proizvodnja, precizna poljoprivreda, lokalno-specifična aplikacija hraniva, profit.*



UDK: 631.372

## TEORIJA VUČE I KOEFICIJENT KORISNOSTI GUMENE GUSENICE

**Ratko Nikolić, Lazar Savin, Timofeј Furman, Milan Tomić,  
Mirko Simikić, Radojka Gligorić**

*Poljoprivredni fakultet - Novi Sad*

**Sadržaj:** U radu je prikazana teorija vuče gumene gusenice. Dat je matematički model za analizu vučnog bilansa i bilansa snage traktora guseničara, predviđanje vučnih pokazatelja traktora, vučni bilans i bilans snage gumene gusenice i koeficijent korisnosti traktora guseničara i gumene gusenice.

**Ključne reči:** teorija vuče, stepen korisnosti, gumena gusenica

### UVOD

U Srbiji koristi se uglavnom dva tipa gumenih gusenica. Frikcionalna gusenica "Caterpillar" sa pozitivnom vučom primenjena je kod traktora kojih u Srbiji ima do deset komada. Drugi tip gusenice je pogonska gusenica sa zupčastim pogonskim točkom "Bridgestone" koja je uglavnom u primeni kod komunalnih i građevinskih mašina i mini traktora. U poljoprivredi je u primeni uglavnom prvi tip gusenice i to kod traktora guseničara većih snaga, preko 150 kW. Broj guseničara u poljoprivredi je sveden na minimum i tek poslednjih godina pojavom gumene gusenice njihov broj polako se povećava zahvaljujući njihovim ogromnim prednostima u odnosu na traktore i druge samohodne mašine sa točkovima. O prednostima traktora guseničara sa gumenim gusenicama bilo je više reči u radovima Nikolić et al. (1991, 1992, 2002).

Velike prednosti traktora guseničara sa gumenim gusenicama u oblasti vučnih sposobnosti nalaže potrebu da se prouči bilans snage i koeficijent korisnosti gumene gusenice, koja omogućava ostvarenje većih sila za 30-60 % u odnosu na traktore točkaše istih snaga i težina, Nikolić (2002).

Stoga su u ovom radu istraživanja usmerena na:

- bilans snage traktora guseničara,
- predviđanje vučnih pokazatelja guseničara,
- vučni bilans i bilans snage gumene gusenice,
- koeficijent korisnosti traktora guseničara i gumene gusenice.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### *Bilans snage traktora guseničara*

Jednačina bilansa snage traktora guseničara u najopštijem slučaju ima oblik:

$$P_e = P_o + P_{trg} + P_{trpv} + P_{trh} + P_{mg} + P_f + P_\delta \pm P_i \pm P_n \pm P_w + P_{pv} + P_h + P_{pot} \quad (1)$$

gde je:

$P_e$ (kW)	- efektivna snaga motora	$P_\delta$ (kW)	- gubitak snage na klizanje
$P_o$ (kW)	- gubitak snage na opsluživanje sistema traktora i uslova rukovaoca	$P_i$ (kW)	- gubitak snage na savlađivanje inercije
$P_{trg}$ (kW)	- gubitak snage u transmisiji do gusenica	$P_n$ (kW)	- gubitak snage na savlađivanje nagiba
$P_{trpv}$ (kW)	- gubitak snage u transmisiji do priključnog vratila	$P_w$ (kW)	- gubitak snage na savlađivanje otpora vazduha
$P_{trh}$ (kW)	- gubitak snage u transmisiji do hidrauličkih izvoda	$P_{pv}$ (kW)	- snaga predata preko priključnog vratila
$P_{mg}$ (kW)	- gubitak snage u gusenici	$P_h$ (kW)	- snaga predata preko hidrauličnih izvoda
$P_f$ (kW)	- gubitak snage na sopstveno kretanje	$P_{pot}$ (kW)	- snaga predata preko poteznice

Pri ravnomernom kretanju traktora ( $P_i = 0$ ) na ravnoj podlozi ( $P_n = 0$ ) i brzinama kretanja do 30 km/h ( $P_w = 0$ ), jednačina 1 se svodi na oblik:

$$P_e = P_o + P_{trg} + P_{trpv} + P_{trh} + P_{mg} + P_f + P_\delta + P_{pv} + P_h + P_{pot} \quad (2)$$

Iz jednačine (2) može se izvesti jednačina za izračunavanje snage koja se predaje gusenici u obliku:

$$P_g = P_e - (P_o + P_{trg} + P_{trpv} + P_{trh} + P_{pv} + P_h) \quad (3)$$

Ukoliko se snaga motora traktora koristi za savladavanje otpora samo preko poteznice jednačina (3) ima oblik

$$P_g = P_e - (P_o + P_{trg}) \quad (4)$$

jer je u tom slučaju  $P_{trpv} = 0$ ,  $P_{trh} = 0$ ,  $P_{pv} = 0$  i  $P_h = 0$ . U ovom slučaju jednačina bilansa snage ima oblik:

$$P_e = P_o + P_{trg} + P_{mg} + P_f + P_\delta + P_{pot} \quad (5)$$

Iz jednačine (5) sledi jednačina za izračunavanje snage na poteznici:

$$P_{pot} = P_e - (P_o + P_{trg} + P_{mg} + P_f + P_\delta) \quad (6)$$

Pri radu traktora na usponu jednačina (6) dobija oblik:

$$P_{pot} = P_e - (P_o + P_{trg} + P_{mg} + P_f + P_\delta + P_n) \quad (7)$$

Ako u jednačini (6) za članove u zagradi prikažemo jednačine kako se izračunavaju kao:

$$P_{trg} = P_e(1 - \eta_{trg}) \quad (8)$$

$$P_f = G_t \cdot f \cdot v_s \quad (9)$$

$$P_\delta = (P_e - P_{trg})\delta \quad (10)$$

gde je:  $\eta_{trg}$  - koeficijent korisnosti,

$G_t$  - težina traktora,

$f$  - koeficijent otpora kretanja,

$v_s$  - stvarna brzina kretanja,  $\delta$  - koeficijent klizanja i

$P_e$  - efektivna snaga motora traktora.

Ako jednačine 8, 9 i 10 uvrstimo u jednačinu (6) i sredimo dobije se jednačina za izračunavanje raspoložive snage na poteznici u obliku:

$$P_{pot} = P_e \cdot \eta_{trg} \cdot m_{mg} (1 - \delta) - G_t \cdot f \cdot v_s - P_o \quad (11)$$

### ***Predviđanje vučnih pokazatelja***

Mnogi autori istraživali su matematički model za predviđanje vučnih karakteristika traktora točkaša i guseničara. Tako Nikolić et al. (2002) prikazuje rezultate istraživanja vučnih pokazatelja traktora različitih koncepcija na različitim zemljиштima. Zavisnost koeficijenta neto vuče od klizanja za beton data je u obliku:

$$\varphi_n = 1 - e^{-25\delta} \quad (12)$$

za istu podlogu Dwyer (1987) daje jednačinu u obliku

$$\varphi_n = 1 - e^{-20\delta} \quad (13)$$

Grissa et al. (2006) prikazuje sistem jednačina za predviđanje vučnih pokazatelja na bazi mobilnog broja ( $B_n$ ) indeksa konusa (CI).

$$B_n = \left( \frac{CI \cdot B \cdot L_g}{G \cdot (1 - e^{-CI/0,698})} \right) \cdot \left( \frac{K_1}{1 + K_2 \cdot \frac{B}{L_g}} \right) \quad (14)$$

$$\varphi_b = C_1 \cdot \left(1 - e^{-C_2 \cdot B_n}\right) \cdot \left(1 - e^{-C_3 \cdot \delta}\right) + \frac{C_4}{k_d} \quad (15)$$

$$f_g = \frac{C_5}{B_n(0,7 \cdot k_d)} + \frac{C_4}{k_d} + \frac{C_6}{\sqrt{B_n}} \quad (16)$$

gde je:  $B_n$  - mobilni broj

$\varphi_b$  - koeficijent vuče bruto

$f_g$  - koeficijent otpora kretanja

$k_d$  - koeficijent dinamičke raspodele opterećenja po dužini gusenice

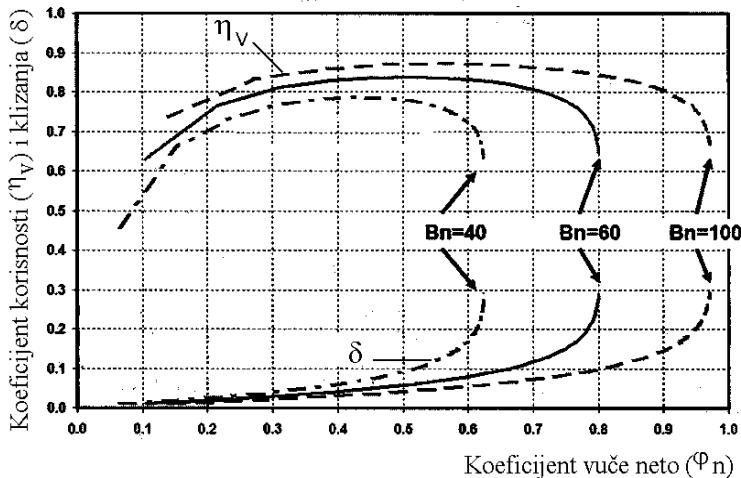
$B$  - širina gusenice

$k_1 = 5, k_2 = 6, C_1 = 1,10, C_2 = 0,025, C_3 = 17, C_4 = 0,03, C_5 = 1,75$

konstante i koeficijenti za gumenu gusenicu.

Maksimalna vrednost koeficijenta  $k_d = 1$  dobija se kada je opterećenje po dužini gusenice ravnomerno raspoređeno.

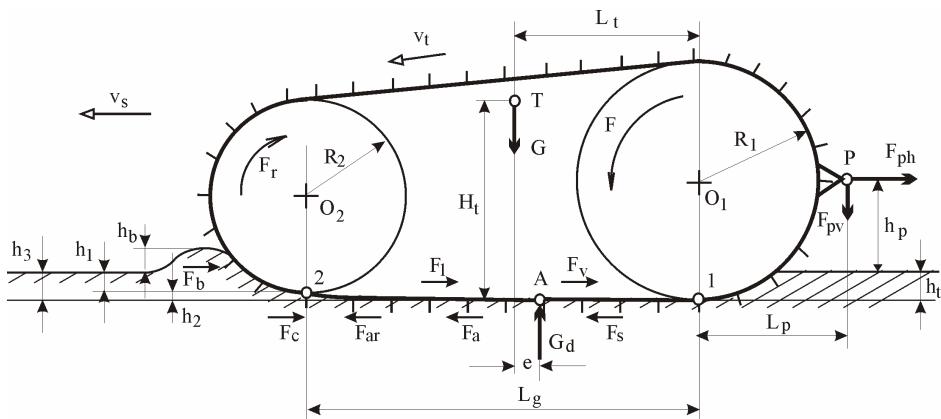
Na slici 1. prikazana je zavisnost koeficijenta korisnosti i klizanja od koeficijenta neto vuče za tri različite podloge, odnosno tri mobilna broja ( $B_n$ ).



Sl. 1. Zavisnost koeficijenta korisnosti i klizanja od koeficijenta neto vuče, Grissa (2006)

### Vučni bilans i bilans snage gumene gusenice

Gumena gusenica kao elastični hodni sistem ostvaruje bolje osobine na mekoj podlozi od točka i metalne gusenice. Radovi Kogure et al. (1991) i Tatsure (1992) ukazuju na složenost ponašanja gumene gusenice u kontaktu sa mokrom podlogom. Na slici 2 prikazana je gumena gusenica sa silama i drugim parametrima u zahvatu na mokrom zemljištu gde su prednosti najviše izražene.



Sl. 2. Mehanika gumene gusenice na mekoj podlozi

Oznake na slici su:

- $G$  - težina traktora na jednoj gusenici
- $G_d$  - dinamička težina traktora na jednoj gusenici
- $F_{ph}, F_{pv}$  - horizontalna i vertikalna komponenta sile na poteznici na jednoj gusenici
- $F$  - motorska sila dovedena na gusenicu
- $F_r$  - sila otpora rotacije gusenice, oslonih i točka zatezača
- $F_b$  - sila savlađivanja otpora Buldozin efekta
- $F_c$  - sila otpora sabijanja zemljišta
- $F_l$  - sila otpora lepljenja zemljišta na bočnim stranama gusenice
- $F_v$  - pogonska sila gusenice
- $F_a$  - reakcija podloge - adheziona sila u kontaktu traka gusenice - podloga
- $F_s$  - reakcija podloge - sila smicanja
- $F_{ar}$  - reakcija podloge - adheziona sila u kontaktu rebro-podloga

Motorna sila ( $F$ ) dovedena do gumene gusenice izračunava se pomoću sledeće jednačine

$$M_g = 0,5 M_m \cdot i_{trg} \cdot \eta_{trg} = F \cdot R_I \quad (17)$$

odavde:

$$F = 0,5 \frac{M_m \cdot i_{trg} \cdot \eta_{trg}}{R_I} \quad (18)$$

Pogonska sila gusenice dobija se kada se od sile ( $F$ ) oduzmu gubici u gusenici ( $F_r$ )

$$F_v = F - F_r \quad (19)$$

Otpor kretanja gusenice ( $F_f$ ) sastoji se od više otpora kao što su:

$$F_f = F_b + F_c + F_l \quad (20)$$

ili

$$F_f = G \cdot f \cdot \cos \alpha, \quad \alpha - \text{nagib podloge} \quad (21)$$

A reakcija podloge ( $F_{rp}$ ) koja mora biti najmanje jednaka sili ( $F_v$ ) izračunava se:

$$F_{rp} = F_v = F_s + F_a + F_{ar} \quad (22)$$

ili

$$F_{rp} = G \cdot \varphi_b \quad (23)$$

Sila u kontaktu hodni sistem - podloga može se izračunati prema jednačini Coulomb-a:

$$F_{rp} = A \cdot c + G_d \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (24)$$

gde je:

$A = (B \cdot L_g)$  - kontaktna površina gusenice sa podlogom

$c$  - koeficijent kohezije - unutrašnja prionljivost

$G_d$  - dinamička težina na gusenici

$\varphi$  - ugao unutrašnjeg trenja

Pogonska sila  $F_v = F_{rp}$  mora da savlada otpore kretanja i otpor na poteznici

$$F_v = F_{rp} = F_f + F_{ph} \quad (25)$$

Vučni bilans jedne gusenice se svodi na:

$$F = F_r + F_f + F_{ph} = F_r + F_b + F_c + F_l + F_{ph} \quad (26)$$

a bilans snage gusenice je:

$$P_g = P_r + P_f + P_{ph} + P_\delta \quad (27)$$

Gubitak snage na klizanje na gusenici dobija se:

$$P_\delta = [0,5(P_e - P_{trg}) - P_r] \cdot \delta = (P_g - P_r) \cdot \delta \quad (28)$$

gde je:

$P_g$  - snaga dovedena na jednu gusenicu,  $P_g = F \cdot v_t$

$P_r$  - snaga unutrašnjih gubitaka u gusenici,  $P_r = F_r \cdot v_t$

$P_f$  - snaga otpora kretanja,  $P_f = F_f \cdot v_s$

$P_{ph}$  - snaga na poteznici,  $P_{ph} = F_{ph} \cdot v_s$

$P_\delta$  - snaga izgubljena na klizanje,  $P_\delta = (P_g - P_r) \cdot \delta$

Vučna snaga gusenice je:

$$P_v = P_{rp} = P_f + P_{ph} + P_\delta \quad (29)$$

Ako u jednačini (28) izvršimo zamenu i sredimo, dobijamo jednačinu za izračunavanje raspoložive sile na poteznici za jednu gusenicu u oblik:

$$F_{ph} = \frac{1}{v_s} \left( 0,5 \frac{M_m \cdot i_{trg} \cdot \eta_{trg}}{R_I} - F_r \cdot v_t \right) (I - \delta) - G \cdot f \cdot \cos \alpha \quad (30)$$

a vučna sila za ceo traktor je:

$$F_{pot} = 2 \cdot F_{ph} \quad (31)$$

### **Koeficijent korisnosti traktora i gumene gusenice**

Opšti koeficijent korisnosti traktora guseničara može se odrediti pomoću jednačine:

$$\eta_o = \frac{P_{pot} + P_{pv} + P_h}{P_e} \quad (32)$$

a vučni koeficijent korisnosti traktora je:

$$\eta_v = \frac{P_{pot}}{P_e - (P_{pv} + P_{trpv} + P_h + P_{trh})} \quad (33)$$

a pri radu traktora bez korišćenja  $P_{pv}$  i  $P_h$ :

$$\eta_v = \frac{P_{pot}}{P_e} \quad (34)$$

Vučni koeficijent korisnosti može se prikazati i na sledeći način:

$$\eta_v = \eta_{tr} \cdot \eta_{mg} \cdot \eta_\delta \cdot \eta_f \quad (35)$$

ili

$$\eta_v = \eta_{tr} \cdot \eta_{mg} \cdot (I - \delta) \left( 1 - \frac{F_f}{F_{pot} + F_f} \right) \quad (36)$$

Ako se traktor koristi u stacionarnim uslovima koristeći snagu preko priključnog vratila onda je koeficijent korisnosti  $\eta_o = \eta_{pv}$ .

Koeficijent korisnosti gumene gusenice svodi se na jednačinu:

$$\eta_g = \eta_{mg} \cdot \eta_{\delta g} \cdot \eta_{fg} \quad (37)$$

gde je:

$\eta_{mg}$  - koeficijent korisnosti gusenice u odnosu na gubitke u gusenici

$$\eta_{mg} = \frac{M_g - M_r}{M_g}$$

$\eta_{\delta g}$  - koeficijent korisnosti u odnosu na klizanje  $\eta_{\delta g} = I - \delta_g$

$\eta_{fg}$  - koeficijent korisnosti u odnosu na otpor kretanja,

$$\eta_{fg} = \left( 1 - \frac{F_{fg}}{(F_{ph} + F_{fg})} \right)$$

Otuda je konačna jednačina za koeficijent korisnosti gumene gusenice:

$$\eta_g = \left( \frac{M_g - M_r}{M_g} \right) \cdot (1 - \delta_g) \cdot \left( 1 - \frac{F_{fg}}{(F_{ph} + F_{fg})} \right) \quad (38)$$

## ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedenih istraživanja mogu se izvesti sledeći zaključci:

- vučni bilans i bilans snage traktora guseničara zavisi od brojnih faktora datih u sistemu jednačina od 1 do 11.
- za predviđanje vučnih pokazatelja uspešno se mogu koristiti jednačine date na bazi mobilnog broja ( $B_n$ ) i sistema jednačina od 14 do 16.
- vučni bilans i bilans snage gumene gusenice definisan je sistemom jednačina od 17 do 31.
- koeficijent korisnosti traktora i gumene gusenice definisan je sistemom jednačina od 32 do 37.

## LITERATURA

- [1] Dwyer J.M.: Prediction of Dramber test Performance, journal of terramechanics, vol. 24, No.2, str. 165-177. 1987.
- [2] Fekete A.: The maximum efficiency of the tractor and implement combination. ISTVS. 5th European conference badepest, Hungary, 4-6 IX 1991. Proceedings, vol.1 str. 215-221.
- [3] Kogure k, Ohiva Y.: Basic cnergy analgsis in soil-crawler interaction. ISTVS, 5th European conference, Budapest, Hungary, 1991.
- [4] Muramatsy T.: History and Future development of the Rubber Track, Istvs, proceedings of the 4th regional north american meeting, sacramento, 1992.
- [5] Nikolić R.: Determining soil compaction of tractors wheeled and crawler with rubber tacks. Istvs, proceedings of the 4th, egional north american meeting, sacramento, 1992.
- [6] Nikolić R., Furman T., Gligorić R., Popović Z., Savin L.: Uzroci i posledice prekomernog sabijanja i posledice, časopis Savremena poljoprivredna tehnika br 7/1996 str. 396-405.
- [7] Nikolić R., Kližnar M., Popović Z., Gligorić Radojka: Hodni sistemi poljoprivrednih traktora Časopis Savremena poljoprivredna tehnika, br 5/1994, str. 313-322.
- [8] Nikolić R. i saradnici: Monografija, Istraživanje uzroka, posledica i mera za smanjenje i kontrolu sabijanja zemljišta, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2002.
- [9] Nikolić R., Počuća P.: Istraživanje mogućnosti šireg korišćenja traktora guseničara sa gumenim gusenicama XV simpozijum naučno tehnički progres u poljoprivrednoj proizvodnji (1991-2000), zbornik radova, Opatija, 1991, str. 95-106.

- [10] Nikolić R.: Determining of drawbar parameters of agricultural wheeled tractors ISTVS. 5th European conference badepest, Hungary, 4-6 IX 1991. Proceedings, vol.1 str. 79-186.
- [11] Robert Grisso, John Perumpral, Frank Zoz: An empirical model for tractive performance of rubber-tracks in agricultural soils journal of Terramechanics Vol. 43. 2, April 2006, str. 225-236.
- [12] Tatsuro Muro: Grousev Shape effect on tractive performance of a flexible, tracked vehicle carrying up slope terrain. Istvs, proceedings of the 4th regional north american meeting, sacramento, 1992.
- [13] Tatsuro Muro Geusev shape effect on tractive performance of a flexible tracked vehicle carrying up slope terrain. ISTVS, 4th Regional North American Meeting, Sacramento CA. 25-27. III 1992, str. 9-16.
- [14] Wong J.J. Wei Huang: "Wheels vs. Tracks" - a fundamental evaluation from the traction perspective. Jurnal of terramechanics vol.43. 1. January 2006, str. 26.42.

## PULL THEORY AND RUBBER TRACK EFFICIENCY COEFFICIENT

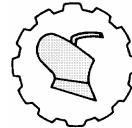
**Ratko Nikolić, Lazar Savin, Timofeј Furman, Milan Tomić,  
Mirko Simikić, Radojka Gligorić**

*Faculty of Agriculture - Novi Sad*

**Abstract:** The pull theory of rubber track was shown in this paper. The mathematics model for analyzing a pull balance and balance of tractive power of crawler tractor, anticipating draw bar pull characteristics of tractor, tractive balance and power balance of rubber track and tractor crawler and rubber track efficiency coefficient were given.

**Key words:** *pull theory, efficiency coefficient, rubber track.*





UDK: 629. 11.073. 23

## PRILOG PROBLEMIMA ISPITIVANJA VANPUTNIH VOZILA

**Rajko Radonjić, Jasna Glišović**

*Mašinski fakultet - Kragujevac  
rradonjic@kg.ac.yu jaca@kg.ac.yu*

**Sadržaj:** Analizirani su dosadašnji rezultati istraživanja fizičko – mehaničkih osobina tla sa aspekta kretanja vanputnih vozila. Istaknuti su aktuelni problemi ispitivanja u ovoj oblasti. Na ovoj osnovi formiran je program ispitivanja interakcije vozilo – tlo. Prikazan je eksperimentalni sistem na pogonskoj – mernoj platformi. Dati su i komentarirani eksperimentalni podaci interakcije točkova vozila – tla u uslovima savremenih puteva i uslovima terena.

**Ključne reči:** osobine tla, vanputna vozila, interakcija, eksperimentalni rezultati.

### UVOD

Vanputna vozila se mogu kretati po terenima različitih fizičko-mehaničkih karakteristika tla, počev od suvog peska, rastresite oranice, blata, leda, snega veće dubine, do zemljanih puteva ravnog i krutog kolovoza za vreme sušnog perioda. Karakteristike tla utiču bitno na performanse vanputnih vozila, posebno, na prohodnost, bezbednost, ekonomičnost pogona i slično. U tom smislu, poznavanje karakteristika tla i interakcije vozila sa tlom, predstavlja značajan polaz pri izboru koncepcije novog vozila, odnosno, optimalnom korišćenju postojećeg vozila.

U formiranju baze za razvoj, proizvodnju i korišćenje vanputnih vozila, različite izvedbe i namene, korišćene su brojne teorijsko – eksperimentalne metode i analize interakcije kretača vozila i tla. Poseban doprinos rešavanju ovih problema predstavlja intenzivan razvoj naučne discipline teramehanike, segmenta koji se odnosi na kretanje vozila i mobilnih sistema van puteva [2].

U ovim domenima, eksperimentalna istraživanja karakteristika tla i interakcije sa pogonskim točkovima vozila, prethodila su teorijskim istraživanjima, a bila su baza za formiranje odgovarajućih empirijskih modela i rešavanje parcijalnih problema [1]. Ispitivanjima na fizičkim modelima postavljao se bazni zahtev – obezbediti analogiju ispitivanih procesa u laboratoriji i uslovima terena, visok stepen korelacije dobijenih rezultata, nezavisno, od parametara korišćenih modela.

## OSNOVNI SEGMENTI ISPITIVANJA KARAKTERISTIKA TLA

Problemi ispitivanja interakcije pogonskim točkom vanputnog vozila i tla svode se, saglasno uprošćenom prikazu, na sl. 1, na identifikaciju relacija između opterećenja i deformacija,  $F_x$  - x,  $F_y$  - y,  $F_z$  - z u tri relevantna, upravna pravca, x, y, z. Međutim, dinamički odnosi deformabilnog kretača vozila i deformabilnog tla, za opšte posmatrani slučaj, dovode do sprezanja posmatranog sistema, opterećenja – deformacije, u relevantnim prvcima čime se istaknuti problemi usložavaju. Neki od, do sada predloženih parcijalnih modela i njihova ograničenja ukazuju na ove teškoće:

Odnosi normalnih naprezanja  $\sigma_z$  i deformacija tla, z, pri vertikalnom opterećenju od kretača vozila, [1], [2], [3],

$$\sigma_z = kz \quad (1)$$

$$\sigma_z = (k_c b^{-1} + k_\phi) z^v \quad (2)$$

$$\sigma_z = \sigma_{zo} \operatorname{th}(k \sigma_{zo}^{-1} z) \quad (3)$$

Prikazana tri modela sabijanja tla pod dejstvom vertikalnog opterećenja pogonskog točka (1), (2), (3), predstavljaju tri različite matematičke relacije naprezanja od deformacije - linearna, stepena, tangens hiperbolična, respektivno. Pri tome su modeli (1), (2) posebni slučajevi uopštenog modela (3). Ovaj poslednji, definiše monotono rastuću funkciju naprezanja od deformacije u posmatranom pravcu, sa tri prepoznatljive zone, ravnomerno sabijanje, sabijanje i tragovi smicanja, plastično razvlačenje sa okončanjem sabijanja tla i njegovog potiskivanja u bočnom pravcu.

Analogni pristup je korišćen pri modeliranju ponašanja tla opterećenog pogonskim točkom vozila u tangencijalnom pravcu,  $F_x \rightarrow x$ , [1], [3],

$$F_x = F_{xo} + F_z \operatorname{tg}\varphi \rightarrow F_{x \max} = f_s F_z \quad (4)$$

$$f_s = \operatorname{tg}\varphi + F_{xo} F_z^{-1} = \operatorname{tg}\varphi + \tau_o \sigma_z^{-1} \rightarrow f_k = F_{xk} F_z^{-1} \quad (5)$$

$$F_x / A = \tau = \tau(x) \quad (6)$$

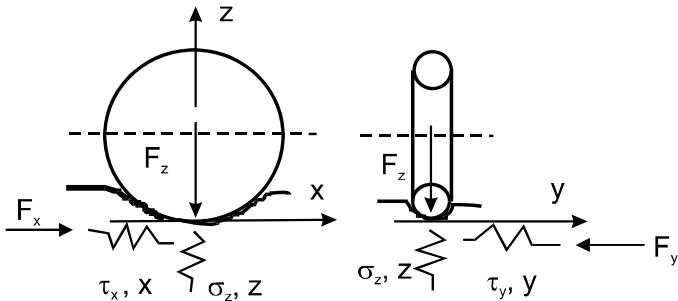
Prema modelu (4), otpor tla smicanju od kretača vozila, ispoljava se dejstvom molekularnih i kapilarnih sila prianjanja,  $F_{xo}$ , i silom unutrašnjeg trenja,  $F_z \operatorname{tg}\varphi$ . Na osnovu ovog modela, definišu se odnosi između koeficijenta trenja mirovanja,  $f_s$ , ugla unutrašnjeg trenja,  $\varphi$ , relativnih molekularno kapilarnih sila prianjanja,  $\tau_o$ , specifičnog normalnog pritiska,  $\sigma_z$ , kao i odnosi trenja klizanja,  $f_k$ , model (5). Eksperimentalna istraživanja su pokazala da tangencijalna sila  $F_x$ , odnosno, naprezanje na smicanje,  $\tau_x$ , se menja u procesu relativnog kretanja dodirnih površina tla i kretača, postaje funkcija relativnog kretanja,  $x \rightarrow s$ , model (6). Između dva posmatrana stanja interakcije tla i kretača, stanja mirovanja i stanja ustaljenog kretanja, odigra se neustaljeni prelazni proces opisan modelom (6). Određivanje zakonitosti promene ovog procesa, dakle, naprezanja na smicanje tla u funkciji odgovarajuće deformacije, bilo je predmet brojnih istraživanja i studija u proteklom periodu, ali i sadržaj aktuelnih istraživačkih zadataka i izazov za planiranje daljih aktivnosti u ovom domenu.

U ranijem periodu, karakterističnom po eksperimentalnim ispitivanjima na fizičkim modelima tla i neadekvatom podrškom matematičkog modeliranja i simuliranja, formirani su najčešće kombinovani modeli za aproksimiranje odvijanja toka pomenutog procesa, oblika, [1], [3]:

$$\tau = (\tau_0 + \sigma_z \operatorname{tg}\varphi) \{ \exp[(k_{i..})x] \} \quad (7)$$

$$\tau = f_k \sigma_z (1 + f_{ek} \operatorname{ch}(x/k_\tau)) \operatorname{th}(x/k_\tau) \quad (8)$$

$$\tau = f_k \sigma_z \operatorname{th}(x/k_\tau) \quad (9)$$



Sl. 1. Model interakcije pogonskog točka vozila i tla

Model (7), sličan jednačini aperiodičnog oscilatornog procesa, uključuje parametre modela (4), (5) i empirijske koeficijente,  $k_i$ . Modeli (8) i (9) po analogiji sa modelom (3), uključuju hiperbolične funkcije tangencijalnih deformacija i karakteristične parametre. Prvi (8), odnosi se na sabijena, tvrda tla, drugi (9), na vlažna, meša tla.

U zaključku prethodnih analiza može se istaći: 1) prikazani modeli karakteristika tla su formirani na bazi rezultata ispitivanja uprošćenih fizičkih modela i opitnih uređaja. Uprošćeni su dimenzionalni, geometrijski odnosi, kao i odnosi relativnog kretanja i deformisanja tla, posmatrano sa aspekta realnih odnosa interakcije pogonskog točka vozila i tla, 2) nije rešen problem merenja deformacija tla u realnim uslovima kretanja, 3) nisu uspostavljene adekvatne teorijsko-eksperimentalne relacije između deformacija tla, pneumatika kretača i njihovog relativnog klizanja, 4) nisu identifikovane sve komponente rezultujuće tangencijalne reakcije tla – propulzivne sile pogonskih kretača, imajući u vidu efekte trenja, plastičnog oblikovanja, smicanja, razaranja. Na bazi ovih zapažanja formiran je program sopstvenih ispitivanja interakcije vozila i tla, sažeto prikazan u narednom poglavljju.

## ISPITIVANJE INTERAKCIJE VOZILA I TLA

Program ispitivanja je zasnovan na teorijskim analizama interakcije pogonskog točka vozila i tla različitih konstruktivnih parametara i fizičko – mehaničkih svojstava. Referentni slučaj, za poredbine analize, je kotrljanje krutog kretača po krutom tlu. Uopšteni slučaj predstavlja kotrljanje točka sa deformabilnim pneumatikom na deformabilnom tlu. Svi ostali slučajevi, kao moguće kombinacije elastično – plastičnih svojstava spregnutog para, mogu se izvesti iz ovog uopštenog modela za uvedene pretpostavke, saglasno datim uslovima i režimima kretanja, [5].

Pri koncipiranju opštег modela pošlo se od sledećih postavki: 1) pneumatik točka sa profilisanim segmentima po svom obimu, formira trag na plastičnom tlu, dakle, elemente sprege, koje u procesu prenošenja obrtnog momenta dalje deformiše, delimično smiče i razara, prikaz na sl. 2a, 2) generisana propulzivna sila, kao ekvivalent vučnoj sili, je rezultat otpornosti tla na smicanje, plastično oblikovanje, razaranje, kao i frikcionih svojstava spregnutih površina. Udeo ovih komponenata bitno zavisi od odnosa krutosti

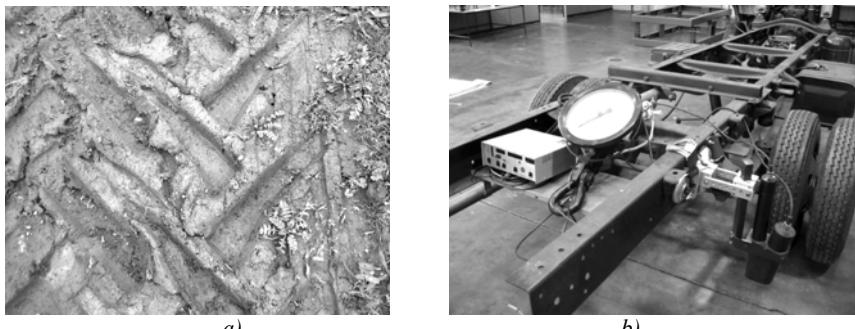
sregnutih parova, stepena vlažnosti i plastičnosti tla, 3) deformabilno stanje otiska geometrije pneumatika na kolovozu, sl. 2a, u poređenju sa referentnim otiskom je baza za utvrđivanje odnosa deformacija sregnutih parova i njihovog relativnog kretanja – proklizavanja ili klizanja, 4) proklizavanje ili klizanje se određuje iz odnosa translatorne i obimne brzine točka sa pneumatikom:

$$s = (v_o - v_t) / v_o = 1 - (v_t / r\omega) \quad (10)$$

merne veličine su: translatorna brzina točka i vozila,  $v_t$ , ugaona brzina točka,  $\omega$ , poluprečnik kotrljanja točka,  $r$ .

Za realizaciju eksperimentalnog dela ovih istraživanja korišćen je eksperimentalni sistem, čije su komponente prikazane na sl. 2b i 3. Slika 2b, prikazuje detalj merne platforme sa sopstvenim pogonom i ugrađenim mernim senzorskim jedinicama: 1) dinamometar za merenje podužne sile vuće priključnog uređaja sa opitnim pneumaticima ili sopstvenog poteznog opterećenja same platforme sa ugrađenim opitnim pneumaticima, 2) bezkontaktni korelaciono optički senzor Leitz Correvit L2 digital za merenje translatorne brzine kretanja, pređenog puta i radijusa kotrljanja pneumatika.

Slika 3, prikazuje detalj priključka bezkontaktnih davača ugaone brzine točka, Hottinger Baldwin Messtechnik, MA1 – magnetni, OA1 – optički. Prikazani sistem je svojina Laboratorije za motorna vozila Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, a s obzirom na univerzalnost mernih komponenata koristi se u različitim segmentima ispitivanja vozila.

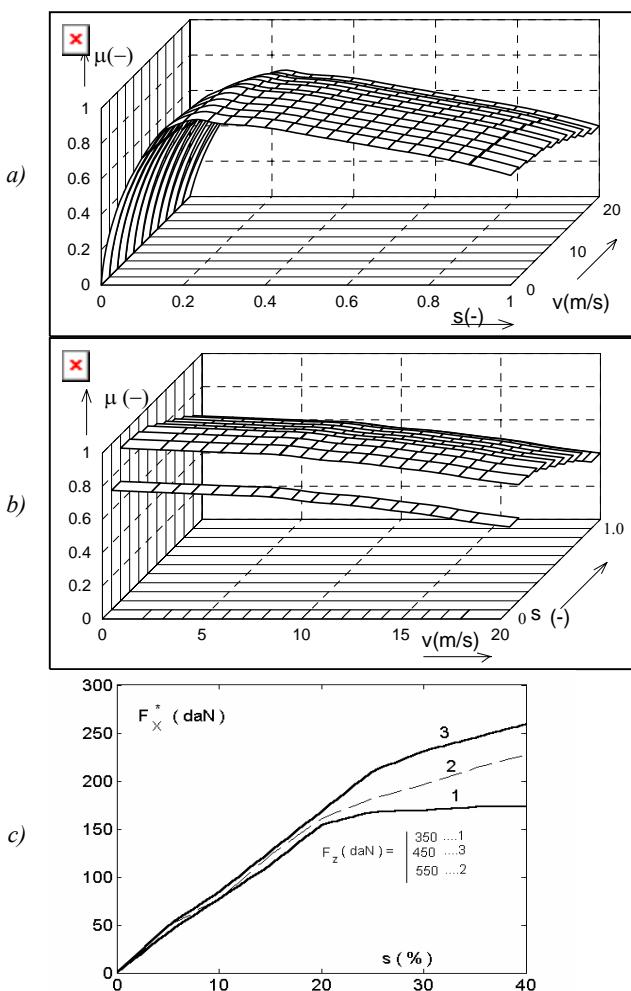


Sl. 2. a) Trag traktorskog pneumatika, b) Merna platforma, merni dinamometar i senzor brzine kretanja



Sl. 3. Detalj davača ugaone brzine točka.

U cilju sprovođenja komparativnih analiza interakcije pogonskog točka i tla različitih svojstava, pri različitim režimima i uslovima kretanja, na sl. 4a, b, c dati, su ilustrativni rezultati, bazirani na korišćenju prikazanog eksperimentalnog sistema. Sl. 4a, b, prikazuje eksperimentalno utvrđene zavisnosti koeficijenta prianjanja  $\mu$ , u funkciji proklizavanja, s i brzine kretanja v, za pneumatičke putničke automobile, na svom asfaltnom kolovozu u dobrom stanju. Slika 4c, prikazuje eksperimentalno utvrđene zavisnosti vučne sile  $F_x^*$  u funkciji proklizavanja s, traktorskog pneumatika i vertikalnog opterećenja točka,  $F_z$ , na tlu vlažnosti 20%. Analogiju posmatranih procesa, u različitim uslovima kretanja i različitim karakteristikama spregnutih parova, potvrđuju kvalitativni tokovi krivih na sl. 4a i c. Uočavaju se zone intenzivnog porasta vučnih pokazatelja sa porastom proklizavanja, zone postizanja ili približavanja maksimumu, kao i zone uspostavljanja stacionarnih vrednosti pri većim vrednostima proklizavanja. Ova analogija verifikuje prikazani pristup u teorijskim postavkama i univerzalnost korišćenog eksperimentalnog sistema.



Sl. 4. Eksperimentalni rezultati interakcije kretača vozila i tla.

## ZAKLJUČAK

Proučavanje interakcije vozila i terena, posebno procesa u kontaktu pogonski točak – tlo, u proteklom periodu, u značajnom stepenu se temeljilo na rezultatima ispitivanja fizičkih modela, sa grubom aproksimacijom realnih uslova kretanja i okruženja. Razvoj savremenih teorijskih i eksperimentalnih metoda, numeričkih metoda proračuna, matematičke simulacije, metoda merenja, sakupljanja i obrade podataka, omogućio je kompleksniji pristup u formulisanju i rešavanju problema iz ovog domena. Analogija procesa interakcije kretača vozila i tla različitim izvedbi i svojstava, u različitim uslovima, omogućava uopštavanje problema i njegovo efikasnije rešavanje uz korišćenje iskustva i raspoloživih resursa u srodnim segmentima istraživanja.

## LITERATURA

- [1] Bekker G. (1960): Off - the - road locomotion. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- [2] Bekker M. (1969): Introduction to terrain vehicle systems. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- [3] Kacigin V. (1964): Voprosi seljskohozjastvenoj mehanik. Minsk.
- [4] Wong J. (2001): Theory of ground vehicles. Third Edition. John Wiley & Sons, inc, Newyork.
- [5] Radonjić R. (2001): Modeliranje karakteristika pneumatika za terenska vozila. Traktori i pogonske mašine, N3.

## CONTRIBUTION TO OFF – ROAD VEHICLES TESTING PROBLEMS

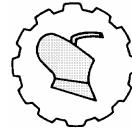
Rajko Radonjić, Jasna Glišović

Mechanical Faculty - Kragujevac

*r.radonjic@kg.ac.yu    jaca@kg.ac.yu*

**Abstract:** The past investigation results of soil physical – mechanical properties with respect to off - road vehicles motion are analysed. The actual of the testing problems in this domain are pointed out. On this base, the interaction of the vehicle – ground testing programme is formed. The experimental system on the driving – measurement platform is presented. Illustrative experimental data of vehicle wheels – ground interaction on the road and terrain condition are given and commented.

**Key words:** soil properties, off – road vehicles, interaction, experimental results.



UDK: 631.629

## EKSPOATACIONI I ENERGETSKI ASPEKTI PRIPREME ZEMLJIŠTA ZA PODIZANJE VIŠEGODIŠNJIH ZASADA

Milovan Živković<sup>1</sup>, Dušan Radivojević<sup>1</sup>, Mirko Urošević<sup>1</sup>,  
Vaso Komnenić<sup>2</sup>, Dragana Dražić<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun*

<sup>2</sup>*Isntitut PKB Agroekonomik, Padinska Skela-Beograd*

<sup>3</sup>*Istitut za šumarstvo, Beograd*

**Sadržaj:** Zasnivanje višegodišnjih zasada zahteva intenzivnu pripremu zemljišta pre sadnje što predstavlja veliko angažovanje mehaničkog a i ljudskog rada. Obzirom da se poslednjih godina zbog deficit-a energije, velika pažnja poklanja primeni racionalnih tehnologija kojima će se postići smanjenje utroška energije pri obavljanju operacija u obradi. Kao najzahtevnija operacija u pripremi zemljišta predstavlja duboka obrada-rigolovanje zemljišta na dubini preko 40 cm, a za neke zasade čak i do 120 cm. I pored pokušaja supstitucije ove operacije u pripremi zemljišta u praksi još uvek ima značajnu primenu što predstavlja obaveznu meru na određenim tipovima zemljišta

Činjenica je da u našoj praksi još uvek preovlađuju tradicionalne tehnologije obrade koje uključuju primenu rigolovanja kao operacije u pripremi zemljišta pre podizanja višegodišnjih zasada. Značaj ovakve duboke obrade ogleda se u rastresanju B glejnog horizonta kod teških tipova zemljišta. Zatim, obezbeđenje povoljnih uslova za razvoj korenovog sistema, pogotovo ako se ima u vidu da višegodišnji zasadi ostaju i nekoliko desetina godina na jednom mestu.

U radu je obrađen energetski aspekt duboke obrade rigolovanjem utvrđivanjem potrošnje goriva po jedinici vremena i obrađenoj površini koja se obavlja pre podizanja višegodišnjih zasada. Ispitivanjima su bili obuhvaćeni sledeći pokazatelji: brzina kretanja, vučni otpor, klizanje gusenica, vučna snaga, radni zahvat, specifični otpor zemljišta i učinak. Pored ispitivanja eksplotacionih parametara obavljeno je snimanje strukture radnog vremena. Pored toga date su tehničke karakteristike ispitivanog agregata u rigolovanju.

Osnovni zaključak je da rigolovanje angažuje veliku energiju koja se kreće i do 250 kWh/ha za dubine obrade od 72 cm tako da je neophodno posvetiti značajniju pažnju racionalnijim načinima obrade zemljišta pre podizanja višegodišnjih zasada.

**Ključne reči:** višegodišnji zasad, rigolovanje, plug, agregat, vučni otpori.

## 1. UVOD

Uspeh u podizanju višegodišnjih zasada zavisi od nekoliko značajnih aspekata kao što su: izbor terena i zemljišta, ekspozicija, klimatski faktori, putne mreže, prerađni kapaciteti, a zatim od sistematizacije terena i na kraju od pripreme zemljišta za sadnju. Priprema za sadnju obuhvata sledeće radne procese: obrada zemljišta čitave površine, dubrenje, obrada površinskog sloja i kopanje jamića - rupa za sadnju. Dubina obrade zemljišta za zasnivanje višegodišnjih zasada treba da iznosi 40-120 cm, u zavisnosti od vrste zasada.

Rigolovanje kao jedan od načina duboke obrade predstavlja oranje na većim dubinama od 40 cm. U zavisnosti od agrotehničkih zahteva rigolovanje može biti izvedeno na više načina, što zavisi od prevrtanja plastice. Dubina rigolovanja zavisi od fizičkih osobina zemljišta, vrste zasada i karakteristika biljne podloge. Na težim zemljištima i kod primene generativnih podloga obavlja se dublje rigolovanje. Na lakinim zemljištima primenjuje se rigolovanje sa pretplužnikom.

Rigolovanjem se postiže direktno poboljšanje mehaničkih osobina zemljišta (sitnjjenjem, rastresanjem, mešanjem i prevrtanjem sloja oranice) a time indirektno bioloških i hemijskih osobina. Ovom obradom se produbljuje ornični sloj rastresanjem i dubokom aeracijom zemljišta se u zoni korenovog sistema višegodišnjih biljaka obezbeđuju optimalni uslovi za razvoj.

Osnovna karakteristika ove obrade je veliko angažovanje energije za obavljanje operacije tako de je neophodna upotreba pogonskih mašina-traktora velikih snaga. Za rigolovanje koriste se agregati sastavljeni od traktora guseničara pluga-rigolera koji može biti vučeni ili nošeni. Kod plitkog rigolovanja (0,4 do 0,5 m) najčešće se primenjuju dvobrazni plugovi rigoleri sa radnim zahvatom do 0,8 m, za koje je potrebna vučna snaga traktora oko 60 kW. Srednje duboko rigolovanje (0,5 do 0,7 m) se obavlja jednobraznim plugovima rigolera koji obrađuju zemljište na dubini do 0,6 m i radnim zahvatom 0,45 m.

Kod dubokog rigolovanja (0,7 do 1 m), primenjuju se teški jednobrazni plugovi rigoleri vučenog tipa. Agregatiraju se sa traktorima guseničarima ili teškim traktorima točkašima snage motora preko 100 kW. Sirina radnog zahvata ovih plugova je od 0,55 do 0,6 m, a dubina oranja do 1 m. Plugovi za rigolovanje imaju iste ili slične elemente kao traktorski plugovi za klasično oranje i konstruisani su za velika opterećenja. Mehanizam za podizanje i spuštanje plužnog tela je mehanički ili hidraulički. Kod vrlo teških plugova podesniji su hidraulički podizači. Savremeni plugovi rigoleri opremljeni su hidrauličkim amortizerima.

## 2. MESTO I METOD RADA

Ispitivanja su obavljena na nekoliko lokaliteta u PKB "Voćarske plantaže" u Begaljici. Prethodni usev je bila pšenica, a rigolovanje zemljišta je obavljeno u toku jula i avgusta pod povoljnim klimatskim uslovima.

Metodika ispitivanja je sprovedena prema pravilima OECD, odnosno Instituta za poljoprivrednu tehniku Poljoprivrednog fakulteta iz Beograda, koja je prilagođena uslovima rada. Ispitivanja su obavljena u poljskim i laboratorijskim uslovima. Nima su bili obuhvaćeni sledeći pokazatelji: brzina kretanja, vučni otpor (hidrauličkim dinamografom); klizanje gusenica, vučna snaga, radni zahvat, specifični otpor zemljišta i učinak. Pored snimanja strukture radnog vremena, ustanovljen je i utrošak goriva.

## 2. 1. Osnovne karakteristike ispitivanog agregata

### a) Traktor guseničar TG - 220

Domaća fabrika "14. oktobar" (Kruševac) u svom proizvodnom programu ima traktore guseničare. Za ispitivanje agregata u rigolovanju korišćen je traktor guseničar (sl. 1) koji je izrađen u formi građevinske mašine - dozer pod oznakom TG-220 snage  $165 \text{ kW}$  pri  $2100 \text{ min}^{-1}$ .



Sl. 1. Traktor guseničar u agregatu sa dozerskom daskom

### b) Obrtni plug rigoler OR-206

Plug rigoler je domaće proizvodnje "Lemind-Proleter" iz Leskovca (sl. 2). Plug je u tipu obrtača, tako da je u potpunosti prilagođen za obradu na nagnutim terenima. Olakšano je rukovanje pomoću hidrauličnog sistema ugrađenog na plugu. Podešavanje zahvata, dubine i okretanje pluga obavlja se preko hidrauličnih cilindara a komade aktiviraju iz kabine traktora. Osnovne tehničke karakteristike pluga rigolera su:

- potrebna vučna snaga traktora .....  $140 \text{ kW}$
- dubina rada .....  $900 \text{ mm}$
- radni zahvat .....  $600 \text{ mm}$
- dužina pluga .....  $5.750 \text{ mm}$
- širina pluga .....  $2.000 \text{ mm}$
- visina pluga .....  $2.500 \text{ mm}$
- masa pluga.....  $3.000 \text{ kg}$



Sl. 2. Obrtni plug rigoler OR-206

Okretanje pluga je hidrauličko, a zakretanje na poteznici je za  $24^\circ$ . Sigurnosna kabina na traktoru omogućava siguran, bezbedan rad, kao i ergonomске uslove za rad traktoriste.

Može se konstatovati da u našim uslovima je ovo za sada najbolja i najpouzdanija kombinacija mašinskog agregata za rigolovanje zemljišta.

### 3. REZULTATI ISPITIVANJA SA DISKUSIJOM

Ispitivanje navedenog traktorskog-mašinskog agregata (traktor guseničar TG-220 sa obrtnim plugom rigolerom OR-206-"Lemind") je izvedeno na nekoliko lokaliteta na parcelama gazdinstva PKB "Voćarske plantaže" u Begaljici. Preovlađujući tip zemljišta je smonica i varijeteti smonice i gajnjače. U tabeli 1 su dati stanje zemljišta u kojima su urađena ispitivanja, kao i zapreminska masa zemljišta.

Tab. 1. Vlažnost zemljišta i zapreminska masa

Redni broj	Merno mesto	% vlage	Zap. masa ( $g/cm^3$ )
1.	Površina	21.77	1.364
2.	Dubina 5 cm	22.96	1.489
3.	Dubina 10 cm	22.69	1.420

Vučne karakteristike mašinskog agregata date su u tab. 2.

Tab.2. Vučne karakteristike traktora TG – 220 u agregatu sa plugom OR-206  
(rad na strnjici)

Broj ponavljanja	Brzina kretanja ( $m/s$ )	Vučni otpor ( $daN$ )	Klizanje gusenica (%)		Vučna snaga ( $kW$ )	Koef. korisnog dejstva	Radni zahvat (cm)		Popreč. presek plastice ( $cm^2$ )	Specifični otpor zemljišti ( $N/cm^2$ )	Učinak za 1h rada ( $m^2$ )
			Leva	Desna			Širina	Dubina			
1	0,75	9.697	6,11	5,22	72,96	0,52	66	69	4.554	21,2	1.752
2	0,72	8.880	7,64	7,64	64,16	0,46	60	72	4.320	20,5	1.561
3	0,78	8.961	7,26	8,22	69,95	0,50	70	68	4.760	18,8	1.967
4	0,71	7.980	5,46	4,36	56,30	0,40	68	69	4.692	17,0	1.727
5	0,84	8.970	5,40	8,32	76,00	0,54	58	70	4.060	22,1	1.769
6	0,72	9.330	6,11	6,11	67,12	0,48	63	80	5.040	18,5	1.964
7	0,78	12.000	6,21	6,21	93,67	0,67	76	74	5.624	11,3	2.136
8	0,74	10.800	6,25	6,25	80,10	0,57	66	84	5.544	19,4	1.726
9	0,82	13.060	7,84	7,84	108,11	0,77	66	72	4.752	27,4	1.967
10	0,86	11.800	7,65	7,65	102,27	0,73	70	74	5.180	22,7	2.184
–X	0,77	10.144	6,88	6,78	77,59	0,56	66	73	4.831	21,00	1.841

Analizom tabele 2. uočava se uočiti da je prosečna brzina agregata bila  $0,77 m/s$  a prosečan učinak za 1 h rada iznosio  $1.841 m^2$ . Ako se uzme u obzir da je u pitanju veoma teška operacija gde vični otpori iznose  $13.060 daN$ , može se konstatovati da je učinak zadovoljavajući. Značajno je uočiti da je u 10-om ponavljanju pri brzini od  $0,86 m/s$  i poprečnom preseku plastice od  $5.184 cm^2$  ostvaren je najveći učinak pri čemu vučni otpor ima znatnu vrednost od  $11.800 daN$ . Približna vrednost učinka ostvarena je i u 7-om ponavljanju sa manjom brzinom ( $0,78 m/s$ ) i manjim stepenom korisnosti ( $0,67$ ).

To se može objasniti činjenicom da vrednost specifičnog otpora zemljišta kod ovog ponavljanja je najmanja ( $11,3 \text{ N/cm}^2$ ), veći poprečni presek plastiće ( $5,624 \text{ cm}^2$ ) i relativno manjim procentom klizanja gusenica (6,11%) za te vrednosti brzine.

Na osnovu rezultata se može konstatovati da na povećanje vučnog otpora pored specifičnog otpora zemljišta utiče i povećanje poprečnog preseka plastiće. Veći procenti klizanja gusenica su kod većih brzina kretanja agregata. Najveći vučni otpor je dobijen u 9-om ponavljanju ( $13,060 \text{ daN}$ ) gde je i najveće klizanje gusenica (7,84%). Veći stepeni korisnosti su u područjima većih brzina kretanja ali nije prisutna proporcionalnost. Najmanja vrednost vučne snage je zabeležena u 4-om ponavljanju ( $56,3 \text{ kW}$ ) gde je i najmanji vučni otpor što se objašnjava činjenicom da su ostvareni najmanji proseci klizanja leve i desne gusenice i kao i relativno mali specifični otpor zemljišta ( $17 \text{ N/cm}^2$ ).

Rezultati snimanja strukture radnog vremena hronografijom i hronometrijom, tokom ispitivanja agregata u datim uslovima, prikazani su u tabeli 3.

Tab. 3. Struktura korišćenja radnog vremena

Struktura ranog vremena	Trajanje rada	
	[min]	[%]
1. Radno vreme	720	100,00
2. Proizvodno vreme	488	67,78
3. Neproizvodno vreme	176	24,44
- priprema agregata	52	7,22
- odlazak i povratak sa mesta rada	17	2,36
- okret na uvratinama	71	9,86
- povremen odmori	8	1,11
- doručak i ručak	28	3,89
4. Gubici vremena	56	7,78
- organizatorski	-	-
- tehnički	-	-
- meteorološki	30	4,17
- ostali	26	3,61

Dobijeni rezultati strukture korišćenja radnog vremena tab. 3. pokazuju da je proizvodno vreme 67,78%, a da je neproizvodno vreme 22,44%, dok gubitke čini 7,7%. Uočava se da u strukturi najveći procenat neproizvodnog vremena odlazi na okreće na uvratinama 9,86%, zatim na pripremu agregata za rad i usipanje goriva 7,22%. Vreme doručka i ručka iznosilo je 3,89%, odlazak i povratak sa mesta ogleda 2,36% a povremen odmori činili su samo 1,11%. Gubici vremena zbog meteoroloških uslova su bili 4,17% a sve ostale gubitke vremena utrošeno je 3,61%.

Analiza strukture korišćenja radnog vremena pokazuje da nije dolazilo do gubitaka vremena na organizaciju eksperimenta kao i gubitaka vremena iz tehničkih razloga što upućuje na zaključak o dobroj organizaciji eksperimenta i tehničkoj pouzdanosti ispitivanog agregata.

Osnovni eksplotacioni parametri agregata prikazani su u tabeli 4.

Iz tabele 4, gde su prikazani eksplotacioni parametri, uočava se da je za trajanje radnog dana od  $12 \text{ h}$ , agregat postigao sledeće: proizvodno vremena  $8 \text{ h}$  i  $13 \text{ min}$ ; učinak  $1,47 \text{ ha}$  pri brzini kretanja  $2,77 \text{ km/h}$ ; radnu širinu u proseku  $67 \text{ cm}$  i prosečnu dubinu

74 cm. Kao osnovni pokazatelj utroška energije za pogon agregata praćena je potrošnja goriva koja je za date uslove iznosila 178 l/ha odnosno 21,83 l/h ukupnog vremena što iznosi 32,23 l/h proizvodnog vremena. Ako se navedeni utrošak dizel goriva pomoću odgovarajućih koeficijenata prevede na vrednosti potrošnje energije po jedinici površine dobija se vrednost od 262 kWh/ha za dubinu rigolovanja od 74 cm što predstavlja specifičnu potrošnju od 0,035 kWh/m<sup>3</sup>. Poređenjem specifičnog utroška sa rezultatima ispitivanja /5/ za približne uslove zemljišta uočava se da u našem slučaju ta vrednost je za oko 9% veća. To se može objasniti činjenicom da je veća potrošnja energije uslovljena većom masom pluga obrtača kao i efektom tz. kose vuče koja se javlja kog guseničara koji se u radu kreću van brazde.

Tab. 4. Eksplotacioni pokazatelji

Pokazatelji	Veličina	Jedinica mere
1. Trajanje radnog vremena	12,00	h
2. Trajanje proizvodnog vremena	8,13	h
3. Učinak	1,47	ha
- učinak za 1 sat radnog vremena	0,12	ha
- učinak za 1 sat proizvodnog vremena	0,18	ha
4. Radna brzina	2,77	km/h
5. Radni zahvat		
- širina	67,00	cm
- dubina	74,00	cm
6. Utrošak goriva (za 12 ha)	262,00	l
- utrošak po hektaru	178,00	l
- utrošak po 1 h radnog vremena	21,83	l
- utrošak po 1 h proizvodnog vremena	32,23	l

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu ispitivanja traktora guseničara TG-220 u agregatu sa hidrauličkim obrtnim plugom OR-206, praćenja rezultata drugih autora kao iskustava do kojih se došla u praksi, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- da je potrebna velika vučna sila, što je posledica velikih vučnih otpora;
- da je u konkretnom slučaju ostvaren značajan učinak za 1 h efektivnog rada 0,19 ha obzirom da se radi o veoma teškoj radnoj operaciji;
- da prema svim ispitanim pokazateljima i dobijenim rezultatima može se preporučiti našoj proizvodnoj praksi uspešna primena mašinsko-traktorskog agregata (traktor guseničar TG-220 i OR-206 – plug rigoler) za obavljanje rigolovanja zemljišta u pripremi za podizanje višegodišnjih zasada.

Obzirom na nužnu racionalizaciju utroška energije u obradi, rigolovanje treba uskladiti prema uslovima zemljišta tako da duboku obradu za podizanje višegodišnjih zasada obavljati na sledeće načine :

- na lakinim (peskovitim) tipovima zemljišta dovoljno je obaviti podrivanje zemljišta;
- na srednjim tipovima zemljišta (gajinjača, podzol i dr.) obaviti rigolovanje zemljišta plugovima-rigoleringima u tipu obrtača;
- na težim i teškim zemljištima (smonice, ilovače) najpre je neophodno obaviti podrivanje a nakon toga rigolovanje čime se znatno smanjuju otpori rigolovanja.

## LITERATURA

- [1] Brčić J. i saradnici (1996): Mehanizacija u voćarstvu i vinogradarstvu, Agronomski fakultet, Zagreb.
- [2] Čorović R. (2001): Osnove fizike zemljišta, Poljoprivredni fakultet, Beograd
- [3] Đukić N. (2004): Mogućnosti uštede energije kod obrade voćnjaka i vinograda, revija Agronomika saznanja, br. 6, str. 3-6. Novi Sad.
- [4] Živković M., Urošević M., Komnenić V. (1995): Mogućnosti obrade zemljišta i unošenje mineralnih đubriva u vinogradima, Poljotehnika, br. 5-6, str. 45-48, Beograd.
- [5] Živković M., Radivojević D., Urošević M., Dražić Dragana (2006): Izbor TMA za duboku obradu zemljišta pri podizanju višegodišnjih zasada, Poljoprivredna tehnika, XXXI br. Beograd, 55-61.
- [6] Nenić P., i dr. (1987): Prilog proučavanju novih rešenja domaće proizvodnje u procesu rigolovanja zemljišta, Zbornik radova internacionalnog Simpozijuma mehanizacije SFRJ, Ohrid.

## EXPLOITATIONAL AND ENERGETIC ASPECTS OF SOIL PREPARATION FOR ORCHARD ESTABLISHMENT

**Milovan Živković<sup>1</sup>, Dušan Radivojević<sup>1</sup>, Mirko Urošević<sup>1</sup>,  
Vaso Komnenić<sup>2</sup>, Dragana Dražić<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun*

<sup>2</sup>*Instutut PKB Agroekonomik, Padinska Skela-Beograd*

<sup>3</sup>*Istitut za šumarstvo, Beograd*

**Abstract:** Intensive soil preparation including both mechanical and human labour is required prior to the planting and establishment of orchards. Due to energy deficiency during the past years attention was focused on rational technology with the aim of decreasing energy input in the cultivation stage. Trenching up to 40 cm (in some cases up to 120 cm) is considered the most demanding operation in the soil cultivation stage. Attempts were made to substitute the trenching operation, however it is still the most important stage on some soil types in practice.

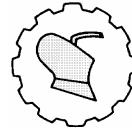
In our practice tenching is the traditional technology of soil cultivation for orchard establishment. It is of major importance for loosening the B clay horizont in heavy soil types. It also contributes to favourable conditions for the development of the root system.

The aim was to analyze the energetic aspect of trenching by determining fuel consumption per unit of time and cultivated area prior to orchard establishment. In addition, the structure of working hours was monitored as well. Also, technical features of the trenching aggregate were given.

The conclusion emerges that energy requirements in the trenching stage may amount to 250 kWh/ha at 72 cm cultivation depths. Therefore, attention should be focused on rational soil cultivation prior to orchard establishment.

**Key words:** orchard, energy, trenching, plough.





UDK: 621.647.2

## SPRAY COVERAGE ON APPLE LEAVES OBTAINED BY DIFFERENT NOZZLES AND ADJUVANTS

Richard Holownicki, Greg Doruchowski,  
Waldemar Gwiechowski, Artur Godyń

*Research Institute of Pomology and Floriculture, Skieriewice, Poland*

**Abstract:** The tendencies of increasing the droplet size to reduce the spray drift and emission of pesticides to the environment are observed recreantly. It can be confirmed by the increased interest of fruit growers in use of air-inclusion nozzles producing very coarse droplets ( $VMD=400-600 \mu\text{m}$ ). The influence of droplet size on biological efficiency of chemical protection was a subject of many earlier studies. Still there are doubts about recommending the use of coarse droplets for insecticide and acaricide applications. The poorer biological efficiency observed for air-inclusion than for the conventional nozzles can be explained by the lower spray coverage and spray density. In order to facilitate this recommendation the VarioWindSelect system of automatic adjustment of nozzles types according to the wind velocity was developed. The objective of the described experiment was to test this hypothesis and to compare the natural and artificial targets used for evaluation of spray coverage.

**Key words:** orchards, pesticide, nozzles, spray coverage, VarioWindSelect system.

### INTRODUCTION

The tendencies of increasing the droplet size to reduce the spray drift and emission of pesticides to the environment are observed recreantly. It can be confirmed by the increased interest of fruit growers in use of air-inclusion nozzles producing very coarse droplets ( $VMD=400-600 \mu\text{m}$ ). The influence of droplet size on biological efficacy of chemical protection was a subject of many earlier studies. A lower biological effect of herbicides applied with coarse droplets produced by air-inclusion nozzles was observed in field crops (Jensen, 2002; Wolf, 2000). Though, there were experiments showing that the coarse droplets gave a similar disease control in orchard as the fine ones, produced by the conventional hollow cone nozzles (Heinkel et al., 2000; Knewitz et al., 2002), there are still doubts about recommending the use of coarse droplets for insecticide and acaricide applications (Frießleben, 2003). The poorer biological efficacy observed for air-inclusion than for the conventional nozzles can be explained by the lower spray coverage and spray density. Therefore, to optimise spray application fine droplets should be used at a calm weather, and coarse ones at windy condition. In order to facilitate this recommendation the VarioWindSelect system of automatic adjustment of nozzle types according to the wind velocity was developed (Holownicki et al., 2004).

Though, the coarse droplets are less prone to drift, they have a higher tendency to rebound on the leaf surface and they give lower spray coverage than the fine ones and usually lower biological efficacy of the treatment. The adjuvants can reduce this disadvantageous effect. They have a very wide range of effects, such as surface wetting and droplet spreading, increasing rainfastness, changing the physical form of the deposits, increasing the biological activity and enhancing the penetration of active ingredient (Spanoghe et. al., 2002). The influence of spray liquid properties on droplet size and spray drift were also a subject of previous experiments. These results showed no consistent influence of spray characteristics on droplet size and spray drift. According to Butler Ellis & Tuck (2000) it is not possible to measure surfactant properties and predict the effect. It was found that all conventional adjuvants produce similar drift profiles at distances greater than 2 m from the nozzles and the formulation changes have no practical meaning (Butler Ellis & Bradley, 2002). The earlier experiments on the use of adjuvants were not sufficient to deduce on the influence of droplet size on spray coverage obtained by air inclusion nozzles assembled on the air-assisted orchard sprayers.

It has been assumed that the addition of adjuvants improve spray coverage obtained by coarse droplets from the air-inclusion nozzles compared to fine ones from conventional hollow cone nozzles. The objective of the described experiment was to test this hypothesis and to compare the natural and artificial targets used for evaluation of spray coverage.

## MATERIALS AND METHODS

Three nozzle sizes (01, 02, 03) and two nozzle types were compared: conventional hollow cone TR80 (Lechler) and flat fan air-inclusion ID90 (Lechler). The water solution of fluorescent tracer (Tinopal) at the concentration 1.5% was sprayed out with cross-flow sprayer with tangential fan (Holder) at a travel speed 7.2 km/h (fig. 1). Spray coverage was evaluated on 10 apple leaves (cv. Jonagold) and 10 WSP (Water Sensitive Paper), attached to the vertical frame. The samples were sprayed with the water solution of the fluorescent dye alone and with addition of three commonly used adjuvants: Agral 90 (polyethoxylated nonylphenol surfactant), Silwet L-77 (polyethoxylated heptamethyl trisiloxane) and Greemax (Alpha-butyl-omega-hydroxypoly block polymer).

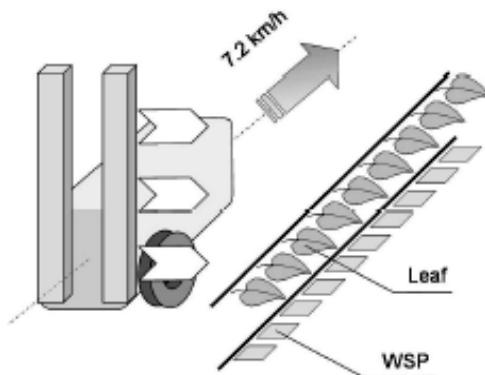


Figure 1. Layout of the outdoor tests

The first two were applied at the concentration 0.05; 0.1; 0.15% and the third one at 0.025; 0.05; 0.075%, according to recommendations. After the treatments the samples were digitally photographed in UV light.

The spray coverage on leaves (fig. 2) and WSP collectors, measured with image analysis system was presented as a percentage of target area covered by spray spots. The image analysis was also used to measure the droplet density expressed by the number of spots per unit area ( $n \text{ cm}^{-2}$ ).

*Table 1. Spraying parameters*

Nozzle type	Nozzle size	Pressure (bar)	Flow rate (l/min)	Size class* (BCPC)
Hollow cone TR80	01	0.66	0.54	Fine
	02	0.58	1.04	Fine
	03	0.55	1.54	Medium
Flat fan air-inclusion ID90	01	0.66	0.54	Very Coarse
	02	0.58	1.04	Very Coarse
	03	0.55	1.54	Very Coarse

(\*) – for tap water according to Lechler GmbH

*Table 2. Spray coverage (%) on apple leaves and water sensitive paper (WSP) for conventional hollow cone and flat fan air-inclusion nozzles at different adjuvants concentrations (2005)*

Target	Leaves				WSP			
	0	0.05	0.10	0.15	0	0.05	0.10	0.15
Spray L77	TR 80-01	6.5 a	9.8 bd	10.5 bd	11.0 d	10.0 c	11.0 c	9.8 c
	ID 90-01	6.7 a	11.5 o	8.5 ab	12.0 o	2.6 a	5.2 ab	5.8 bc
	TR 80-02	9.2 ab	14.2 od	15.1 od	14.6 od	7.7 a	18.3 bd	10.8 ab
	ID 90-02	8.0 a	11.7 bd	16.5 d	17.6 d	13.0 ac	20.0 cd	22.2 d
	TR 80-03	12.8 b	13.8 bo	13.5 bo	16.9 o	15.5 a	15.6 a	18.7 a
	ID 90-03	7.3 a	14.8 bo	16.4 bo	14.9 bc	14.4 a	10.0 a	10.4 a
R	TR 80-01	6.5 a	19.9 o	14.2 b	21.4 o	10.0 c	7.9 ac	7.2 so
	ID 90-01	6.7 a	10.5 b	14.0 b	14.6 b	2.6 a	3.7 ab	6.9 ac
	TR 80-02	9.2 a	17.2 b	16.8 b	16.2 b	7.7 ab	12.1 ab	9.9 ab
	ID 90-02	8.0 a	16.8 b	15.2 b	16.0 b	13.0 b	9.7 ab	8.4 a
	TR 80-03	12.8 b	21.2 ce	20.7 oo	22.6 do	15.5 bc	18.2 bc	14.8 bc
	ID 90-03	7.3 a	17.6 od	16.3 bo	24.7 o	14.4 bc	5.8 a	7.8 ab
Gromex	Concentration (%)	0	0.025	0.05	0.075	0	0.025	0.05
	TR 80-01	6.5 a	17.5 d	16.6 od	16.7 d	10.0 b	6.2 ab	8.8 ab
	ID 90-01	6.7 a	9.6 ab	11.9 bo	14.5 od	2.6 a	6.8 ab	8.1 ab
	TR 80-02	9.2 a	19.9 bo	16.2 b	23.9 o	7.7 a	10.7 a	8.8 a
	ID 90-02	8.0 a	16.7 b	16.9 b	17.6 b	13.0 a	14.3 a	16.2 a
	TR 80-03	12.8 b	17.9 cd	17.6 od	27.7 o	15.5 a	13.1 a	19.8 a
	ID 90-03	7.3 a	19.8 od	16.2 bo	21.4 d	14.4 a	18.1 a	12.4 a

Values in columns for the same adjuvant and nozzle size followed by the same letter do not differ significantly (Duncans Multiple Range Test, P<0.05).

## RESULTS AND DISCUSSION

In general there were no significant influence of nozzle type on spray coverage on apple leaves. Only for the treatments without addition of adjuvants a higher spray coverage was observed for the biggest conventional hollow cone nozzles (03) than for air-inclusion ones.

The adjuvants even at the lowest concentration considerably increased the coverage on leaves. The higher adjuvant concentrations brought only the slight increase of leaf coverage by spray liquid. By the increased spreading of spray droplets on the target the adjuvants almost doubled the spray coverage obtained by the air-inclusion nozzles. Much smaller increase of coverage was observed for conventional hollow cone nozzles. No influence of adjuvants on spray coverage on WSP was observed due to the properties of the target surface. Therefore artificial targets are less suitable for spray coverage measurements.

*Table 3. Droplets density ( $n/cm^2$ ) on apple leaves and water sensitive paper (WSP) for conventional hollow cone and flat fan air-inclusion nozzles at different adjuvants concentrations*

Target	Leaves				WSP				
	Concentration (%)	0	0.05	0.10	0.15	0	0.05	0.10	0.15
Silwet L-7	JR 80-01	122 d	116 cd	110 cd	104 d	84 b	127 c	175 d	95 b
	JD 90-01	35 a	47 a	70 b	38 a	32 a	32 a	21 a	43 a
	JR 80-02	100 o	113 d	94 o	104 cd	82 b	129 c	108 b	147 c
	JD 90-02	44 a	68 b	40 a	36 a	23 a	19 a	29 a	40 a
	JR 80-03	101 d	114 d	105 d	103 d	128 c	80 b	135 c	132 c
	JD 90-03	35 a	69 bc	61 b	70 bc	41 a	26 a	29 a	35 a
Agral 90	JR 80-01	122 d	108 d	84 o	114 d	84 bd	98 cd	85 ac	122 d
	JD 90-01	35 a	47 a	75 bc	63 b	32 ab	14 a	45 ac	20 a
	JR 80-02	100 cd	90 o	112 d	101 od	82 b	88 b	88 b	84 b
	JD 90-02	44 a	68 b	44 a	57 ab	23 a	30 a	20 a	32 a
	JR 80-03	101 d	86 o	105 d	88 o	128 c	112 c	121 c	80 b
	JD 90-03	35 a	60 b	57 b	60 b	41 ab	25 a	28 ab	67 b
Gardmax	Concentration (%)	0	0.025	0.05	0.075	0	0.025	0.05	0.075
	JR 80-01	122 d	133 d	155 o	92 o	84 bc	98 cd	129 do	145 o
	JD 90-01	35 a	73 b	67 b	39 a	32 a	27 a	44 ab	21 a
	JR 80-02	100 d	140 o	130 o	90 od	82 b	89 b	135 c	117 bo
	JD 90-02	44 a	72 bc	78 bc	67 b	23 a	28 a	28 a	31 a
	JR 80-03	101 do	117 od	1311	97 d	128 c	92 b	170 c	147 c
	JD 90-03	35 a	85 od	76 o	55 b	41 a	29 a	19 a	47 a

The droplet density (Table 3), expressed by the number of spots per unit area, can be a complementary measure of spray treatment quality. The two or three fold higher spray densities were observed for tap water and conventional hollow cone nozzles than for air inclusion ones. The addition of adjuvant at the lowest concentration noticeably increased the spot density for air-inclusion nozzles, except Silwet nad Agral application with 01 nozzles.

The reduction of spot densities were observed for some treatments at maximum concentration in comparison to the lower ones due to spot overlap caused by increased spreading of spray drops. Increased spot density for the air-inclusion nozzles at the same flow rate can be explained by the reducing of droplet size. Though, the droplets size and spray drift were not measured in the presented experiments, the previous studies showed, that Agral (0.1%) decreased VMD of droplets produced by 02 Inject nozzles by more than 10% (Powell et al., 2002) and the formulation changes for air-inclusion nozzles were of no practical significance on spray drift (Butler Ellis & Bradley, 2002). It means that the enhancement of spray coverage were mainly due to the altered properties of spray liquid and the addition of adjuvants can be a way to improve spray coverage without increasing spray drift.

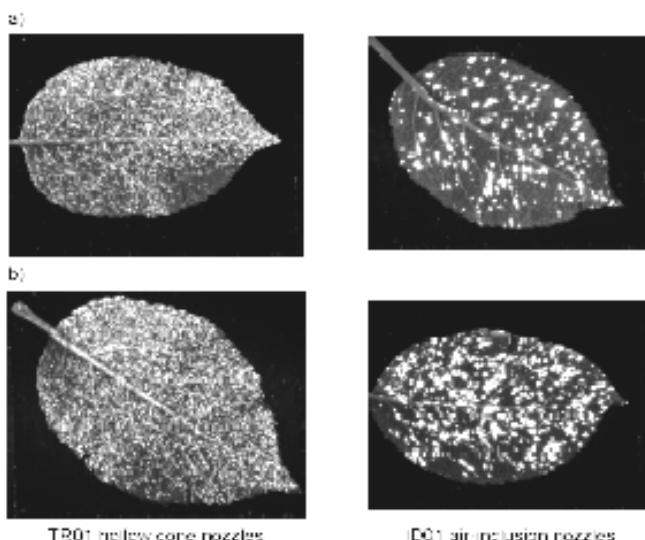


Figure 2. Spray coverage on apple leaves (examples):  
a) without adjuvant, b) with adjuvant

Significantly higher spot densities on WSP were observed for conventional hollow cone nozzles. However, the addition of adjuvants did not bring any noticeable effect on droplet density. The measurements made on leaves were more reliable than those on WSP and showed sharper differences in spray coverage between conventional hollow cone and flat fan air-inclusion nozzles.

## CONCLUSION

The presented study showed that the adjuvants applied with air-inclusion nozzles improve the spray coverage on apple leaves. It may have both biological and ecological impact. Measurement of spray coverage on leaves gave more contrasting results. Analysis of digital image of fluorescent tracer coverage on leaves can be used as a method to study the influence of adjuvants on spray treatment quality.

## REFERENCES

- [1] Butler Ellis M.C., Tuck C.R. 2000. The variation in characteristics of air-included sprays with adjuvants. *Aspects of Applied Biology* 57, 155-162.
- [2] Butler Ellis M.C., Bradley A. 2002. Influence of formulation on spray drift. *Aspects of Applied Biology* 66, 251-258.
- [3] Frießleben R. 2003. Influence of coarse droplet applications via injector nozzles on biological efficacy in apple production. VII Workshop on Spray Application in Fruit Growing, Cuneo (Italy), 109-115.
- [4] Heinkel R., Fried A., Lange E. 2000. The effect of air injector nozzles on crop penetration and biological performance of fruit sprayers. *Aspects of Applied Biology* 57, 301-307.
- [5] Holownicki R., Doruchowski G., Gwiechowski W., Godyn A. 2004. VarioWindSelect system for\automatic adjustment of nozzle type to the wind velocity in order to decrease spray drift in orchard. 7th International ATW-Symposium on Technology Application in Horti- and Viticulture. Stuttgart 10-11.05.2004, 36-42.
- [6] Jensen PK. 2002. Influence of air-assistance to flat fan and air-induction nozzles and the use of nozzle sledge on the activity of haloxyfop against ryegrass. *Aspects of Applied Biology* 66, 73-78.
- [7] Knewitz H., Weisser P., Koch H. 2002. Drift-reducing spray application in orchards and biological efficacy of pesticides. *Aspects of Applied Biology* 66, 231-236.
- [8] Powell E.S., Orson J.H., Miller P.C.H., Kudsk P., Mathiassen S. 2002. Defining the size of target for air induction nozzles. *Aspects of Applied Biology* 66, 65-72.
- [9] Spanoghe P., Steurbaut W., Van der Meer P. 2002. The effect of adjuvants on spray performance by use of nozzles with different orifices. *Aspects of Applied Biology* 66, 251-256.
- [10] Wolf T.M. 2000. Low-drift nozzle efficacy with respect to herbicide mode of action. *Aspects of Applied Biology* 57, 29-34.

## UTICAJ TIPOVA RASPRŠIVAČA I ADITIVA NA EFIKASNOST PRIMENE PESTICIDA U ZASADIMA JABUKE

**Richard Holownicki, Greg Doruchowski,  
Waldemar Gwiechowski, Artur Godyń**

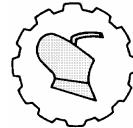
*Research Institute of Pomology and Flirculture, Skieriewice, Poland*

**Sadržaj:** U skorije vreme se primećuje tendencija povećanja veličine kapi radi smanjenja drifta i smanjenja emisije pesticida u životnu sredinu. Ovo se može potkrepliti činjenicom da se sve veći broj proizvodača voća interesuje za raspršivače lepezastog mlaza koji proizvode grubi sprej ( $VMD=400-600 \mu m$ ). Veliki broj autora se bavio proučavanjem uticaja veličine kapi na biološku efikasnost hemijskih sredstava za zaštitu bilja. Ipak, još uvek postoje sumnje kada se radi o preporučivanju grubih sprejeva u aplikaciji insekticida i akaricida. Slabiji biološki efekat raspršivača sa lepezastim mlazom u odnosu na konvencionalne raspršivače se može objasniti slabijim prekrićem i gustinom spreja. Kako bi se olakšala ovakva preporuka, razvijen je VarioWindSelect sistem za automatsko podešavanje tipa raspršivača u zavisnosti od jačine vetra.

Cilj opisanog eksperimenta je da se ispita ova hipoteza i da se uporede prirodne i veštačke mete koje su korišćene za ocenu prekrića. Ispitivanje je obuhvatilo tri veličine raspršivača (01, 02, 03) i dva različita tipa raspršivača - konvencionalni sa šupljim konusom TR80 (Lechler) i raspršivač sa ravnim lepezastim mlazom ID90 (Lechler). U vodenim rastvor je stavljena fluorescentna trejser (Tinopal) u koncentraciji 1.5%. Tokom ispitivanja je korišćen orošivač sa tangencijalnim ventilatorom (Holder) koji se kreće brzinom 7.2 km/h. Prekriće je ocenjeno na 10 listova jabuke sorte Jonagold i na 10 testnih papira WSP (Water Sensitive Paper) postavljenih na vertikalnom ramu.

**Ključne reči:** voćarski zasadi, pesticidi, raspršivači, prekriće, VarioWindSelect system.





UDK: 626.843

## UTICAJNI FAKTORI NAVODNJAVANJA KIŠENJEM NA NAGIBIMA

**Milan Đević, Rajko Miodragović, Zoran Mileusnić**

*Poljoprivredni fakultet - Beograd*

**Sadržaj:** Intenzivna biljna proizvodnja nezamisliva je bez navodnjavanja. U prilog ovoj činjenici ide i podatak da se u svetu navodnjava 18% ukupno obradivih površina sa kojih se dobija isto onoliko poljoprivrednih proizvoda kao sa ostalih oko 6 puta većih nenavodnjavanih površina. U našoj zemlji navodnjava se ispod realnih mogućnosti i stvarnih potreba, obavlja se na malim površinama i ne utiče posebno na obim poljoprivredne proizvodnje. Navodnjavanje kišenjem na nagibima ima veliki značaj obzirom na potencijal brdskog područja u Srbiji. Specifičnosti uzrokovane ograničenjima u radu na nagibu, pre svega sprečavanju izazivanja erozije, direktno se reflektuje na izbor i režim rada sistema za navodnjavanje.

**Ključne reči:** *navodnjavanje na nagibima, ravnomernost rasporeda vodenog taloga, rasprskivači, kišenje.*

### UVOD

Brdsko-planinsko područje Srbije predstavlja vrlo značajan poljoprivredni kapacitet. Naime, od 2.000.000 ha oraničnih površina polovina se nalazi u ovom području. Posebno interesantne za odvijanje intenzivnije biljne proizvodnje su površine do 500 m nadmorske visine, odnosno brdsko područje, jer u proizvodnom smislu predstavljaju pravu alternativu tradicionalnim žitorodnim regionima.

Opšte karakteristike brdskog područja kao što su mali i razbacani posedi, nepravilno oblikovane parcele i relativna ekonomska moć poljoprivrednih proizvođača su realna, ali i relativna ograničenja intenzivnije proizvodnje. Međutim, nagib terena kao opšta karakteristika područja unosi niz specifičnosti u poljoprivrednu proizvodnju posebno sa aspekta primene tehničkih sistema biljne proizvodnje. U tom smislu sa izvođenjem prilagođenih sredstava mehanizacije postignuti su početni rezultati. Međutim, poseban značaj daje se sistemima za navodnjavanje, jer se javljaju kao bitan uslov intenziviranja proizvodnje pre svega zbog direktnog uticaja na uslove proizvodnje kroz "aktiviranje" postojećih vodenih resursa.

## 1. CILJ RADA

Na nagibima sa složenim reljefom metod navodnjavanja kišenjem predstavlja vrlo vredno praktično rešenje. U uslovima navedene nadmorske visine i nagiba do 25% kao tipičnih odlika brdskog područja ovaj metod navodnjavanja se sučeljava, na primer sa sledećom strukturu površina (tabela 1).

Prikazani potencijal, uz poznati značaj navodnjavanja i karakteristike kišenja kao metode, potencira nužnost poznavanja uslova korišćenja tehničkog sistema kišenja na nagibima. Prilagođavanje ove metode navodnjavanja specifičnostima nagiba rezultira karakterističnom tehničkom realizacijom koja mora biti jasno definisana u funkciji sprečavanja erozije, ali i proizvodnosti agregata. Definisane osnovne tehničke i eksplotacione parametara primene navodnjavanja kišenjem na nagnutim terenima i nivo njihovog uticaja je primaran zadatak.

Tab. 1. Površinska struktura nagiba nadmorske visine do 500 m u Srbiji

Nagib (%)	Površina	
	ha	%
0 - 5	734.400	28,38
5 - 10	56.400	2,18
10 - 15	194.900	7,53
15 - 20	553.700	21,40
20 - 25	28.200	1,08
25 - 30	214.900	8,30
30 - 35	267.800	10,35
35 - 40	194.600	7,52
40 - 45	81.700	3,16
45 - 50	260.800	10,10
Ukupno	2.587.400	100

## 2. METOD RADA

Specifičnosti primene metode kišenja su razmatrane kroz utvrđivanje uticaja sledećih pokazatelja:

- nagiba terena ( $\alpha$ )
- nagiba cevi mlaznice rasprskivača ( $\theta$ )
- odnosa pritiska i prečnika mlaznice ( $H/d$ )
- načina kretanja rasprskivača (kružni i sektorski)
- visine postolja rasprskivača ( $h$ ).

Navedeni parametri su posmatrani sa aspekta pojedinačnog i interaktivnog delovanja na:

- radijuse dejstva uz nagib, niz nagib i popreko ( $R_v, R_n, R_p$ )
- ostvarene zalivne površine pri kišenju uz i niz nagib ( $P_v$  i  $P_p$ )
- mogući intenzitet kišenja ( $i$ )
- ravnomernost rasporeda vodenog taloga.

U tabeli 2. su prikazani razmatrani parametri po varijantama

Tab. 2. Parametri po varijantama

Parametar i jed. mere	V a r i j a n t e						
H (mVS)	30,	40,	50,	60,	70,	80,	90,
d (mm)	15,	20,	30,	35,	40,	45,	50,
h (m)	0,5,	1,	2,	3,			
$\alpha$ (0)	0,5,	10,	15,	20,	25,		

Ugao nagiba mlaznice rasprskivača, odnosno mlaza ( $\theta$ ) je određivan u funkciji  $\alpha$ ,  $H/d$  i načina kretanja rasprskivača.

### 3. TEORIJSKE PRETPOSTAVKE

Polazne pretpostavke se baziraju na tipičnom slučaju navodnjavanja kišenjem na nagibu, putanji i dometu mlaza.

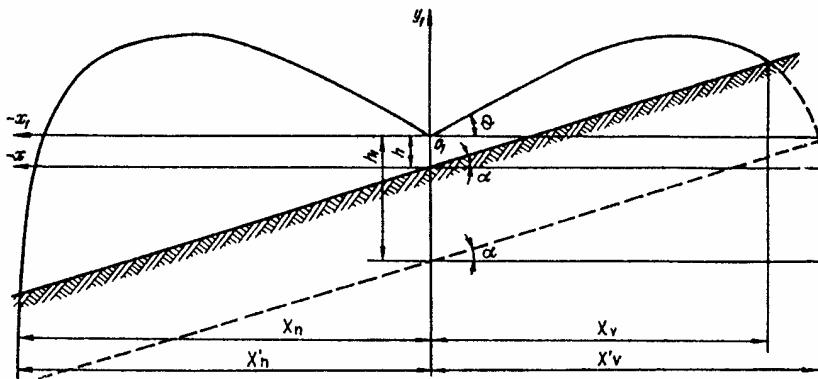
Na osnovu jednačine nagiba i jednačine putanje mlaza mogu se računski odrediti koordinate  $X_v$  i  $X_p$ , na osnovu kojih se mogu izračunati radijusi dejstva rasprskivača uz ( $R_v$ ) i niz ( $R_n$ ) nagib:

$$R_v = \frac{X_v}{\cos \alpha}$$

$$R_n = \frac{X_n}{\cos \alpha}$$

Radius dejstva popreko na nagib ( $R_p$ ) odgovara slučaju za  $\alpha = 0$  i predstavlja srednju vrednost  $R_v$  i  $R_n$ , odnosno:

$$R_p = \frac{R_v + R_n}{2}$$



Sl. 1. Putanja i domet mlaza pri kišenju na nagibu

Na osnovu izvedenih radijusa  $R_v$  i  $R_n$  su izvedene ostvarive zalivne površine ( $P_v$  i  $P_n$ ) u uslovima različitih varijanti nagiba mlaznice.

Ugao nagiba mlaznice  $\theta$  izведен je za slučajeve kišenja uz nagib ( $\theta_v$ ) i niz nagib ( $\theta_n$ ) u funkciji načina kretanja (kružno ili sektorski), nagiba ( $\alpha$ ) i režima rada (H/d), na način prikazan u tabeli 3.

Tab. 3. Uslovi izvođenja nagiba mlaznice

Način kretanja rasprskivača	$\alpha (0)$	H/d	Nagib mlaznice
Kružni	0 - 5	1000 - 3000	$\theta_v = \theta_p + \alpha/2$
	5 - 10	1500 - 3000	
Sektorski	10 - 15	2000 - 3000	$\theta_n = \theta_p$
	15 - 25	2000 - 3000	

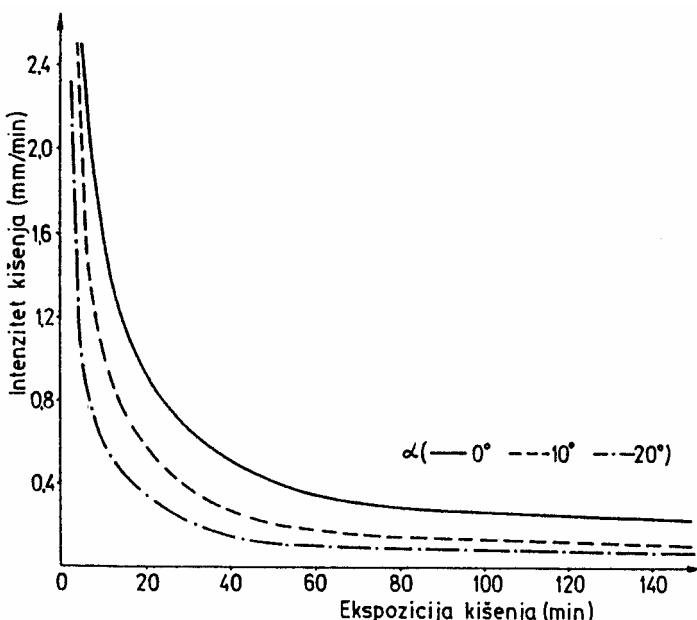
$\theta_p$  - optimalni ugao nagiba mlaznice za navodnjavanje horizontalne površine

#### 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Pojedinačno i interaktivno uslovljavanje procesa kišenja na nagibima razmatrano je u odnosu na manifestacije ovog metoda na horizontalnim površinama.

##### 4.1. Odnos ekspozicije i intenziteta

Zakonomernost opadanja mogućeg intenziteta kišenja sa produžavanjem radnog procesa, zapažena na horizontalnim površinama, prisutna je i na nagibima uz napomenu da se sa povećanjem nagiba zavisnost premešta u oblasti nižih vrednosti trajanja i mogućeg intenziteta zalivanja.

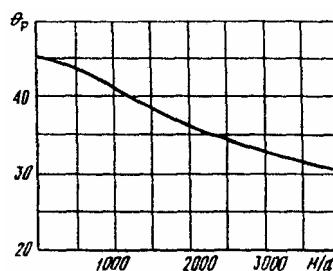


Sl. 2. Uslovljenost ekspozicije i intenziteta kišenja na nagibima

Uporedna ispitivanja na zemljištima srednjih fizičko-mehaničkih svojstava su pokazala da se u uslovima regulisanog intenziteta zalivanja, sa direktnim uticajem na trajanje radnog procesa, može ostvariti potpuno davanje obroka zalivanja do  $280 \text{ m}^3/\text{ha}$ , bez prekida, pri povećanju nagiba od  $5^\circ$  na  $15^\circ$ , pri čemu je ekspozicija iznosila 150 min, a regulisani intenzitet kišenja je smanjen od 0,18 mm/min na 0,10 mm/min.

#### 4.2. Ugao nagiba mlaznice rasprskivača

Pri kišenju horizontalnih površina optimalni ugao mlaznice rasprskivača ( $\theta_p$ ) je pre svega uslovljen režimom rada (slika 3).



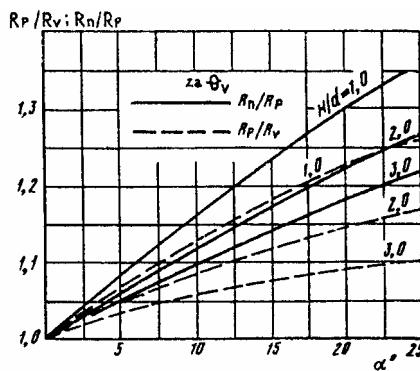
Sl. 3. Zavisnost optimalnog ugla mlaznice  $\theta_p$  od odnosa  $H/d$  na horizontalnim površinama

Uz prethodno navedene uslove (tabela 2) i poštovanje usvojenog srednjeg koeficijenta relativne neravnomernosti  $P_v/P_n = 0,77$ , minimalno, izvedene su vrednosti ugla nagiba mlaznice za slučajeve navodnjavanja na nagibu.

Tab. 4. Vrednosti ugla nagiba mlaznice za slučajeve navodnjavanja na nagibu

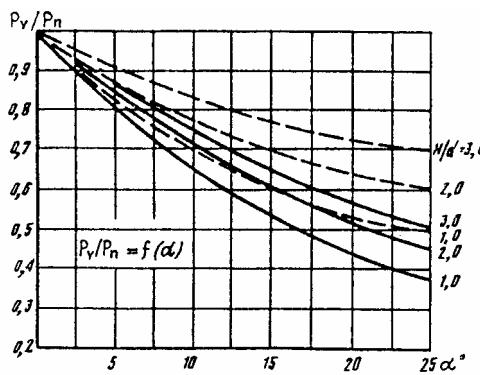
Način kretanja	$\alpha (^\circ)$	$H/d$	$\theta_v (^\circ)$	$\theta_n (^\circ)$
Kružno	0 - 5	1000 - 1500	41	-
		1500 - 2000	39	-
		2000 - 2500	37	-
		2500 - 3000	35	-
	5-10	1500 - 2000	41	-
		2000 - 2500	39	-
		2500 - 3000	37	-
	10 - 15	2000 - 2500	42	-
		2500 - 3000	40	-
Sektorski	15 - 25	2000 - 2500	-	35
		2500 - 3000	-	34

Optimalni ugao mlaznica u interakciji sa odnosom  $H/d$  veličinom nagiba, utiče na izražene koeficijente neravnomernosti kroz odnose radijusa dejstva rasprskivača u tri karakteristična položaja mlaza ( $R_v$ ,  $R_n$ ,  $R_p$ ).



Sl. 4. Zavisnost odnosa radijusa dejstva rasprskivača na nagibu, odnosa  $H/d$  i veličine nagiba pri optimalnom uglu mlaznice ( $\theta_v$ ).  $H/d$  je u hiljadama

Srednji koeficijent relativne neravnomernosti ( $P_v/P_n$ ), prema tome je uslovljen režimom rada ( $H/d$ ) i veličinom nagiba ( $\alpha$ ).



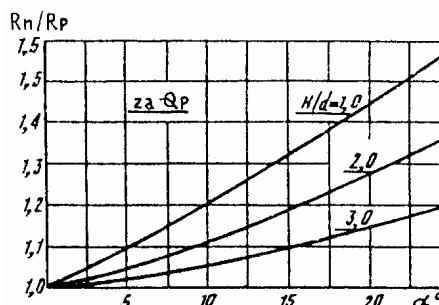
Sl. 5. Uticaj nagiba i odnosa  $H/d$  na veličinu srednjeg koeficijenta relativne neravnomernosti za stalne uglove mlaznice i to:  
 $P_v/P_n = f(\alpha)$

Sa povećanjem nagiba raste neravnomernost zalivanja sa napomenom, da je porast blaži u uslovima viših vrednosti  $H/d$ .

#### 4.3. Sektorsko kišenje

Primenjen kao način kretanja rasprskivača za nagibe iznad  $15^0$  podrazumeva neravnomernost polivanja izraženu odnosom radijusa dejstva rasprskivača niz nagib i popreko na njega ( $R_n$  i  $R_p$ ). Izražena neravnomernost je uslovljena režimom rada ( $H/d$ ) i veličinom nagiba ( $\alpha$ ).

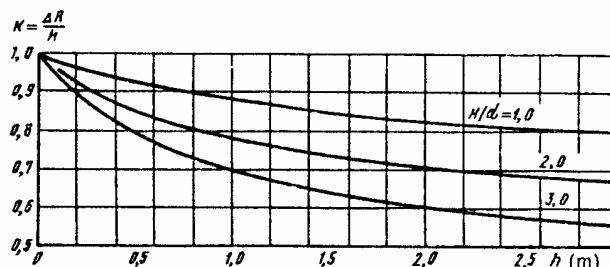
Neravnomernost zalivanja, pri sektorskom načinu kretanja rasprskivača, raste sa povećanjem nagiba i smanjenjem vrednosti odnosa  $H/d$ .



Sl. 6. Neravnomernost kišenja po sektoru u funkciji nagiba i režima rada, za nagib mlaznice optimalan za horizontalnu površinu ( $\theta_p$ ).  
H/d je dat u hiljadama

#### 4.4. Visina oslonca rasprskivača

Radius dejstva dodatno raste sa visinom oslonca rasprskivača, analogno sa kišenjem na horizontalnim površinama. Povećanje radijusa ( $\Delta R$ ) se može odrediti na osnovu dijagrama (slika 7) i odnosa  $\Delta R = K \cdot h$ .



Sl. 7. Zavisnost povećanja radijusa dejstva rasprskivača od visine oslonca i režima rada. H/d je dat u hiljadama

Podizanjem rasprskivača na horizontalnim zalinivim površinama ostvaruje se povećanje radijusa dejstva, pri čemu je ono više izraženo kod nižih režima rada.

### ZAKLJUČAK

Navodnjavanje kišenjem na nagibima ima veliki značaj obzirom na potencijal brdskog područja u Srbiji. Specifičnosti uzrokovane ograničenjima u radu na nagibu, pre svega sprecavanju izazivanja erozije, direktno se reflektuje na izbor i režim rada sistema za navodnjavanje.

Maksimalni, ostvarivi domeni i površine i proizvodnosti sistema, za datu intenzivnost, mogući su sa rasprskivačima promenljivih uglova nagiba mlaznice.

Najpovoljniju ravnomernost je moguće ostvariti sistemima promenljive brzine okretanja mlaznice. Ovim se značajno komplikuje konstrukcija rasprskivača, pa se time ističe značaj postojećih impulsnih sistema sa diskontinualnim radnim procesom. Pri tome su uslovi da vrednost srednjeg relativnog koeficijenta neravnomernosti ne bude manja od 0,77 i oblast nagiba mlaznice od  $34^\circ$  do  $43^\circ$ .

Sektorsko kišenje je povoljnija metoda kretanja rasprskivača za nagibe iznad  $15^0$ , za iste uslove režima rada.

Primena metode kišenja u uslovima nagnutih terena je više značno uslovljena i zahteva poštovanje svih relevantnih faktora.

## LITERATURA

- [1] Душинскиј Б.К. (1971): Дождевание на склонах, ВИСХОМ.
- [2] Кервашвили Д.К. (1976): Експерименталное дождевание на склонах, ВИСХОМ, 1976.
- [3] Марквардте В.М. (1963): Метод расчета основных параметров дождевольных аппаратов, ВИСХОМ.
- [4] Mićić J. (1983): Poljoprivredne mašine i uređaji, Poljoprivredni fakultet.
- [5] Stojićević D.: Navodnjavanje u poljoprivredi, Poljoprivredni fakultet.
- [6] Ćorović R. (1992): Projektovanje meliorativnih sistema. Poljoprivredni fakultet. Beograd.
- [7] Avakumović D. (1994): Navodnjavanje. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu.

Rezultati istraživačkog rada nastali su zahvaljujući finansiranju Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj, Republike Srbije, Projekat "Optimalna tehnološko tehnička rešenja za tržišno orijentisani biljni proizvodnju", evidencionog broja TP 6918.A, od 1.04.2005.

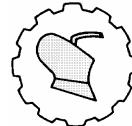
## FACTOR INFLUENCING IRRIGATION ON SLOPES

**Milan Đević, Rajko Miodragović, Zoran Mileusnić**

*Faculty of Agriculture - Belgrade*

**Abstract:** Intensive plant production can not be imagined without irrigation. Support to this fact is that 18% of the total arable land in the world is irrigated, and the agricultural production from this area is equal to the total production of agricultural products from the rest of non irrigated area, which is 6 times larger. Irrigation in our country is under the real possibilities and needs, is provided on small areas and doesn't influence significantly the agricultural production. Irrigation with raining on the slopes is very important because of potential of the hilly region in Serbia. Specific limitations of work on slopes, firstly because of protection from erosion, are directly influencing the selection and working regime of irrigation system.

**Key words:** *irrigation on slopes, ravnomernost rasporeda vodenog taloga, rasprskivači, kišenje.*



UDK: 621.796.5

## HARVEST AND STORAGE OF POTATOES IN BOXES

**Thomas Hoffmann<sup>1</sup>, Pavel Maly<sup>1</sup>, Christian Fürll<sup>1</sup>, Knut Scheibe<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Leibniz-Institute of Agriculture Engineering Potsdam-Bornim, Germany,*

<sup>2</sup>*Schöpstal Maschinenbau GmbH, Markersdorf, Germany*

**Abstract:** Often the potatoes are filled in storage boxes in field by the hopper of the harvester ("indirect box filling"). A high concentration of foreign material in the middle of the box is the result. To avoid mechanical loads on potatoes a special device for filling and transfer of pallet boxes was mounted on a potato harvester Grimme SE 150-60 ("direct box filling"). The question was how filling the boxes on the harvester affects the distribution of the foreign material in the box.

Potato boxes which were filled by direct and indirect box filling method were tipped out on a tipping station and the distribution of foreign material was determined. On a ventilation test rig the influence of the foreign material distribution on the air flow was investigated.

The boxes showed a variation coefficient of 46.6% for direct box filling, which was half that of indirect box filling (93.8%). The indirect filling included more loose soil than the direct filling because of disintegration of clods during the filling process. In case of direct box filling ventilation air flow even through the middle of the boxes was possible due to a very uniform distribution of loose soil.

**Key words:** potato, harvesting, storage, boxes.

### INTRODUCTION

In Germany table potatoes are stored loose in boxes or bulk stores. About 41% of store keepers use boxes to store table potatoes [1]. These farmers are aiming at a reduced mechanical load on the tubers.

Often the potatoes are filled in the storage boxes by a box filler on farm. This process includes a lot of mechanical impacts by handling, transport and storage. Therefore, farmers are tending to fill the potatoes into storage boxes immediately after harvesting [2, 3, 4]. The boxes are brought to the fields in transport vehicles and are filled by the harvester hopper. This method is called hereinafter "indirect box filling". Examinations of the distribution of foreign material have shown [5], that there was more than 30% more foreign material in the middle of the box than at the front and back side

of the box if the boxes were filled from the hopper of the harvester. It can be assumed, that the foreign material in the middle of the box effects negatively the ventilation.

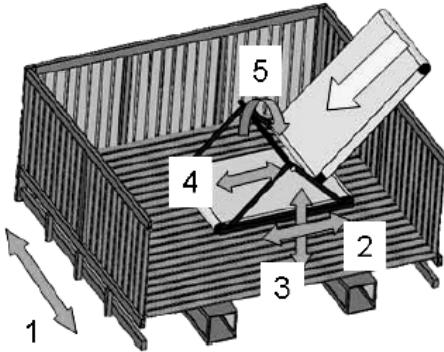
As already reported in a previous paper [6], a 2-row harvester Grimme SE 150 - 60 was equipped with a device for filling and transferring storage boxes on the harvester (Fig. 1). This process is described below as "direct box filling". The tubers are conveyed to the store in the boxes and taken into storage without any further tuber handling processes.

When the boxes are filled on the harvester, the box and feed belt are displaced in relation to each other several times (Fig. 2) so that the box is filled evenly in layers. As a consequence of this filling method it could be expected that the foreign material would not accumulate in the middle of the box, but instead that tubers and foreign material would be spread uniformly throughout the box.

The aim of our investigation was to clarify how filling the boxes on the harvester affects the distribution of the foreign material in the box.



*Fig. 1. Harvester Grimme SE 150 -60 with a device for filling and transferring the box (developed by Schoepstal Maschinenbau GmbH [7])*



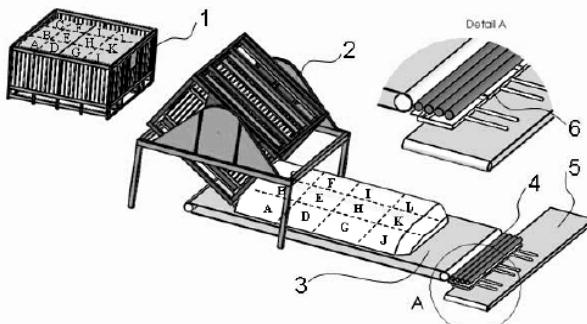
*Fig. 2. Box filled in layers by displacing the box (1) and filling belt (2), increasing the height of the filling belt (3), reversible conveyor device (4), adjustable angle of inclination (5)*

## MATERIAL AND METHODS

Our own investigations aimed to determine the distribution of foreign material inside the box for both direct and indirect box filling. The examinations were conducted in connection with practical trials of a Grimm SE 150-60 harvester with a box-filling facility [6, 7]. The harvester trials and examinations of foreign material distribution were conducted at Friewika Weidensdorf e.G. (Germany, Saxony). The company has storage capacity for approx. 30,000 t potatoes, including 15,000 t in boxes.

Five potato batches were selected for the examinations. In order to achieve comparable measuring conditions for the two box filling processes, the two methods – direct and indirect – were always applied on the same field at the same time. Thanks to good lifting conditions, the share of foreign material in the tuber batches was below 5%.

On a tipping station, in the years 2003 and 2004 altogether 40 boxes each with 4 t potatoes were tipped empty and the distribution of the foreign material was examined. Each tuber batch consisted of 8 boxes, in other words 4 boxes from direct filling and 4 boxes from indirect filling. The tipping line (Fig. 3) consisted of a tipping station (2) and a wide discharge belt (3), 5 m long and 2.7 m wide. After the boxes were tilted at the tipping station, the tubers were tipped from the box onto the slow-moving discharge belt, so that the harvested material spread over the entire length of the conveyor belt. The harvested material fell from this conveyor belt over 4 steel rollers (4) onto a belt running crossways (5). Thanks to the orderly emptying and distribution of the tubers on the discharge belt (3) it was possible to subdivide the mass of tubers lying on the belt into 12 hypothetical sections (A - L). Each section corresponded to one section in the filled box prior to tipping. The rollers (4) at the end of the discharge belt were arranged at clear intervals of 2 cm. When the tubers were transported over the rollers, foreign material with a diameter of up to 2 cm fell between the rollers and was caught in three containers (6).



*Fig. 3. Schematic structure of the experimental arrangement on the tipping station  
(1) Storage box with the sections marked, (2) tipping station, (3) discharge belt with the sections marked, (4) steel rollers for removing soil, (5) cross conveyor belt, (6) containers for collecting the separated soil*

For the evaluation a mean value, a standard deviation, and a variation coefficient were formed jointly for the 4 boxes per process variant from the proportions of foreign material  $\varnothing < 2 \text{ cm}$  in the 12 box sections.

In a laboratory experiment it was interesting to ascertain how the spatial distribution of the foreign material in the box influences the flow profile. A square container with a length of 1300 mm, a width of 1175 mm and a height of 600 mm and closed sidewalls was used for the experiment (Fig. 4). The container was filled with 500 kg potatoes. The surface of the potato pile was divided into 36 subsections with a surface area of 200 x 180 mm. The airflow through each section was measured with the aid of a measuring hopper with built-in thermo anemometer (Lambrecht 642 ST, resolution 0,01 m/s) (Fig. 4).

In order to be able to translate the investigation results into practice, the examinations concentrated on two variants of foreign material distribution:

- Variant 1: 25 kg loose soil (soil content of 5%) was added uniformly to the tubers when filling the box.
- Variant 2: 25 kg loose soil (soil content of 5%) were filled in the middle of the box.

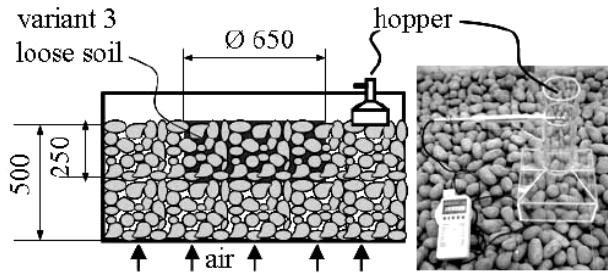


Fig. 4. Ventilation test rig with square container and hopper for measuring low air velocities

## RESULTS AND DISCUSSION

The tipping method showed clearly that in direct filling the foreign material was distributed more uniformly over the box area than in the case of indirect box filling (Fig. 5a, b). The mean value of the boxes showed a variation coefficient of 46.6% for direct box filling, which was half that of indirect box filling (93.8%).

If the share of foreign material in direct filling is set at 100%, then indirect filling reaches a value of 142.4%. This means that in indirect filling substantially more foreign material with  $\varnothing < 2$  cm was found, although both filling variants were applied on the same field at the same time with the same type of harvester. The higher mechanical stress on the harvested material during the filling process is thought to be the reason for the higher proportion. When the hopper is filled and the harvested material is transferred from the harvester hopper to the boxes, the tubers with adhering soil and the clods bang and rub against each other. When this happens part of the soil adhering to the tubers becomes detached and some clods disintegrate. Ultimately the share of foreign material with  $\varnothing < 2$  cm increases.

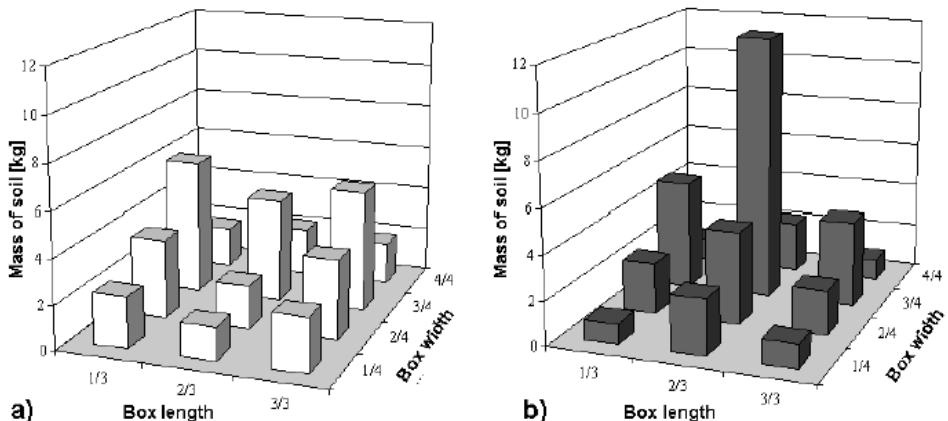
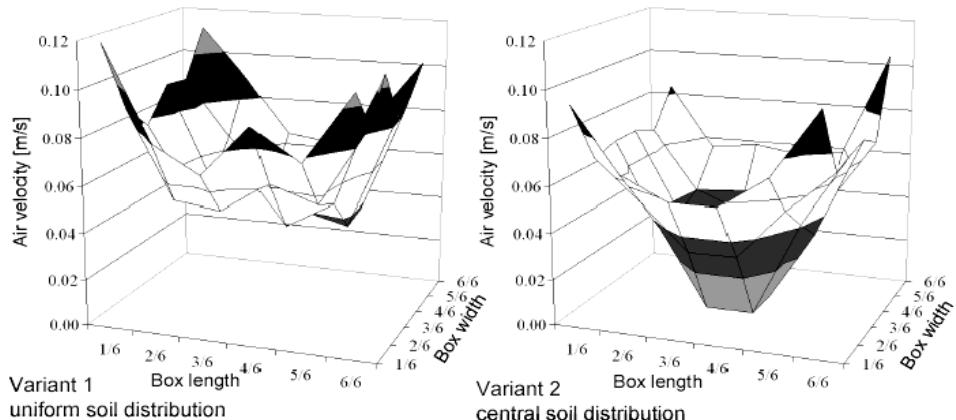


Fig. 5. Distribution of the foreign material  $\varnothing < 2$  cm in the direct (a) and indirect (b) filled boxes, mean value of four measurements, variety Princess

If potatoes and foreign material were distributed uniformly in the box as with direct box filling, a relatively uniform flow profile was found over the box cross section (Fig. 6). Air also flowed through the middle of the box, but the edge/corner influence dominated in the flow profile. At the edge of the box and in the box corners the airflow reached maximum values due to the large pore volume between the box wall and the adjacent tubers.

In the case of indirect box filling hardly any or no air flowed through the middle of the box with the foreign material. This result was obtained by a share of foreign material of only 5%.



*Fig. 6. Flow profile at an air velocity of 0.08 m/s in the free container cross section by 5% soil content*

## CONCLUSIONS

If foreign material cannot be avoided when potatoes are taken into storage, then at least uniform distribution of the foreign material is to be targeted. By filling the boxes on the harvesting machine, foreign material is distributed uniformly and as a result the boxes are filled in a manner favourable for ventilation.

## REFERENCES

- [1] Hohenlöchter, M., Kleffmann+Partner GmbH Co. (2005): Kistenlager werden bevorzugt. Kartoffelbau 56: 198-201.
- [2] Peters, R. (1992): Transport von Kartofeln. Kartoffelbau 43 (7): 304-307.
- [3] Bouman, A. (1994): Zo lang mogelijk in de kist. Boerderij 89 (13A): 126-129.
- [4] Kern, A. (1998): Qualität hat Vorfahrt. Kartoffelbau 49 (4): 160-164.
- [5] Horlacher, T. (2004): Vergleichsuntersuchung von Kistenfüllsystemen, Teil 1 – Befüllung von Großskisten auf dem Feld, Kartoffelbau 55: 178-183.
- [6] Maly, P.; Hoffmann, T.; Fürll, C. (2005): Gentle Harvest of Potatoes in Storage Boxes. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript FP 05 002. Vol. VII. October, 2005. <http://cigrejournal.tamu.edu/submissions/volume7/FP%2005%20002%20Hoffman%20final%202005Oct2005.pdf>.
- [7] Scheibe, K.; Riese, U.; Pöhlking, A.; Maly, P.; Kern, A. (2004): Befüllen von Großlagerkisten auf der Kartoffelerntemaschine. Kartoffelbau 55: 225-231.

## UBIRANJE I SKLADIŠTENJE KROMPIRA U DRVENE KONTEJNERE

**Thomas Hoffmann<sup>1</sup>, Pavel Maly<sup>1</sup>, Christian Fürll<sup>1</sup>, Knut Scheibe<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Leibniz-Institute of Agriculture Engineering Potsdam-Bornim, Germany,

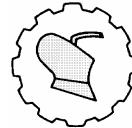
<sup>2</sup> Schöpstal Maschinenbau GmbH, Markersdorf, Germany

**Sadržaj:** Čest je slučaj da se krompir, odmah na parceli, utovarivačem puni u sanduke i kao takav transportuje u skladište. Ovakav slučaj se još naziva i "indirektno punjenje sanduka". Kao rezultat ovakvog pakovanja, javlja se velika količina primesa u središnjem sloju krompira. Da bi se izbegla mehanička oštećenja krompira, poseban uređaj je postavljen na kombajn za ubiranje krompira Grimme SE 150-60 (sistem "direktnog punjenja"). Pitanje koje je postavljeno je kako punjenje sanduka na samom kombajnu utiče na prisustvo primesa u samom sanduku.

Drveni kontejneri su bili punjeni krompirom kako direktnim sistemom tako i indirektnim. Posle punjenja određeno je prisustvo primesa. Takođe je urađeno i ispitivanje kako distribucija primesa utiče na protok vazduha u kontejnerima.

Koefficijent varijacije kod kontejnera je bio 46,6% za direktni sistem punjenja. Kod indirektnog sistema njegova vrednost je bila 93,8%. Kod indirektnog sistema punjenja uočena je veća količina sitne zemlje u odnosu na direktni sistem. U slučaju direktnog sistema punjenja protok vazduha je ostvaren čak i u središnjem delu kontejnera, obzirom da su sitne primese bile dobro raspoređene.

**Ključne reči:** krompir, ubiranje, primese, skladištenje, drveni kontejneri.



UDK: 631.23

## UTICAJ POKRIVNOG MATERIJALA NA POTROŠNJU ENERGIJE U OBJEKTIMA ZAŠTIĆENOG PROSTORA TUNEL TIPO

**Milan Đević, Aleksandra Dimitrijević**

*Poljoprivredni fakultet - Beograd*

**Sadržaj:** Proizvodnja u zaštićenom prostoru se, u Srbiji, dominantno odvija u objektima tunel tipa pokrivenim jednostrukom ili dvostrukom folijom. Razlog tome je samo tržište pokrivnih materijala i konstrukcije koje nudi gotova tehnička rešenja poluviloskih i visokih tunela, sada već ustaljenih dimenzija. Proizvođači ulaze u ovaj sistem sofisticirane biljne proizvodnje sa nedovoljno informacija o energetskoj efikasnosti a samim tim i ekonomskoj opravdanosti ulaganja u određeni tip objekta. Najveći problem kod proizvodnje u zaštićenom prostoru je proizvodnja izvan sezone tj. u zimskom periodu. Tada karakteristike materijala i konstrukcije pokazuju sve svoje prednosti i nedostatke.

Cilj istraživanja je utvrđivanje energetske efikasnosti proizvodnje zelene salate u zaštićenom prostoru preko energetskih inputa varijanti tehnološko-tehničkih proizvodnih sistema za objekte tunel tipa pokriveni jednostrukom i dvostrukom folijom. Rezultati ukazuju da najvišu specifičnu potrošnju energije imaju objekti tunel tipa pokriveni jednostrukom folijom sa najmanjom proizvodnom površinom a da viši stepen iskorišćenja energije imaju tuneli veće specifične zapremine po jedinici dužine, pokriveni dvostrukom folijom.

**Ključne reči:** energija, zaštićen prostor, tuneli, energetski inputi, energetski output, stepen iskorišćenja energije.

### UVOD

Proizvodnja u zaštićenom prostoru predstavlja jednu od grana poljoprivrede kojoj se posvećuje sve veća pažnja. Većina postavljenih pitanja i nedoumica oko ovog tehnološko-tehničkog sistema biljne proizvodnje svodi se na intenzivnost i to u smislu potrošnje energije (kako je smanjiti) i u smislu proizvodnje (kako povećati prinos i kvalitet proizvoda). Da bi se odgovorilo na ovo i na mnogobrojna druga pitanja potrebna je detaljna analiza ovog tehnološko-tehničkog sistema proizvodnje koji je po svim svojim karakteristikama veoma specifičan u poređenju sa tehnološko-tehničkim

sistemom proizvodnje na otvorenom polju. Kao rezultat stalnih poboljšanja dobija se visokointenzivna proizvodnja moguća tokom cele godine. Sa druge strane stalna poboljšanja rezultuju proizvodnjom sa sve većim utroškom energije i sve slabijom energetskom efikasnošću.

Za adekvatnu analizu date problematike potrebno je krenuti od prvobitne ideje o proizvodnji u zaštićenom prostoru, definisati cilj ovakvog načina proizvodnje i analizirati posledice njegove primene.

Cilj ovog rada je analiza potrošnje energije u objektima tunel tipa u zimskoj proizvodnji salate, za klimatske uslove Srbije.

## MATERIJAL I METOD

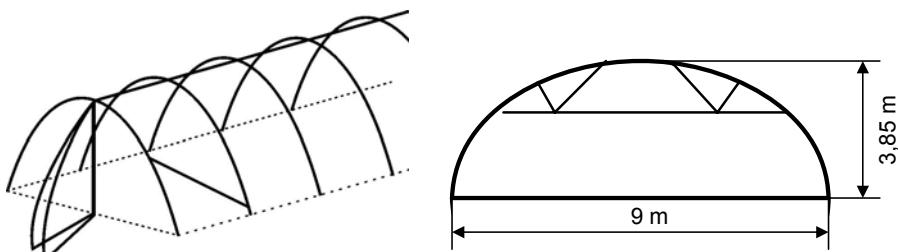
Istraživanje je obuhvatilo utvrđivanje energetskih parametara varijanti tehnološko-tehničkih sistema proizvodnje salate u dva modela konstrukcije objekta, sa različitim varijantama pokrivenog materijala i sa nastiranjem zemljišta malč folijom.

Ispitivanje je obavljeno na privatnom imanju u Gospodincima kod Novog Sada. Proizvodnja salate na ovom imanju se u sezoni 2003–2004. godine odvijala u objektima pokrivenim plastikom i to pojedinačnim i blok. Za ispitivanje su odabrana dva objekta tunel tipa različitih dimenzija pokrivena jednostrukom i dvostrukom PE folijom (sl. 1 i 2). Proizvodnja salate je praćena od sadnje salate na stalno mesto u objektima do ubiranja u periodu od 29.10.2003. god. do 24.02.2004. godine. Radi određivanja energetske efikasnosti navedene proizvodnje utvrđene su:

- temperatura unutar i izvan objekta,
- energija sunčevog zračenja,
- energetski inputi u proizvodnji salate (direktni, indirektni) i
- energetski output (prinos).

U postupku energetske analize korišćena je metodologija [3, 12] koja predviđa određivanje energetskog inputa i energetskog outputa, bazirano na izmerenim vrednostima utrošenog materijala i ostvarenog prinosa i datim energetskim ekvivalentima.

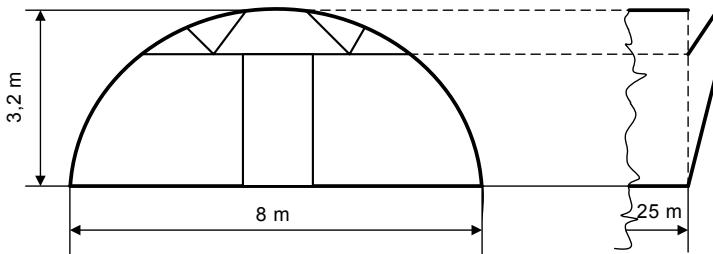
Objekat S1 predstavlja visoki tunel dimenzija  $9 \times 58$  m prekriven jednostrukom troslojnom PE folijom debljine  $180 \mu\text{m}$ . Folija je sa dodatkom UV stabilizatora i IC blokirajućih elemenata. Opterećenje koje može da izdrži iznosi  $20 \text{ kg/m}^2$  i brzinu vетра od  $150 \text{ km/h}$ . Konstrukciju objekta čine metalne cevi prečnika  $50 \text{ mm}$ . Visina objekta iznosi  $3,85 \text{ m}$ . Tokom proizvodnje salate korišćena je belo/crna malč folija debljine  $25 \mu\text{m}$ .



Sl. 1. Oblik konstrukcije visokih tunela S1 i S2

Objekat S2 predstavlja visoki tunel dimenzija  $9 \times 58$  m prekriven dvostrukom troslojnom PE folijom debljine 180  $\mu\text{m}$ . Širina folije iznosi 13 m. Folija je sa dodatkom UV stabilizatora i IC blokirajućih elemenata. Opterećenje koje folija može da izdrži iznosi  $20 \text{ kg/m}^2$  i brzinu veta od 150 km/h. Konstrukciju objekta čine metalne cevi prečnika 50 mm. Visina objekta takođe iznosi 3,85 m. Tokom proizvodnje salate korišćena je belo/crna malč folija debljine 25  $\mu\text{m}$ .

Objekat S3 predstavlja visoki tunel dimenzija  $8 \times 25$  m prekriven jednostrukom PE folijom debljine 180  $\mu\text{m}$  sa dodatkom UV stabilizatora i IC blokirajućih elemenata.



Sl. 2. Konstrukcija objekata tunel tipa S3 i S4

Opterećenje koje folija može da izdrži iznosi  $20 \text{ kg/m}^2$  i brzinu veta od 150 km/h. Konstrukciju objekta čine metalne cevi prečnika 50 mm. Visina objekta iznosi 3,20 m. U objektu je postavljena belo/crna malč folija debljine 25  $\mu\text{m}$ .

Objekat S4 predstavlja visoki tunel istih dimenzija kao objekat S3 ali pokriven dvostrukom folijom istih karakteristika kao kod objekta S3.

Za pravilnu analizu definisani su određeni mikroklimatski parametri tokom proizvodnog ciklusa salate. U tu svrhu izmerene su temperature izvan objekata i energija sunčevog zračenja. Od opreme su korišćeni datalogeri WatchDog 450 u kombinaciji sa dva piranometra, WatchDog150 i WatchDog110 [17].

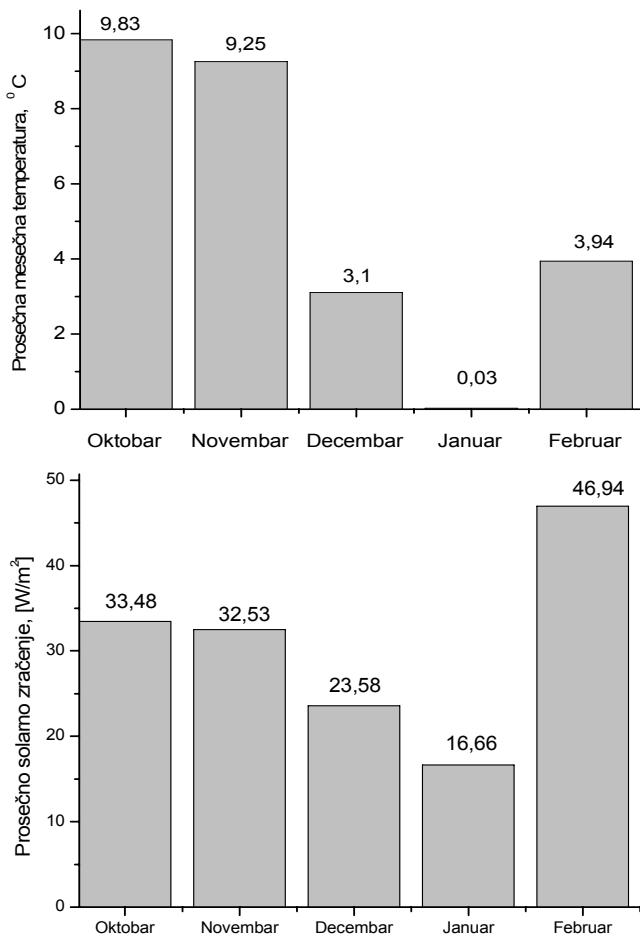
## REZULTATI I DISKUSIJA

Zelena salate je u svim objektima gajena na belo/crnoj malč foliji debljine 25  $\mu\text{m}$  širine 2 m sa već formiranim otvorima za ulaganje rasada. Sadnja je obavljena ručno. Gustina useva je iznosila 20 biljaka po  $\text{m}^2$ . Proizvodna tehnologija obuhvata predsetvenu pripremu, startnu aplikaciju hraniva, postavljanje malč folije, navodnjavanje, hemijsku zaštitu bilja i ubiranje. Za svaku operaciju praćeno je angažovanje tehničkih sistema, utrošak materijala, hemijskih sredstava i ljudskog rada.

### Rezultati merenja klimatskih parametara

Za potrebe istraživanja merene su temperatura vazduha i zemljišta i solarno zračenje izvan objekta. Temperatura vazduha i solarno zračenje mereni su na visini od 2 m.

Srednje dnevne i mesečne temperature pokazuju visoke vrednosti i velika variranja. Srednja mesečna temperatura za novembar mesec bila je značajno viša od višegodišnjeg proseka za taj period ( $+3^\circ\text{C}$ ). Temperature u decembru, januaru i februaru mesecu se mogu okarakterisati kao uobičajene za ovo doba godine i u skladu su sa višegodišnjim prosekom [13].



Sl. 3. Srednje mesečne temperature i solarno zračenje

Prosečno mesečno solarno zračenje ukazuje da je januar mesec bio sa najmanjom prosečnom osunčanošću dok je februar mesec sa najvećom prosečnom osunčanošću.

### Rezultati merenja direktnih i indirektnih energetskih inputa

Od direktnih energetskih inputa praćena je energija utrošena za zagrevanje objekata i energija koja je utrošena za pogon pojedinih mašina i tehničkih sistema.

Tab. 1. Direkti energetski inputi za objekte tunel tipa

I n p u t	Utrošak energije [MJ]			
	Tunel S1	Tunel S2	Tunel S3	Tunel S4
Zagrevanje objekta	5511,95	3338,82	1806,51	1117,32
Gorivo za pogon tehničkih sistema	165,75	165,75	55,56	55,56
Ukupno [MJ]	5677,70	3504,57	1862,07	1172,88
Ukupno [MJ/m²]	10,88	6,71	9,31	5,86

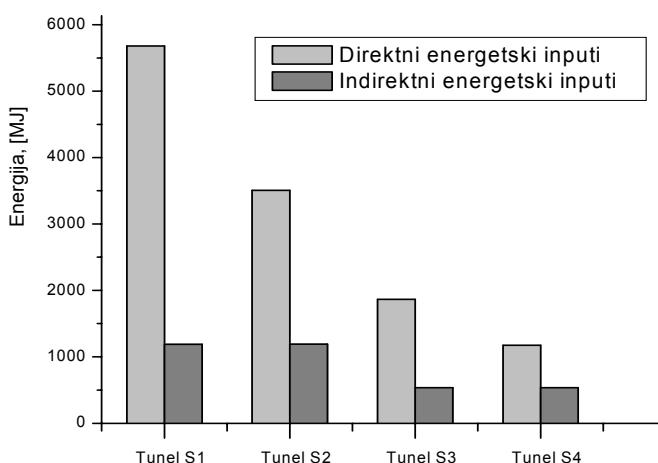
Od indirektnih energetskih inputa praćeno je časovno angažovanje tehničkih sistema, utrošak hemijskih sredstava, vode, ljudskog rada i ambalaže za pakovanje salate.

Tab. 2. Indirektni energetski inputi za objekte tunel tipa

Input	Tunel S1		Tunel S2		Tunel S3		Tunel S4	
	Utrošak energije [MJ]	Učešće %						
Hraniva								
N	195,25	16,42	195,25	16,41	-	-	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	87,17	7,33	87,17	7,33	-	-	-	-
K <sub>2</sub> O	103,02	8,66	103,02	8,66	-	-	-	-
Zaštitna sredstva								
Sumilex	8,40	0,71	8,40	0,71	1,68	0,31	1,68	0,31
Quadrис	6,72	0,56	6,72	0,56	1,68	0,31	1,68	0,31
Tehnički sistemi								
Jednoosovinski traktor	4,04	0,34	4,04	0,34	4,04	0,75	4,04	0,75
Voda	268,53	22,58	268,53	22,56	115,08	21,46	115,08	21,44
Gajbice	141,00	11,86	141,9	11,92	38,7	7,22	39,30	7,32
Ljudski rad	375,00	31,54	375,00	31,51	375,00	69,94	375,00	69,86
Ukupno, [MJ]	1189,13	100	1190,03	100	536,18	100	536,78	100
Ukupno, [MJ/m <sup>2</sup> ]	2,28		2,30		2,68	0,31	2,68	0,31

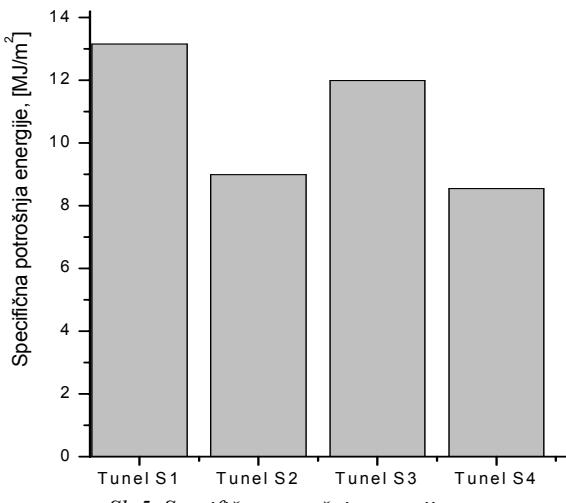
Ukoliko se posmatra struktura indirektno utrošene energije najveće učešće ima energija utrošena putem ljudskog rada (preko 30%), zatim putem aplikacije đubriva (preko 30%) i putem pakovanja salate u gajbice (do 15%). Učešće energije utrošene putem tehničkih sistema je relativno nisko, što se moglo predvideti na osnovu tehnološke šeme proizvodnje i dimenzija objekata.

Na slici 4. prikazan je odnos direktnih i indirektnih inputa za navedene proizvodne objekte. Uočava se da je kod objekata pokrivenih dvostrukom folijom odnos direktnih i indirektnih energetskih inputa ravnomerniji u odnosu na objekte pokrivene jednostrukom folijom gde u ukupnoj strukturi utrošene energije 2/3 čine direktni energetski inputi.



Sl. 4. Direktni i indirektni utrošak energije po pojedinim objektima

Ukoliko se uporede objekti identične konstrukcije ali pokriveni jednostrukom i dvostrukom folijom, veći je direktni utrošak energije kod objekata sa jednostrukom folijom (tuneli S1 i S3) u odnosu na tunele pokrivene dvostrukom folijom. Da bi se utvrdile stvarne razlike u potrošnji energije za analizu je korišćena specifična potrošnja energije.



Sl. 5. Specifična potrošnja energije

Najnižu specifičnu potrošnju imali su tuneli sa dvostrukom folijom S4 ( $8,54 \text{ MJ/m}^2$ ) i S2 ( $8,99 \text{ MJ/m}^2$ ). Najveću specifičnu potrošnju energije imaju objekti sa jednostrukom folijom i to S3 sa  $11,99 \text{ MJ/m}^2$  i S1 sa  $13,5 \text{ MJ/m}^2$ .

### Rezultati merenja energetskog outputa

Energetski output se definiše preko ostvarenog prinosa i toplotne vrednosti proizvoda. Za navedene objekte, na osnovu utvrđenog prinosa i toplotne vrednosti salate od  $0,46 \text{ MJ/kg}$ , izračunat energetski output (tabela 3).

Tab. 3. Prinos salate i energetski output u objektima

	Prinos [kg]	Energetski output [MJ]	Energetski output [MJ/m <sup>2</sup> ]
Tunel S1	2790,20	1283,49	2,46
Tunel S2	2753,60	1266,66	2,43
Tunel S3	800,30	368,14	1,84
Tunel S4	808,00	371,68	1,86

### Energetska analiza

Na osnovu utvrđenih energetskih inputa i energetskog outputa izvršena je energetska analiza proizvodnje salate u datim objektima.

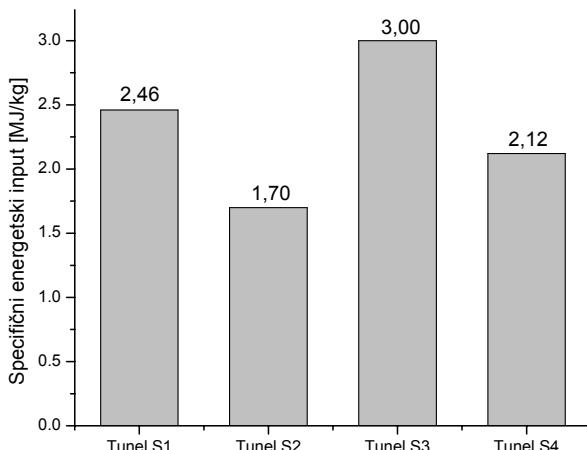
Tab. 4. Energetski bilans proizvodnje salate u objektima

	Tunel S1	Tunel S2	Tunel S3	Tunel S4
Direktni energetski inputi [MJ]	5677,70	3504,57	1862,07	1172,88
Indirektni energetski inputi [MJ]	1189,13	1190,03	536,18	536,78
Energetski input [MJ]	6866,83	4694,60	2398,25	1709,66
Energetski input [MJ/m <sup>2</sup> ]	13,15	8,99	11,99	8,55
Prinos salate [kg]	2790,20	2753,60	800,3	808,00
Energetski output [MJ]	1283,49	1266,66	368,14	371,68
Energetski output [MJ/m <sup>2</sup> ]	2,46	2,43	1,84	1,86

Tab. 5. Energetska analiza proizvodnje salate u objektima

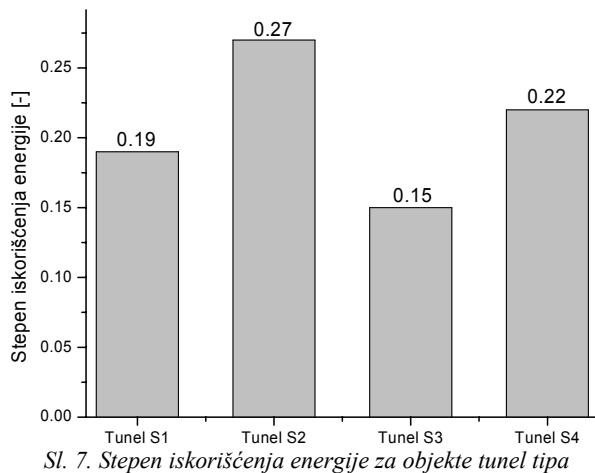
Energetski parametar	Tunel S1	Tunel S2	Tunel S3	Tunel S4
EI [MJ/kg]	2,46	1,70	3,00	2,21
ER	0,19	0,27	0,15	0,22
EP [kg/MJ]	0,41	0,59	0,33	0,47

Najvišu vrednost EI imaju tunel objekti S1 i S3 pokriveni jednostrukom folijom dok nižu vrednost imaju tunel objekti S2 i S4 pokriveni dvostrukom folijom. Ukoliko se posmatra konstrukcija tj. dimenzije objekta, niža vrednost specifičnog energetskog inputa zabeležena je kod tunela većih proizvodnih površina i veće specifične zapremine po metru dužine.



Sl. 6. Specifični energetski input za objekte tunel tipa

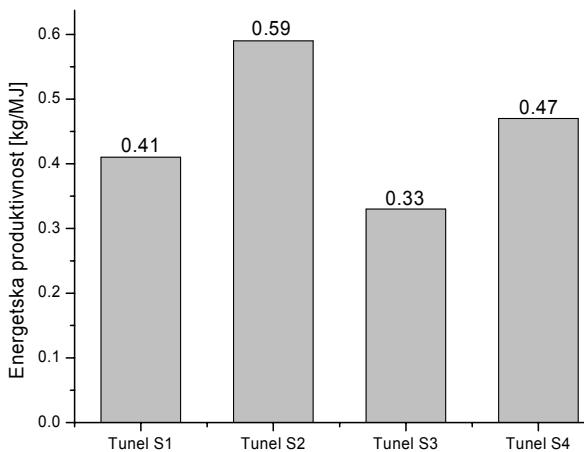
Ukoliko se posmatra stepen iskorišćenja energije, najvišu vrednost ima tunel objekat S2 pokriven dvostrukom folijom dok najnižu vrednost ima tunel objekat S3 pokriven jednostrukom folijom. Ako se pogleda konstrukcija objekata tj. specifična zapremina objekti tunel tipa S1 i S2 veće specifične zapremine imaju viši stepen iskorišćenja energije. Za objekte tunel tipa S1 i S2 je karakterističan viši ostvareni energetski output što doprinosi povećanju stepena iskorišćenja energije.



Sl. 7. Stepen iskorišćenja energije za objekte tunel tipa

Prilikom analize energetske produktivnosti utvrđena je najviša vrednost kod tunela S2 pokrivenog dvostrukom folijom dok je najniža vrednost utvrđena kod tunela S3 pokrivenog jednostrukom folijom. Ukoliko se energetska produktivnost posmatra sa aspekta konstrukcije objekata može se zaključiti da su energetski produktivniji objekti veće specifične zapremine. Razlog je ostvareni viši energetski output, ravnomerniji mirkoklimatski uslovi u objektima i manji gubici energije preko površine pokrivnog materijala.

Dobijeni rezultati ukazuju da kombinacija dvostrukе folije i objekata veće specifične zapremine daje bolje rezultate u energetskoj analizi. Ovi objekti su energetski efikasniji i imaju manji specifični energetski input.



Sl. 8. Energetska produktivnost za objekte tunel tipa

Kod analize stepena iskorišćenja energije može se konstatovati da tuneli pokriveni dvostrukom folijom imaju bolje iskorišćenje energije i da se stepen iskorišćenosti povećava sa povećanjem veličine objekta. Ipak se mora voditi računa o limitirajućim

faktorima kod objekata tunel tipa a koji se odnose na ventilaciju i opterećenje materijala i konstrukcije. Limitirajući faktor kod izbora tunela može biti i visina objekta. U slučaju salate proizvodna površina je maksimalno iskorišćena dok bi u slučaju paradajza i krastavca visina tunela mogla predstavljati problem čija je posledica nedovoljno iskorišćenje prostora.

## ZAKLJUČAK

Kada se posmatraju pojedinačni objekti tunel tipa, koji su dominantno zastupljeni na teritoriji Srbije, objekti pokriveni dvostrukom folijom imaju 30% niži input energije. Vrednost direktno utrošene energije za zagrevanje ima i do 40% višu vrednost kod objekata pokrivenih jednostrukom folijom u odnosu na objekte sa dvostrukom folijom. Specifični input energije je adekvatniji parametar opisa tehnološko tehničkog sistema. Kod objekata manje specifične zapremine (S4) vrednost ovog parametra je 20% viša u odnosu na objekte veće specifične zapremine (S2). Stepen iskorišćenja energije je kod objekata sa dvostrukom folijom nešto veći kod objekata veće specifične zapremine (S4 i S2).

U daljem istraživanju treba više обратити пажњу на покривне материјале и њихов утицај на енергетски биланс у objektima. У истраживање би било потребно укључити и више култура са разлиčitim технологијама производње. Ово из разлога све чешће употребе хемијски инертих supstrata и све вишег нивоа автоматизованости процеса.

Резултати истраживања показују да производња у заштићеном простору представља грану полjoprivредне производње са најнијим степеном искоりшћења energije који, у случају производње салата у зимском периоду, варира од 0,15 до 0,41. Добијене вредности су више од оних наведених у литератури [4] што указује на могућност интензивирања производње у заштићеном простору у региону Србије и Црне Горе.

## LITERATURA

- [1] Damjanović, M., Zdravković Jasmina, Zdravković, M., Marković, Ž., Zečević, B., Đorđević, R. (2005): Rana i kasna proizvodnja povrća u plastenicima sa dopunskim dogrevanjem, Revija agronomika saznanja, XV (3).
- [2] Đević, M., Blažin, S., Dimitrijević Aleksandra (2005): Klimatski uslovi u objektima zaštićenog prostora i mogućnosti njihove kontrole, Poljoprivredna tehnika, XXX (4), 79-86.
- [3] Đević, M., Dimitrijević Aleksandra (2004): Greenhouse energy consumption and energy efficiency, Energy efficiency and agricultural engineering 2005, International conference, Russe, Bulgaria.
- [4] Enoch, H.Z. (1978): A theory for optimization of primary production in protected cultivation, I Influence of aerial environment upon primary plant production, Symposium on More Profitable use of Energy in Protected Cultivation, Sweden.
- [5] Giacomelli A. Gene, Roberts J. William (1993): Greenhouse covering systems, Original manuscript provided to ASHS HortTechnology Journal.
- [6] Hanan, J.J. (1998): Greenhouses. Advanced Technology for Protected Cultivation, CRC Press.
- [7] Lazić Branka, Marković V., Đurovka, M., Ilin, Ž. (2001): Povrće iz plastenika, Beograd.
- [8] Lazić Branka (2002): Jesenja proizvodnja povrća u plastenicima, Savremenii povrtar, Naučno-stručni časopis, I (2).
- [9] Momirović, N. (2002): Korišćenje polietilenskih folija u poljoprivredi, Povrtarski glasnik, br. 4.

- [10] Momirović, N. (2003): Škola gajenja povrća, Specijalno Izdanje, Poljoprivredni list
- [11] Nelson, P. (2003): Greehnouse Operation and Management, 6<sup>th</sup> edition.
- [12] Ortiz-Cañavate, J., Hernanz, J.L. (1999): Energy Analysis and Saving, Energy for Biological Systems, CIGR Handbook.
- [13] Republički hidrometeorološki zavod (2004): Agrometeorološki uslovi u proizvodnoj 2003./2004. godini na teritoriji Republike Srbije
- [14] Starck, H. (1977): Towards an Economic of Energy in Horticulture, Symposium on More Profitable use of Energy in Protected Cultivation, Sweden.
- [15] Teitel, M., Segal, I., Shklyar, A., Barak, M. (1999): A comparation between pipe and air heating methods for greenhouses, Journal of Agricultural Engineering Research, 72, 259-273.
- [16] Zabelitz, von Chr. (1989): Energy substitution, Energy Savings in Protected Cultivation, Acta Horticulturae, 245.
- [17] [www.specmeter.com](http://www.specmeter.com)
- [18] [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Rezultati istraživačkog rada nastali su zahvaljujući finansiranju Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj, Republike Srbije, Projekat "Optimalna tehnološko tehnička rešenja za tržišno orijentisani biljni proizvodnju", evidencionog broja TP 6918.A, od 1.04.2005.

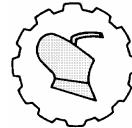
## INFLUENCE OF GREENHOUSE COVERING MATERIAL ON ENERGY CONSUPTION

**Milan Đević, Aleksandra Dimitrijević**  
*Faculty of Agriculture - Belgrade*

**Abstract:** Greenhouse production in Serbia region is, in most cases, carried out in tunnel structures covered with single or double PE folia. Reason for this is greenhouse coverings and structures market which is pretty much uniform with tunnel structures offers to the growers. Growers enter this sophisticated plant production system with lack of information about energy efficiency as well as economical aspect of purchasing specific structure. Main problem with greenhouse production comes with winter production, when heating is needed. In this period coverings and structures show their quality.

Aim of this paper is analysis of lettuce winter greenhouse production in tunnel structures using direct/indirect energy input analysis. Result show that tunnel structures covered with single PE folia and with smaller specific volume per meter of length.

**Key words:** *energy, greenhouse, tunnels, energy input, energy output, energy efficiency.*



UDK: 631.1.017

## DETERMINATION OF THE ENERGY DEMAND FOR LIVESTOCK BUILDINGS AT THE EXAMPLE DAIRY FARMING

**Simone Kraatz, Werner Berg**

*Leibniz-Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim, Germany*

**Abstract:** The cumulative energy demand in dairy farming is strongly determined by feed supply and replacement. More than the half of the total cumulative energy demand is required for feed supply, about one quarter for replacement. The investigations aim at the development of a method for calculating energy balances in livestock farming; in this case especially on the parts livestock buildings and technical facilities in dairy farming. The specific cumulative energy demand per animal place and year calculated for the building and for the technical facilities is about 5% respectively. Different building shells cause only minor differences in the cumulative energy demand. Whereas the cumulative energy demand for a dairy cattle building without slurry channels and pits is about one third less than for a building with channels and pits. The cumulative energy demand for the technical facilities is about 60% less when sand is used as flooring material instead of a rubber mat.

**Key words:** *energy demand, dairy farming, animal husbandry.*

### INTRODUCTION

In agriculture, we record a constantly growing consumption of raw materials and fossil energy due to the intensification and mechanisation of production technologies. In crop production, this involves direct and indirect energy inputs into the manufacturing and application of fertilizers and plant protection agents as well as machines and implements. In livestock keeping, direct and indirect energy inputs are caused not only by the supply of farm-produced or externally purchased feeding stuffs, air-conditioning, manure disposal and spreading of farm manure, milk production and storage, but also by buildings and constructions. So far, there is a poor knowledge of the energy efficiency of production technologies in livestock keeping, as well as their share in the total energy consumption of a farm and the influence of targets and the intensity of production on the energy efficiency. Nevertheless, any analysis and evaluation of environmental effects and the sustainability of farming systems must consider also the energetic aspects. Energy balancing allows characterising farming systems, overcoming labour bottlenecks and elaborating optimisation strategies.

## Objectives

The investigations aim at the development of a method for calculating energy balances in livestock keeping. In this context, not only inputs and outputs are regarded in the form of a “black box” analysis, but rather the relationships between livestock keeping and soil and plant related to the farming via internal energy and mass fluxes. The methodology will be integrated into the “farm and environment management system REPRO (reproduction of organic soil matter)” (Hülsbergen, 2003). The REPRO software allows analysing and evaluating environmental impacts. Different from other approaches, it reflects a systematic consideration and description of interrelated mass and energy fluxes on the farm level.

Using vegetable as primary products, the procedure of forage preservation is analysed and the resulted amount of feed stuff is calculated. The energy efficiency can be calculated per initial product (original content of a feed-stuff) or per end product (preserved plants). The energy efficiency of an end product contains extra work cycles of preservation. Feed-stuffs are energy inputs of animal husbandry. Considering the procedure, feeding method and performance of fertiliser application in husbandry the required amount of organic and mineral fertiliser will be estimated. The produced fertiliser will be energetically assessed on the basis of their material composition. (Hülsbergen, 2003)

## METHODS

Energy inputs in livestock keeping are ascertained on the basis of direct and indirect energy demands. Direct energy is used in form of fuel, oil and electricity (for example in feeding, milking and manure disposal). Indirect energy includes the energy input for manufactured machines and technical facilities (e.g. feeder-mixer wagons and milking parlours) as well as animal houses and storage facilities.

The VDI guideline 4600 “Cumulative Energy Demand – Terms, Definitions, Methods of Calculations” shall assist in making technological data available and comparable within a uniform framework. It allows the evaluation and comparison of products and services with respect to energy criteria (VDI-Richtlinie 4600, 1997). The method development of energy balancing in dairy farming is based on this VDI guideline.

The investigations are done at the example of dairy farming. At first a standard technology is defined. The decision for the design of the livestock building and the determination of the size of an excrement store depends on the livestock, feeding- and manure removal system.

The investigations are done for the example of a farm with 180 dairy cows and for the replacement on farm. Assumptions: a calving performance of 1.0 calf per year, about 50% of the calves are female, the 90 male calves will be sold after two weeks. The calving is continuous. The age of first calving is 25 months. For the calves as well as for the young cattle different livestock buildings are regarded. At the example of the described standard technology different livestock buildings and their components are analysed. The determination of the cumulative energy demand of the animal houses is based on a standard service life of 25 years. Differences consist in the shell of the buildings. The different building components are analysed separately, considering their

different functions and materials they are made of. The energy demands are calculated on the basis of the mass of the separate components and the specific cumulative energy demand for these materials is generated by the database GEMIS.

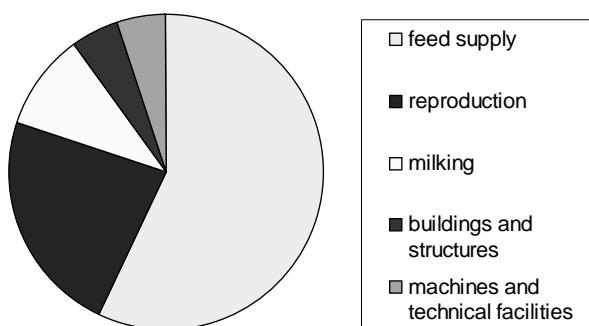
The database GEMIS is used for calculations on the energy demand of different building materials. GEMIS is the acronym for Global Emission Model for Integrated Systems. The model can perform complete life-cycle computations for a variety of emissions, and can determine the resource use. In addition GEMIS analyses costs – the corresponding data of the fuels as well as data for energy and transport processes are included in the database. It offers information on energy carriers (process chains and fuel data) as well as different technologies for heat and electric power generation ([www.gemis.de](http://www.gemis.de)).

Additionally to the buildings and structures, the technical facilities are analysed. Calculations are based on a standard service life of 12 years for the technical facilities, only for the rubber mats or sand as cubicle flooring material a service life of 8 or 3 years is assumed respectively.

## RESULTS

The standard technology for dairy cattle has been defined for scenario estimations as follows: a cubicle housing system for 180 cows and liquid manure disposal. This keeping procedure was chosen because about 55% of the dairy cattle in Germany are being kept in such systems. (Statistisches Bundesamt, 2004) The cattle are fed with a total mixed ration by a feeder mixer wagon. In summer, the cattle are pastured half-day. The milk performance is 8000 kg FCM per cow and year and as milking equipment a herring-bone milking parlour is used.

The cumulative energy demand for the production of milk calculated for the described standard technology is about 2.7 MJ/kg FCM. Figure 1 shows the shares of the different sections of the procedure. More than the half of the total cumulative energy demand is taken by feed supply. It includes the whole energy expenditure of plant production. About one quarter of the total energy demand is required for the replacement, and about 10% for milking. The energy demand for buildings and structures, as well as for machines and technical facilities is about 5% respectively.



*Figure 1: Share of the different sections of milk production of the cumulative energy demand calculated for the standard technology*

The calculations for the cumulative energy demand for buildings are done for 4 different designed livestock building. The 4 variants of buildings have the same floors with slurry channels and milking house. Differences consist in the shell of the buildings. The variants are described as follows.

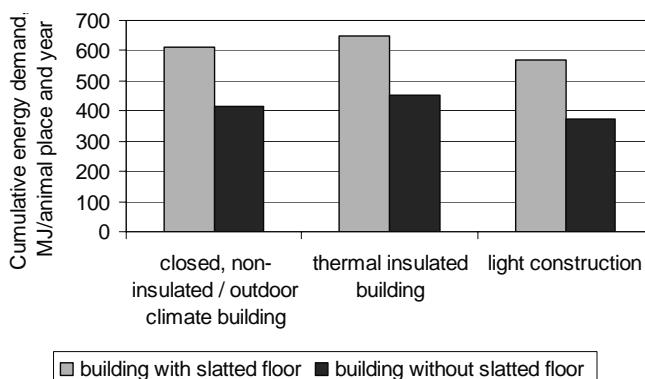
Variant 1 is a closed, cold / thermal non-insulated animal house common for newer cattle houses in Germany. The pillars and walls are made of wood, the roofing is made of fibre-cement plates with a light-band ridging.

The 2<sup>nd</sup> variant is an outdoor climate house becoming more and more common in Germany. One sidewall is completely open, the open gable is equipped with a wind protection net, the other walls are made of wooden space boards. The roof is similar to variant 1.

Variant 3 is a closed, warm / thermal insulated animal house as an example for a massive construction very common in Germany, especially for older buildings. Important characteristic features are the pillars of reinforced concrete, the exterior walls of concrete and a roof covered by fibre-cement plates. In difference to a thermal non-insulated animal house (variant 1), the building has an intermediate ceiling between roof and floor. This intermediate ceiling consists of fibre-cement plates and a thermal insulation.

Variant 4 is a light construction, completely different from the other variants. The building shell is made of a steel space structure covered by a canvas, and wooden sidewalls.

The cumulative energy demand of the four different dairy cattle houses described above is shown in figure 2. The closed, thermal non-insulated animal house and the outdoor climate house have the same energy demand, so they are summarised. The thermal insulated building has a slightly higher cumulative energy demand than the other three variants. It is caused by the massive construction with reinforced concrete pillars, the walls of concrete and the intermediate ceiling. The light construction has a slightly smaller cumulative energy demand than the other, because of its simple construction. The design of the floor has a much stronger influence on the cumulative energy demand of the building. The share of the slurry channels and pits is about one third of the total cumulative energy demand of the building.

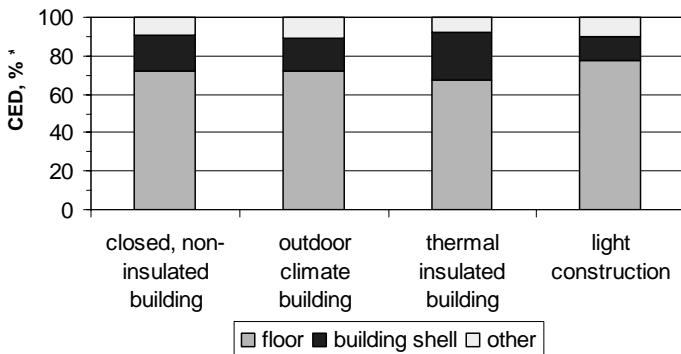


*Figure 2: Cumulative energy demand of four different dairy cattle houses with two different manure removal systems respectively*

The cumulative energy demand for the single components of the building shell in relation to the total cumulative energy demand of the building shell is shown in figure 3. In all variants about two third of the total cumulative energy demand of the building are caused by the floor. There are nearly no differences between the closed, thermal non-insulated and the outdoor climate building. But in comparison to the other variants there are appreciable differences between the building shells. The cumulative energy demand for the shell of the thermal insulated building is about 40% higher, than one of the light construction about 40% lower than that one of variants 1 and 2.

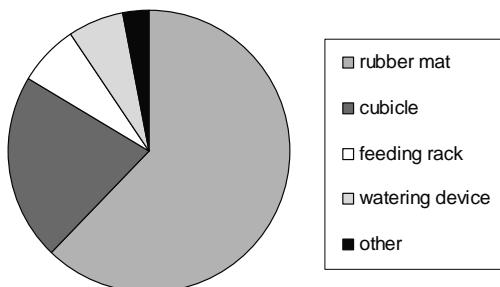
The specific cumulative energy demand per animal place and year calculated for the technical facilities is similar to that one of the buildings and structures. The specific cumulative energy demand of the single technical facilities in relation to the cumulative energy demand of the technical facilities in total is given in figure 4. The rubber mat takes more than 60% of the cumulative energy demand of the technical facilities, the cubicle about one fifth.

The cumulative energy demand for sand as cubicle flooring material is only one hundredth of that one for a rubber mat.



\* Share of the cumulative energy demand for the different building parts of the cumulative energy demand for the total building

*Figure 3: Share of the cumulative energy demand of the different components of the different dairy cattle houses in relation to the total cumulative energy demand of the building*



*Figure 4: Share of the cumulative energy demand of the different technical facilities in relation to the total cumulative energy demand of the technical facilities*

During the growth period the calves and the young cattle need different housing conditions. Because of reasons of the hygiene the young cattle should not be kept in the same livestock building like dairy cows. The keeping of the calves and the young cattle in different livestock buildings is from the hygienic point of view likewise advisable.

Although farmers use often old buildings as calf houses, for the investigations about the cumulative energy demand for the rearing of calves and young cattle only new livestock buildings are considered. The examinations of the cumulative energy demand for livestock buildings have shown that the building shell has only a slightly influence on the energy demand. Therefore the calculations were done for one typical style of construction.

The calf house as well as the young cattle house is a closed, cold, thermal non-insulated animal house, which is common for newer cattle houses in Germany. The pillars and walls are made of wood and the roofing is made of fibre-cement plates with a light-band ridging.

The accommodation of the calves occurs in three age classes. The calf house has 43 animal places. Calves up to two weeks are kept in calf pens. Subsequently the calves are kept in a group pen. The nesting area is bed with straw. The third rearing part is for the third and fourth month of living. It is a section with lying boxes and slatted floor and that means with liquid manure. The calves get used to lying boxes already in this age. The calf house includes two different systems of manure removal. The cumulative energy demand for the calf house is about 303 MJ/animal place and year.

The young cattle are kept in a cold animal house with lying boxes and slatted floor. The young cattle house includes three departments, because of the different age classes of the young cattle and has 132 animal places. The growing animals need different sizes of lying boxes. The cumulative energy demand for the young cattle house is about 444 MJ/animal place and year. The cumulative energy demand for a young cattle house without slurry channels and pits is more than 30% lower than for a building with slatted floor.

## CONCLUSIONS

The cumulative energy demand in dairy farming is strongly determined by feed supply and replacement. More than the half of the total cumulative energy demand is required for feed supply, about one quarter for replacement.

The analyses of the cumulative energy demand for different dairy cattle houses inclusive the technical facilities show that only minor differences between different building shells are. The design of the floor has a much stronger influence on the cumulative energy demand of the building. About two third of the total cumulative energy demand of the building are caused by the floor. Half of that account for the slurry channels and pits. So the cumulative energy demand for a dairy cattle building without slurry channels and pits is about one third less than for a building with channels and pits.

The specific cumulative energy demand per animal place and year calculated for the technical facilities is similar to that one for the buildings. More than 60% of the cumulative energy demand of the technical facilities is taken by the rubber mat, about one fifth by the cubicle. The use of sand as cubicle flooring material necessitates only

one hundredth of the cumulative energy demand of a rubber mat. So the cumulative energy demand for the technical facilities is about 60% less when sand is used as flooring material instead of a rubber mat.

The energy demand of the livestock buildings and technical facilities takes only a slight influence on the cumulative energy demand of dairy farming.

## REFERENCES

- [1] Hülsbergen, K.-J., 2003. Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwissenschaft, Aachen: Shaker, 2003; ISBN 3-8322-1464-X
- [2] Kalk, W.-D. und Hülsbergen, K.-J., 1996. Methodik zur Einbeziehung des indirekten Energieverbrauchs mit Investitionsgütern in Energiebilanzen von Landwirtschaftsbetrieben. *Kühn-Archiv* 90, pp. 41-56. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup. ISSN: 0940-3507
- [3] Statistisches Bundesamt, 2004. Statistisches Jahrbuch 2004 für die Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden. p. 775. ISBN: 3-8246-0711-5
- [4] VDI-Richtlinie 4600 Kumulierter Energieaufwand – Begriffe, Definitionen, Berechnungsmethoden. (Cumulative Energy Demand – Terms, Definitions, Methods of Calculation). Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 1997
- [5] GEMIS – Global Emission Model for Integrated Systems. (Version 4.3). Öko-Institut Freiburg i.Br. (Institut für angewandte Ökologie e.V.). <http://www.oeko.de/service/gemis/> (March, 2006)

## ODREĐIVANJE ENERGETSKIH POTREBA U STOČARSKIM OBJEKTIMA

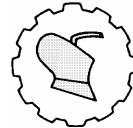
**Simone Kraatz, Werner Berg**

*Leibniz-Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim, Germany*

**Sadržaj:** Na ukupnu potrošnju energije na farmama za proizvodnju mleka značajno utiče način snabdevanja hranom i izdubravanje. Više od polovine utrošene energije se odnosi na dobavljanje hrane i oko jedna četvrtina za izdubravanje. Cilj istraživanja je da razvije metod za proračun potrošnje energije u stočarskim objektima, u ovom slučaju posebno vezano za objekte i tehničke sisteme u objektima za proizvodnju mleka. Specifična potrošnja energije po mestu u objektu i godini izračunata za određeni tip objekta i tehničke sisteme je odprilike 5% redom. Različiti materijali objekta uzrokuju samo male razlike u ukupno utrošenoj energiji. Ukupna potrošnja energije za mlečna grla u objektima koji nemaju kanale za odvođenje osoke je za jednu trećinu niža od one u objektima sa odvodom osoke. Ukupna potrošnja energije za tehničke sisteme je oko 60% manja u slučaju da se za podni materijal koristi pesak a ne guma.

**Ključne reči:** potrošnja energije, farme za proizvodnju mleka, stočarstvo.





UDK: 631.147

## STANJE I MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA BIOMASE KAO OBNOVLJIVOOG IZVORA ENERGIJE

Rade Radojević, Milovan Živković, Dušan Radivojević, Steva Božić

*Poljoprivredni fakultet - Beograd*

**Sadržaj:** Biomasa se definiše kao biljni materijal, koji se koristi direktno kao gorivo, ili pretvara u druge oblike pre sagorevanja. Biomasa je biorazgradljiva frakcija proizvoda: otpaci i ostaci iz poljoprivrede (uključujući biljne i životinjske supstance), šumarstva i prateće industrije, kao i biorazgradljive frakcije industrijskog i gradskog otpada.

Korišćenje biomase kao izvora energije datira od davnina, tako da u mnogim nerazvijenim zemljama sveta i dalje predstavlja osnovno gorivo u domaćinstvima. S obzirom da poslednjih godina se počinje sa organizovanim korišćenje biomase izvan domaćinstava i da se računa u značajan energetski resurs, tretira se kao novi obnovljiv izvor energije. Od obnovljivih izvora energije energetski potencijal biomase je na prvom mestu.

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.) od ukupnih svetskih potreba (406 EJ/god.). Korišćenje biomase je uglavnom bazirano na ostacima poljoprivrede i šumarstva. Zbog osobine bioenergije da se može koristiti u malim, srednjim i velikim postrojenjima primenjena je u velikom broju procesnih i korisničkih šema.

**Ključne reči:** gorivo, energija, korišćenje biomase, obnovljivi izvori energije.

### UVOD

Biomasa je rezultat skladištenja sunčeve svetlosti kao hemijske energije u biljkama. Preko fotosinteze sunčeva svetlost transformiše ugljen dioksid iz atmosfere i vodu u kompleks biljnih polimera, za kratak period vremena. Korišćenje ovih resursa za energiju omogućava kruženje ugljen dioksida, kao i njegovo skladištenje u trajnim proizvodima /6/.

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

Celuloza i hemiceluloza, dva od tri glavna sastojka većine resursa biomase, kao polimeri šećera, mogu se razložiti na njihove sastavne komponente, koji se mogu koristiti za fermentaciju ili druge procese za dobijanje vrednih goriva, hemikalija, materijala ili se mogu sagorevati za dobijanje toplote, pare i električne energije.

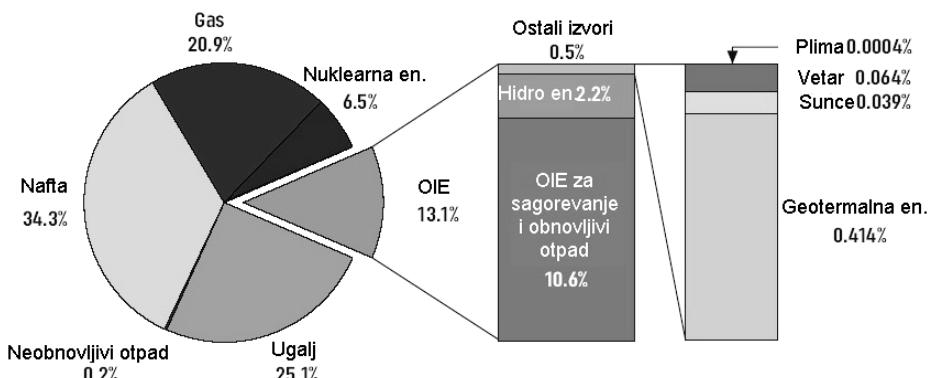
Fizički oblik i karakterističan hemijski sastav biomase uslovljavaju značajnu razliku u odnosu na fosilna goriva i ističu njenu ekološku vrednost. Činjenica da biomasa u svom sastavu ne sadrži, ili sadrži znatno manje, sumpora u odnosu na fosilna goriva, daje joj ekološki značaj. Neke osobine biomase kao što su: heterogenost, mala zapreminska gustina, velika vlažnost, varijabilnost sastava usložnjava postupke sakupljanja, transporta i lagerovanja. Dobar efekat korišćenja biomase se postiže i supstitucijom dela uglja u sistemima za sagorevanje, odnosno zajedničkim sagorevanjem biomase i uglja koji predstavlja postupak kosagorevanja /28/.

Aspekt proizvodnje biomase kao goriva se može posmatrati na dva načina. 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 /10/.

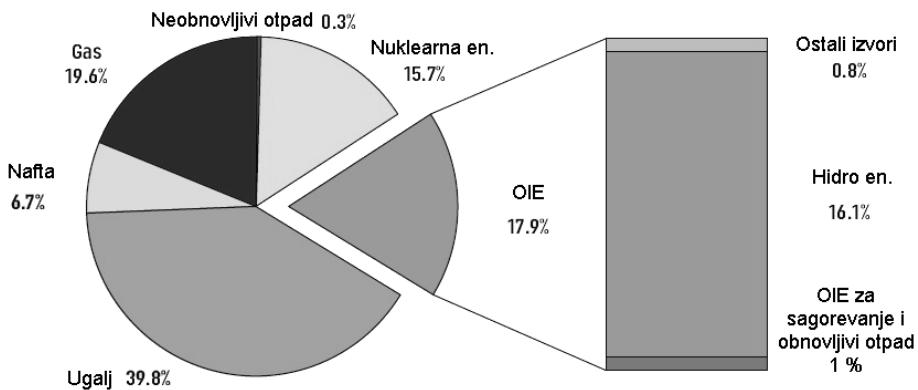
## POTENCIJAL BIOMASE

Ako su fosilna goriva proizvod delovanja sunca na biljke, koje zatim odležavaju u zemlji vrlo dug vremenski period, postavlja se opravданo pitanje zašto ne koristiti biomasu, kao gorivo, onda kada i nastaje. To pitanje je pogotovo aktuelno u našem slučaju, kada imamo manjak tečnog i gasovitog goriva, a dovoljno plodne zemlje da bi gajili dodatnu količinu biomase kao goriva.

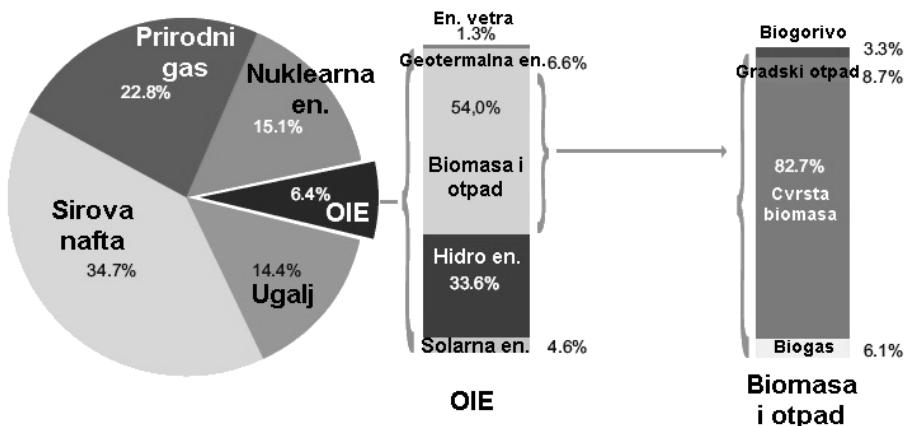
Proizvodnja bioenergije kreira nove i stalne poslove, uglavnom u ruralnom području, što doprinosi balansiranom rastu poljoprivrede. Visoki zahtevi za tehnologije konverzije i upotrebe biomase mogu se očekivati u budućnosti i iz industrijskih i iz zemalja u razvoju. Implementacija Akcionog plana biomase uključuje otvaranje 182000 dodatnih radnih mesta u EU /9/.



Sl. 1. Ukupna primarna energija u Svetu /13/



Sl. 2. Proizvodnji električne energije u svetu /13/



Sl. 3. Potrošnja energije u Evropi /29/

Početkom 2000-te zemlje EU usvajaju Zakone o obnovljivim energetima, koji podstiču korišćenje obnovljivih izvora energije. Motiv za donošenje tih zakona i pratećih propisa bio je međunarodni sporazum koji je postignut 1998. godine u Kyotou, o smanjenju emisije gasova, koji u atmosferi prouzrokuju efekat staklene baštice. Emisija gasova (ugljen-dioksid, metan, azotni dioksid i ugljovodonici) se može smanjiti kroz veće korišćenje biomase.

Države širom sveta na razne načine se odnose prema Kyoto protokolu. Zemlje Evropske unije postavile su sebi cilj da do 2010. godine udvostruče korišćenje energije iz obnovljivih izvora. Do 2001. godine biomasa se uglavnom koristila za proizvodnju toplotne, a vrlo malo za proizvodnju električne energije, a od tada većinom se spregnuto proizvode i koriste toplotna i električna energija ili se preko biogasa proizvodi električna struja.

Savet ministara Evropske Unije i Evropski parlament usvojili su 2001. godine direktivu o promociji električne energije iz OIE na internom tržištu električne energije (direktiva 2001/77/EC). Direktiva se odnosi na sledeće obnovljive energetske izvore: vetrac, sunce, geotermalnu energiju, talase, plimu, hidroenergiju, biomasu, zemni gas i

biogas. Cilj je postizanje 22,1% proizvodnje električne energije iz OIE, i učešće 12% OIE u ukupnoj potrošnji energije do 2010. godine. Predviđena je evaluacija kompatibilnosti nacionalnih ciljeva sa globalnim ciljevima. U tabeli su prikazani ciljevi OIE za proizvodnju električne energije /9/.

*Tabela 1. Ciljevi OIE za proizvodnju električne energije u državama EU*

	Belgija	Danska	Nemačka	Grička	Španija	Francuska	Irska	Italija	Luksemburg	Holandija	Austrija	Portugalija	Finska	Švedska	Velika Britanija	EU
God.	%															
1997	1,1	8,7	4,5	8,6	19,9	15	3,6	16	2,1	3,5	70	38,5	24,7	49,1	1,7	13,9
2010	6	29	12,5	20,1	29,4	21	13,2	25	5,7	9	78,1	39	31,5	60	10	22

### **PROCENE BIOMASE I STRUKTURA KORIŠĆENJA ENERGIJE U SRBIJI**

U Srbiji postoji značajan energetski potencijal obnovljivih izvora energije u iznosu od više od tri miliona tona ekvivalentne nafte godišnje. Oko 80 odsto ovog potencijala čini biomasa. Istovremeno, ukupna potrošnja fosilnih goriva je na nivou od 12 miliona tona ekvivalentne nafte. Kada bi se iskoristilo samo deset odsto potencijala biomase u iznosu od 2,6 miliona tona ekvivalentne nafte radi obezbeđenja toplotnih energetskih usluga u sektoru domaćinstava, za šta se godišnje u Srbiji potroši oko 2,5 miliona tona ekvivalentne nafte, ušteda na račun smanjenog uvoza iznosila bi oko 60 miliona evra godišnje.

Prema globalnim istraživanjima ukupni energetski potencijal ostataka biomase u našoj zemlji je procenjena na 115 000 TJ/god, a od toga ukupni energetski potencijal ostataka poljoprivredne biomase iznosi oko 65 000 TJ/god u koji se ubraja 200 000 t/god. ostataka rezidbe voćaka, vinove loze i prerađe voća /19/.

Procenjeno je da svake godine u Srbiji proizvedemo 12,5 miliona tona biomase, a najveći deo se ne koristi na razuman i racionalan način.

Energija koja bi se godišnje mogla dobiti korišćenjem biomase u Srbiji procenjena je na 2,68 miliona tona ekvivalentne nafte. Od toga se 1,66 miliona tona ekvivalentne nafte odnosi na poljoprivredu, a oko milion tona na šumsku biosamu.

Ukupni godišnji energetski potencijal biomase u Srbiji je na nivou od 40 odsto energetske vrednosti uglja koji se godišnje proizvede u našim rudnicima.

Strateška opredeljenja u Republici Srbiji predviđaju porast udela obnovljivih izvora energije i može se očekivati da će ovo pitanje biti uskoro izuzetno aktuelno sa ekonomskog i strateškog polazišta. Primena komfornih, i sa polazišta uticaja na životnu sredinu, prihvatljivih rešenja omogućila bi bolje korišćenje raspoloživih izvora energije, doprinela poboljšanju standarda stanovništva i kreirala nova radna mesta. Tako bi efekti korišćenja biomase bili ne samo ekonomski i ekološki, nego socijalni i demografski. Posebna kategorija postrojenja, namenjena grejanju na velikim imanjima i zgrada grupnog stanovanja, termičke snage 250 kW do 2 MW /17/.

Primena biomase kao goriva ima pozitivne efekte. Oni su:

- Doprinos smanjenju debalansa uvoz-izvoz.
- Doprinos uštedi fosilnih goriva i smanjenju CO<sub>2</sub> debalansa na svetskom nivou, kao i ostvarivanje deklarisanih mera na svetskom i evropskom nivou.

- Ostvaruje se manja energetska zavisnost od uvoza, posebno u slučaju krizne situacije.

- Doprinosi se većem zapošljavanju lokalnog stanovništva, posebno u ugroženim agrarnim područjima.

- Rešava se trajno snabdevanje goriva za vlastite potrebe na savremen način, uz poštovanje zahteva u pogledu zaštite životne sredine (emisija gasova i menadžment pepela).

Ima više razloga što se biomasa nije koristila kao emergent ili je to u zanemarljivim količinama. Pre svega, električna energija je naglašeno jeftina (najjeftinija među 35 zemalja Evrope), a uz to omogućuje i mnogo komfora. Drugi bitan razlog jeste odsustvo odgovarajućih pravnih i tehničkih propisa, koji bi ostvarili ambijent podsticajan za korišćenje obnovljivih izvora energije i investicije u takva postrojenja. Nedovršen odnos prema evropskim integracijama, odnosno poslovima koje treba uraditi pre no što do njih eventualno može da dođe, treći je bitan razlog. Osim toga, većina stanovništva nema dovoljno odgovoran odnos prema zaštiti životne sredine i oseća se bespomoćnim, bez inicijative je i preduzimljivosti /26/.

*Tabela 2. Proizvodnja energetika u Srbiji /25/*

Energet	Jed. mere	1939	1946	1966	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Elektroenergija ukupno	mil. kWh	275	323	4705	35650	31704	32090	31550	32426	33844
Hidroenergija	mil. kWh	10	13	1165	10825	10443	10706	10531	9211	11123
Termoenergija	mil. kWh	265	310	3540	24825	21261	21384	21019	23215	22721
Ugalj ukupno	hilj. tona	1774	1676	10193	39715	32557	31049	31622	34006	34786
Sirova nafta	hilj. tona	-	-	661	1066	805	746	682	671	653
Prirodni gas	mil. m <sup>3</sup>	-	-	195	907	729	507	400	364	317

Ministarstvo za rудarstvo i energetiku Republike Srbije usvojilo je Program ostvarivanja strategije energetike Srbije u oblasti OIE od 2006-2010., čime su promovisani ciljevi: donošenje potrebne legislative; donošenje i sprovođenje finansijskih mera i aktivnosti, radi podsticanja korišćenja OIE; donošenje i sprovođenje nefinansijskih mera i aktivnosti, radi podsticanja korišćenja OIE; realizacija investicionih projekata u oblasti korišćenja OIE; praćenje i kontrola realizacije razvoja strategije u oblasti OIE /26/.

Neki konkretni ciljevi su:

- Da minimalni udeo OIE u proizvodnji električne/toplotne energije u Srbiji do 2010. god bude najmanje 3%;

- Da udeo električne/toplotne energije dobijene iz OIE i biogoriva za motorna vozila u ukupno potrošenoj energiji opština, gradova i grada Beograda tokom godina bude najmanje 2,5%.

- Državni fond subvencionisaće sa po 2 €cent cenu svakog kWh električne energije, proizvedene iz OIE i isporučene potrošačima preko prenosne/distributivne mreže.

- Državni fond i nadležni organ lokalne samouprave, grada, odnosno grada Beograda, po principu "pola-pola", subvencionisaće sa 1,0 €cent cenu svakog kWh toplotne energije, dobijene korišćenjem OIE i isporučene potrošačima preko komunalnog sistema za distribuciju toplotne energije.

- Državni fond i nadležni organ lokalne samouprave, grada, odnosno grada Beograda, po principu "pola-pola", subvencionisaće sa 6,0 €cent cenu svakog litra 100%-nog biodizela ili drugog energenta proizведенog iz OIE, koja se preko registrovane prodajne mreže proda na teritoriji lokalne samouprave.

- Državni fond i nadležni organ lokalne samouprave, grada, odnosno grada Beograda, po principu "pola-pola", subvencionisaće sa 6,0 €cent svaku procentualnu količinu biodizela ili drugog energenta proizведенog iz OIE, koja se preko registrovane prodajne mreže proda u okviru mešavine dizel-goriva, odnosno benzina, fosilnog porekla na teritoriji lokalne samouprave.

- Državni fond OIE subvencionisaće se sa po 2,5 €cent cenu svakog litra tečnog ili gasovitog biogoriva koje se posredstvom distributivne mreže isporuči za pogon motornih vozila.

## ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Procenjuje se da će u Srbiji doći do znatnog porasta broja ljudi zaposlenih u područjima projektovanja, planiranja, realizacije i eksploracije postrojenja za korišćenje OIE /1/. Konkretno, sprovođenjem Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine na način opisan u elaboratu za Ministarstvo rудarstva i energetike otvorice se prostor za zapošljavanje novih 24.300 radnika i to: 3.680 radnika na održavanju novoizgrađenih postrojenja, 18.410 radnika na projektovanju i proizvodnji postrojenja, 2.210 radnika u pratećim delatnostima.

Prema istraživanjima nekih autora dobijaju se podaci da će se u vremenu 2007-2010. ostvariti ukupna proizvodnja energije iz pojedinih vidova biomase i to iz: čvrste biomase i komunalnog otpada  $156.438 \text{ MWh}$ , biogasa  $1.932 \cdot 10^3 \text{ Nm}^3$ , biodizela  $320 \cdot 10^3 \text{ t}$ , etanola  $180 \cdot 10^3 \text{ t}$ , odnosno ukupno tečnih biogoriva  $500 \cdot 10^3 \text{ t}$ .

Nedostaci biomase, kao biogoriva, su: veliki prostor za skladištenje; nepogodnost za skladištenje; mala zapreminska gustina; mala toplotna moć po jedinici zapremine; vlažnost; neekonomičnost većine postojećih tehnologija za sagorevanje

Jedan od načina za prevazilaženje nepogodnosti primene biomase, i korišćenje prednosti koje pruža je formiranje biobriketa /19/. Zapreminska masa biobriketa je preko  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Stepen iskorišćenja skladišnog prostora biobriketa je od 60-95%. Koeficijent skladištenja od 0,1-0,4 pokazuje da biobriketi zauzimaju deseti do četrdeseti deo zapremine koju zauzima biomasa u osnovnom stanju. Donja toplotna moć biobriketa je  $15-19 \text{ MJ/kg}$ . Zapreminska toplotna moć iznosi: za biomasu u osnovnom stanju iznosi  $368-5194 \text{ MJ/m}^3$ ; za biobriket  $13570-19300 \text{ MJ/m}^3$ ; za biobriket u nasutom stanju  $5990-12900 \text{ MJ/m}^3$ .

## LITERATURA

- [1] Babić, M., Babić, Ljiljana, Martinov, M.: Stanje i mogućnosti korišćenja biomase kao goriva u poljoprivredi, časopis "Savremena poljoprivredna tehnika", 20 (1994) 4, Novi Sad, 171-178.
- [2] Baler for the harvesting without shredding pruning-wood from vineyards and fruit trees in general, Commission of the European Communities, Contract No EE/089/82, 1996.
- [3] Biomass-Fired District Energy Santa Fe – Fuel Study, LOCAL ENERGY, Santa Fe, New Mexico, USA; BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH, Graz, Austria (2004). 13-14.
- [4] Brkić, M., Galić, S., Vrtikapa, N.: Energetska efikasnost sušenja semenskog kukuruza u klipu sopstvenim oklaskom, Savremena poljoprivredna tehnika, Vol. 33 (2007), No. 1-2, Novi Sad, 106-115.
- [5] Brkić, M., Janić, T.: Sušenje povrća u tunelskim sušarama biomasom na malom gazdinstvu, Savremena poljoprivredna tehnika, Vol. 32 (2006), No. 1-2, Novi Sad, 71- 78.
- [6] Costello, R., Chum, L. Helena: Biomass, bioenergy, and carbon management, BioEnergy '98: Expanding BioEnergy Partnerships, 11-17.
- [7] Di Blasi,C.,Tanzi, V. And Lanzetta, M.: A study on the production of agricultural residues in Italy, Biomass and Bioenergy, Vol. 12, No.5, (1997), 321-331.
- [8] Đaić, N.: 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, (2002), Podgorica, 15-20.
- [9] EUROPEAN RENEWABLE ENERGY COUNCIL, Renewable Energy House, EUROPEAN BIOMASS INDUSTRY ASSOCIATION, Renewable Energy House: Bioenergy, Brussels, (2007).
- [10] Grubor, B., Repić, B.: 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 (1998), br. 3, Novi Sad, 112-114.
- [11] Ilić, M., Gruber, B., Tešić, M.: The state of biomass energy in Serbia, Thermal science, (2004) 8/2,5-20.
- [12] Ilić, M.: Uvod o tehnologijama konverzije biomase, "Energetski potencijal i karakteristike ostataka biomase i tehnologije za njenu pripremu i energetsko iskorišćenje u Srbiji", Studija je uradena u okviru projekta ev. broj NP EE611-113A finansiranog od strane Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije, Beograd,(2003),109-112.
- [13] International Energy Agency (IEA), OECD/IEA: RENEWABLES IN GLOBAL ENERGY SUPPLY, An IEA Fact Sheet, IEA Publications, Paris, France, (2007).
- [14] International Energy Agency, OECD/IEA: BIOFUELS in a global context, Sustainable Biofuels Certification Stakeholder Meeting, Renewable Energy Unit, Lausanne, Switzerland, (2006).
- [15] Janić, T., Brkić, M., Erdeljan, Z.: Sagorevanje balirane biomase, PTEP - časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Vol. 2 (1998), br. 3, Novi Sad, 117-121.
- [16] Mardikis, M., Nikolaou, A., Djouras, N., Panoutsou, C.: Agricultural Biomass in Greece: Current and Future Trends, "Biomass and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies", OECD Publication Service, Paris, (2004), 363-376.
- [17] Martinov, M., Tešić, M., Brkić, M.: Ostaci biljne proizvodnje kao izvor energije - Case study opština Bečeј, Pik "Bečeј", Savremena poljoprivredna tehnika, Vol. 32 (2006), No. 1-2, Novi Sad, 10-17.
- [18] Mitić, D.: Briketiranje biomase, PTEP - časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Vol. 2 (1998), br. 3, Novi Sad, 67-70.
- [19] Oka, S., Jovanović, Lj.: Biomasa - obnovljivi izvori energije, monografija, Biblioteka naučnoistraživačkih dostignuća, Jugoslovensko društvo termičara, Beograd (1997).
- [20] Perunović, P., Brkić, M., Pešenjanski, I., Janić, T.: Poljoprivredni otpaci - briketirati ili ne, PTEP - časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Vol. 2 (1998), br. 3, Novi Sad, 96-98.

- [21] Radojević, R., Živković, M., Urošević, M., Vulić, T., Radivojević, D.: Biljni ostaci voćnjaka kao biomasa i obnovljivi izvori energije, PTEP - časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Vol. 9 (2005), br. 3-4, Novi Sad, 85-87.
- [22] Rakin, P.: 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, (2002), Podgorica, 107-112.
- [23] Samardžija, M., Furman, T., Tomić, M., Savin, L., Nikolić, R., Simikić, M.: Prednosti proizvodnje biodizela u malim postrojenjima, Savremena poljoprivredna tehnika, Vol. 33 (2007), No. 3-4, Novi Sad, 196-204.
- [24] Sibalszky, Z.: Racionalizacija energije u poljoprivredi - trendovi razvoja u svetu, PTEP - časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Vol.2 (1998), br.1-2, Novi Sad, 1-3.
- [25] Statistički godišnjak Srbije 2006., Republički zavod za statistiku Srbije, Beograd (2006).
- [26] Tešić M, Babić M, Martinov M: Predstojeći podsticaji za korišćenje biomase kao energenta, Savremena poljoprivredna tehnika, Vol. 33 (2007), No. 1-2, Novi Sad, 53-59.
- [27] Tešić, M., Igić, S., Adamović, D.: Proizvodnja energije - novi zadatak i izvor prihoda za poljoprivredu, Savremena poljoprivredna tehnika, Vol. 32 (2006), No. 1-2, p. 1-131, Novi Sad, 1-9.
- [28] Todorović, Marija, Kosi, F.: Obnovljivi izvori energije i sirovina - tehnologije korišćenja biomase za energiju i industriju, "Informacione tehnologije i razvoj poljoprivredne tehnike" DPT '98, Beograd (1998), 29-36.
- [29] UNEP. GEO (Global Environment Outlook), Year Book 2007, 2006 Overwiev, ISBN: 978-92-807-2786-9, (2007).
- [30] Zubac, M.: Tehnologija briketiranja - peletiranja biomase, PTEP - časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Vol. 2 (1998), br. 1-2, Novi Sad, 49-51.

## POSSIBILITY OF BIOMASS USE - RENEWABLE ENERGY SOURCE

**Rade Radojević, Milovan Živković, Dušan Radivojević, Steva Božić**

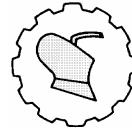
*Faculty of Agriculture - Belgrade*

**Abstract:** Biomass is made of plant material used as fuel or transformed into other forms prior to combustion. Biomass is biodecomposable fraction of products: agricultural waste and remains (including plant and animal material), forestry and wood industry but also biodecomposable fractions of industrial and municipal solid waste.

The use of biomass as energy source dates far back into the past. In most underdeveloped countries it still represents the major source of energy in households. However, currently the use of biomass as renewable energy source apart from household continues to rise. Of the renewable sources of energy, the biomass potential ranks first.

The bioenergy potential is huge and widespread. Currently biomass is the major source of total world energetic needs. Of the available renewable energy sources it accounts for 12% (50 EJ/year) of the total world needs (406 EJ/year). The use of biomass is primarily based on agricultural and forestry waste. Due to its bioenergetic properties it can be used in small, mid and large plants for numerous processing and utilization schemes.

**Key words:** *fuel, energy, biomass use, renewable energy source.*



UDK: 631.372

## HIPERTERMija KAO POTENCIJALNA OPASNOST PO ZDRAVLJE TRAKTORISTE

**Dragan Ružić, Vladimir Muzikravić, Nenad Poznanović**

*Fakultet tehničkih nauka - Novi Sad*

*ruzic@uns.ns.ac.yu*

**Sadržaj:** Toplotni uslovi na traktorskom sedištu su pored komfora traktoriste važan činilac i za njegovo zdravlje i radnu sposobnost, time i za bezbednost u radu i u saobraćaju. Traktor, a time i traktorista, mogu se naći u ekstremnim klimatskim uslovima, od veoma niskih do veoma visokih temperatura, zajedno sa dejstvom ostalih nepovoljnijih uticaja (zagadenost vazduha prašinom i izduvnim gasovima pogonskog motora, a ponekad i kapljicama sredstava za zaštitu bilja). Boravak u takvim uslovima, može imati mnoge nepovoljne posledice ne samo na radnu sposobnost nego i na zdravlje.

U radu je objašnjen mehanizam nastanka hipertermije i toplotnog udara i dat je prikaz metoda za poboljšanje toplotnih uslova traktoriste koja se danas sreću na poljoprivrednim traktorima.

**Ključne reči:** kabina, mikroklima, hipertermija, toplotni osećaj.

### UVOD

Čovek danas provodi veći deo vremena u zatvorenom prostoru, što može biti stambeni ili radni prostor ili prevozna sredstva sa zatvorenom kabinom, gde spadaju i poljoprivredni traktori. Kao i u građevinskim objektima, i u traktorskoj kabini postoji potreba da se čovek osećaj ugodno i da mu se stvore uslovi za neometano obavljanje aktivnosti, bez obzira na stanje i promenljivost spoljašnjih uslova. Faktori koji utiču na komfor u nekom okruženju, dakle i u traktorskoj kabini, mogu se podeliti na tri grupe: dinamički faktori (vibracije, udari i ubrzanja), ambijentalni faktori (mikroklima, kvalitet vazduha, buka, promene pritiska) i prostorni faktori (ergonomija). Ovaj rad ograničava se samo na ambijentalne faktore i to na oblast mikroklima.

Poljoprivredni traktor predstavlja univerzalno i korisno oruđe koje, pored stalnog napretka u tehničkom smislu, prati i stalno povećanje njegove cene na tržištu. Da bi ulaganje u jedan savremeni traktor bilo isplativo, on mora biti upotrebljiv u svim

uslovima eksploatacije, praktično preko cele godine. Zbog toga traktor, a time i traktorista, mogu biti izloženi ekstremnim klimatskim uslovima, na prvom mestu veoma visokim temperaturama, zajedno sa dejstvom drugih mogućih nepovoljnih uticaja (aerozagadenje). Nepovoljni uslovi posredno i neposredno umanjuju čovekovu sposobnost za izvođenje raznih aktivnosti i utiču na njegovo zdravstveno stanje. Nasuprot tome, dobar ambijent rezultira njegovom većom radnom sposobnošću, a povoljno okruženje smanjenjem zamaranja traktoriste.

Iz tog razloga, traktorske kabine se opremaju različitim sistemima koji imaju zadatku da ostvare zdrav i ugodan ambijent, bez obzira na spoljašnje uslove. U hladnim spoljašnjim uslovima, za zagrevanje vazduha koji ulazi u kabinu po pravilu se koristi otpadna toplota motora. Međutim, u toplim spoljašnjim uslovima neophodan je složeniji i skuplji sistem za kondicioniranje vazduha, koji treba da snizi temperaturu i vlažnost vazduha.

U radu su prikazane specifičnosti mikroklima u traktorskoj kabini i objašnjeno je funkcionisanje termoregulacionog sistema čovekovog organizma u smislu reakcije na toplotno opterećenje, zajedno sa uslovima koji vode ka hipertermiji i mogućem toplotnom udaru. Pored toga, date su metode mogućeg poboljšanja toplotnih uslova u kabini, uporedno sa primerom određivanja subjektivnog toplotnog osećaja i analizom uticajnih faktora. Na osnovu toga su izvedeni zaključci o najbitnijim parametrima od uticaja na sprečavanje nastanka nepovoljnog radnog okruženja traktoriste.

## TOPLOTNI USLOVI U KABINI

Pored dovođenja toplote od strane pogonskog agregata traktora (sa prednje i donje strane kabine), sunčev zračenje je glavni izvor zagrevanja kabine. Zato će temperatura vazduha u neklimatizovanoj kabini traktora izloženog suncu biti znatno viša nego spoljašnja temperatura. Sunčev zračenje ne predaje energiju direktno vazduhu, nego se unutrašnje površine zagrevaju dejstvom sunčevog zračenja kroz stakla kabine. Zagrejane površine unutrašnjosti predaju toplotu zračenjem i konvekcijom (kao u staklenoj bašti). Takođe, sunce prouzrokuje zagrevanje spoljašnjih površina kabine, sa kojih se toplota predaje vazduhu u unutrašnjosti. Velik uticaj na zagrevanje vazduha u kabini traktora ima odavanje toplote sa svih zagrejanih površina, kako stakla tako i ostalih površina u unutrašnjosti kabine, dakle od njihovih toplotnih karakteristika (od koeficijenata refleksije i apsorpcije, od toplotnog kapaciteta materijala i dr.).

Od razlika temperature u kabini i van nje zavisiće protok toplote kroz omotač kabine. U slučaju da kabina nije klimatizovana, a zatvorena je, toplota će se zapravo odvoditi iz nje, jer će u kabini temperatura biti viša od spoljašnje. Međutim, u realnoj eksploataciji se ne može očekivati boravak traktoriste u zatvorenoj neklimatizovanoj kabini.

Direktno dejstvo sunca na traktoristu kroz stakla i otvore kabine utiče na njegov toplotni komfor zbog apsorpcije toplotne energije sunca koja dovodi do povećanja temperature kože i odeće. Indirektna posledica su visoka temperatura vazduha, zračenje okolnih površina i njihova visoka temperatura, koja u nekim situacijama može biti i opasna, zbog pojave opeketina [10].

## TOPLOTNO OPTEREĆENJE TRAKTORISTE

Pod topotnim opterećenjem se smatra količina toplotne koju odaje ili prima čovekov organizam u uslovima narušene toplotne ravnoteže, od umerene neugodnosti do ozbiljnih poremećaja funkcionalnosti organizma. Toplotno opterećenje koje trpi traktorista u kabini traktora nepovoljnije je u toplim nego u hladnim uslovima. Uslovi hladniji od neutralnih nisu toliko opasni, jer se dejstvo ispoljava sporije i lakše su intervencije ponašanjem, npr. podešavanje odeće [6]. Više spoljašnje temperature, zajedno sa sunčevim zračenjem, mogu dovesti do povišenja temperature unutrašnjosti kabine iznad bezbednih granica.

Faktori koji utiču na razmenu toplotne između čovekovog tela i okruženja (u šta spada i traktorska kabina), a tim i na toplotni osećaj, dele se u dve grupe: na ambijentalne i na individualne faktore. U ambijentalne spadaju [11]:

- temperatuta vazduha  $t_a$  [ $^{\circ}$ C],
- srednja temperatuta zračenja  $t_{mr}$  [ $^{\circ}$ C],
- brzina vazduha  $v_a$  [m/s],
- relativna vlažnost vazduha RH [%], Pa].

U najuticajnije individualne faktore se ubrajaju [11]:

- aktivnost osobe  $M$  [Met, W/m<sup>2</sup>], i
- izolacija odeće  $I_{Cl}$  [Clo, m<sup>2</sup>K/W].

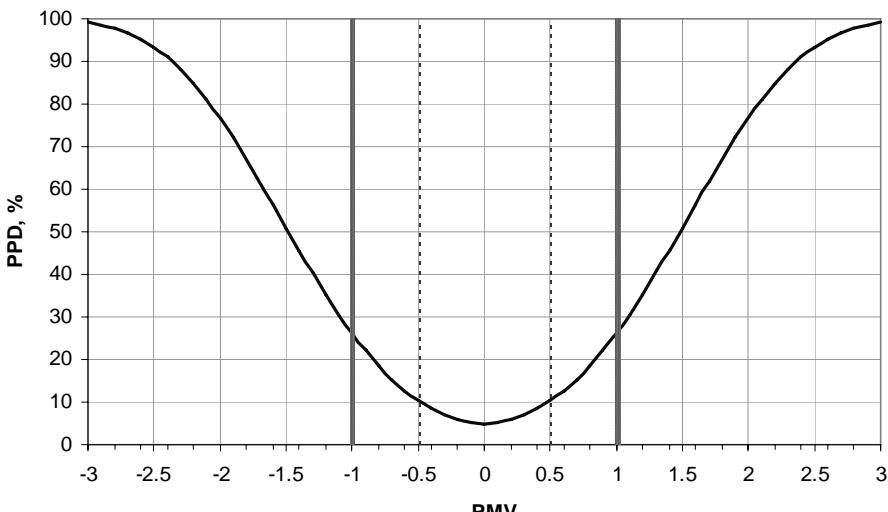
Čovekov organizam sa okolinom razmenjuje toplotu na dva načina, osetno (konvekcija, zračenje, kondukcija) i latentno (odvođenje preko vodene pare). Toplotni bilans čovekovog organizma i okoline u stacionarnim uslovima, može se po jedinici površine tela napisati kao:

$$S = M - W_k - E_{sk} - E_r - C - R - C_k \quad [W/m^2], \quad (1)$$

gde su:

- $S$  - promena količine toplotne u telu (ako je  $S > 0$ , toplota se dovodi telu, ako je  $S < 0$ , toplota se odvodi),
- $M$  - toplotna stvorena metabolizmom unutar tela,
- $W_k$  - mehanički rad koji čovek vrši (može se uzeti da je jednak nuli),
- $E_{sk}$  - odvođenje toplotne isparavanjem sa kože,
- $E_r$  - oslobađanje toplotne disanjem,
- $C$  - prenos toplotne konvekcijom,
- $R$  - prenos toplotne zračenjem,
- $C_k$  - prenos toplotne kondukcijom.

Na osnovu jednačine (1) izvedene su jednačine za PMV (*Predicted Mean Vote*) i PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) indeks, koji opisuju koliko je odstupanje od komfora u nekom ambijentu i koliki bi procenat ljudi bio nezadovoljan okruženjem [7]. Ograničenja ovih jednačina su primenljivost samo na stacionarne uslove koji traju duže od 15 minuta i za stanje blisko neutralnom. Ipak u svrhu poređenja različitih uslova, mogu se primeniti i za nešto šire granice.



Sl. 1. Zavisnost PMV i PPD

Generalno, topotni komfor je ostvaren ako je PMV u granicama od  $-0,5$  do  $+0,5$  ( $PPD = 5\%$  nezadovoljnih), a uslovi se mogu smatrati neugodnim ako je PMV van granica  $\pm 1$  ( $PPD > 25\%$ ) [7, 8, 11]

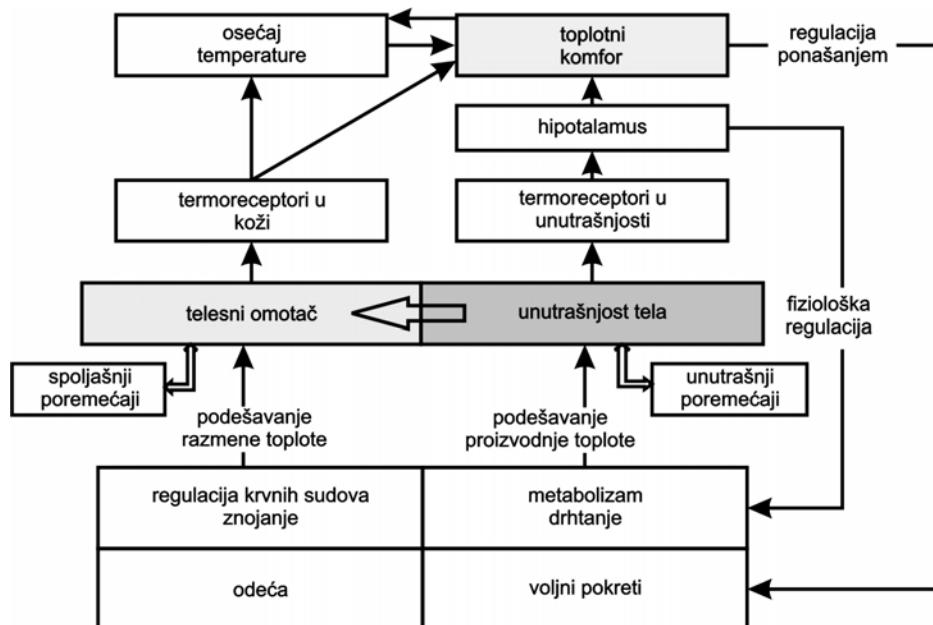
### REGULACIJA TEMPERATURE ČOVEKOVOG ORGANIZMA

Sistem koji reguliše temperaturu tela nalazi se u hipotalamusu, koji je deo međumozga. On prima signale od senzora za registrovanje topotnih nadražaja. Postoje dve vrste senzora - receptora termoregulacionog sistema. Jedni se nalaze u koži (posebni senzori za toplo i hladno), a drugi u mozgu i telu. Koža je skoro cela osetljiva na hladno i toplo, ali su pojedine površine osetljivije od drugih i više je senzora osetljivih na hladno nego na toplo.

Regulacioni centar u hipotalamusu radi kao termostat koji je podešen na vrednost od oko  $37^{\circ}\text{C}$  za unutrašnjost organizma, i na vrednost od oko  $33^{\circ}\text{C}$  za kožu. Prema tome, mehanizam hlađenja tela treba da počne kada temperatura unutrašnjosti tela pređe  $37^{\circ}\text{C}$ , a odbrana od hlađenja da se aktivira kada temperatura kože padne ispod  $33^{\circ}\text{C}$ . Granice regulacije mogu biti u nekoj meri promenljive, što zavisi od fizioloških uslova, a i termoregulacioni sistem održava topotnu ravnotežu sa malim oscilacijama. U slučaju topotnog opterećenja organizma, kada je dotok topote veći od odvođenja, povišenje telesne temperature se mora spričiti, da bi se očuvao pravilan metabolički rad organizma. Te reakcije na topotno stanje mogu biti reakcije u ponašanju ili fiziološke (Sl. 2).

Ako odvođenje topote nije dovoljno u odnosu na stvaranje topote u telu, prva reakcija termoregulacionog sistema je širenje krvnih sudova i ubrzavanje pulsa. Više krvi se odvodi iz unutrašnjosti u kožu, povećava se temperatura površine kože i sa time raste i odavanje topote. U okruženju sa temperaturom višom od površine tela (oko  $34^{\circ}\text{C}$  i više) telo dobija topotu putem zračenja i konvekcije, pa isparavanje znoja ostaje jedini

način za odvođenje toplote i sprečavanje podizanja temperature unutrašnjosti tela [1]. Povećanje temperature unutrašnjosti tela od samo nekoliko desetih stepena može inicirati znojenje, što je neophodno za održanje toplote ravnoteže, ali nepovoljno u pogledu ugodnosti [1].



Sl. 2. Princip rada čovekovog termoregulacionog sistema [1] (tanke strelice prikazuju tok signala, dvostrukе strelice prikazuju protok topline)

Zbog pojačanog znojenja organizam gubi tečnost. Granične vrednosti ukupnog gubitka vode su 5% za umerenu dehidraciju, odnosno 10% za opasnu [4]. Ukoliko zbog gubitka tečnosti znojenje prestane, dalje dovođenje topline bez adekvatnog rashlađivanja organizma vodi ka povišenju temperature unutrašnjosti tela i ka hipertermiji. U zavisnosti od temperature unutrašnjosti tela, hipertermija se može podeliti u tri faze, sa sledećim pokazateljima [4]:

1. Toplotno opterećenje, neugodnost, fiziološko naprezanje, pad koncentracije
2. Toplotna iscrpljenost, žed, slabost, nervozna, vrtoglavica, glavobolja, dehidracija (temperatura unutrašnjosti tela od 37 do 40 stepeni)
3. Toplotni udar (temperatura unutrašnjosti tela preko 40 stepeni), praćeno otkazom centralnog nervnog sistema, što rezultuje delirijumom, grčevima, komom i na kraju smrću (u 80% slučajeva toplotnog udara [4])

Uslovi koji vode ka hipertermiji su: visoka temperatura vazduha i toplotno zračenje, visoka vlažnost vazduha, nedostatak strujanja vazduha, neodgovarajuće odevanje, neaklimatizovanost, povećana fizička aktivnost. Pod navedenim uslovima, u rizičnu grupu spadaju osobe sa viškom kilograma, osobe koje nisu zdrave, nisu aklimatizovane ili su dehidrirane zbog prethodne konzumacije alkohola, bez mogućnosti naknadnog unošenja tečnosti u organizam.

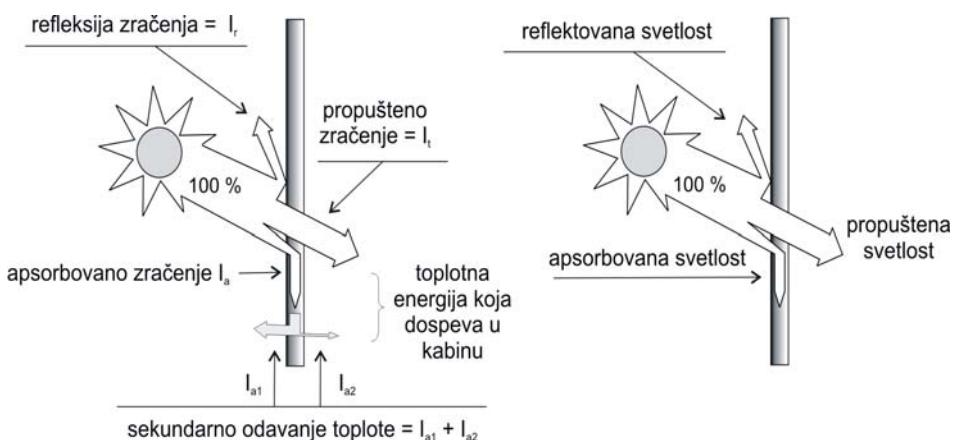
## METODE POBOLJŠANJA TOPLOTNIH USLOVA U KABINI

Osnovne konstruktivne karakteristike traktorske kabine od značaja za mikroklimu jesu veliki procenat staklenih površina (takođe sve sem krova i poda), relativno mala zapremina prostora i blizina izvora toplote (motor i transmisija).

Prirodna ventilacija kabine se ostvaruje otvaranjem vrata, bočnih prozora, kao i zadnjeg prozora. Specifičnosti spoljašnjih uslova traktora su male brzine kretanja što ujedno znači i male brzine vazduha kod prirodne ventilacije, uz visok sadržaj prašine i ostalih kontaminanata vazduha iz okruženja. To prirodnu ventilaciju čini nepogodnom zbog nemogućnosti kontrole i prečišćavanja vazduha. Osim toga, radni uslovi često nameću rad bez česte promene pravca kretanja u okruženju gde nema prirodnih zeklona od sunca. Sve to skupa ukazuje da u toplom periodu godine traktorista može biti izložen izuzetno velikim topotnim opterećenjima, na čemu je i akcenat ovog rada.

Prinudna (veštačka) ventilacija se ostvaruje električnim ventilatorima i sistemom razvoda svežeg vazduha u kabину, na više mesta sa podešivim usmerivačima. U pogledu kvaliteta prinudne ventilacije veoma je važno da se sveži vazduh uduvava na više mesta u kabini i kroz otvore većeg poprečnog preseka, čime se smanjuje brzina uduvanog vazduha, a time i osećaj promaje.

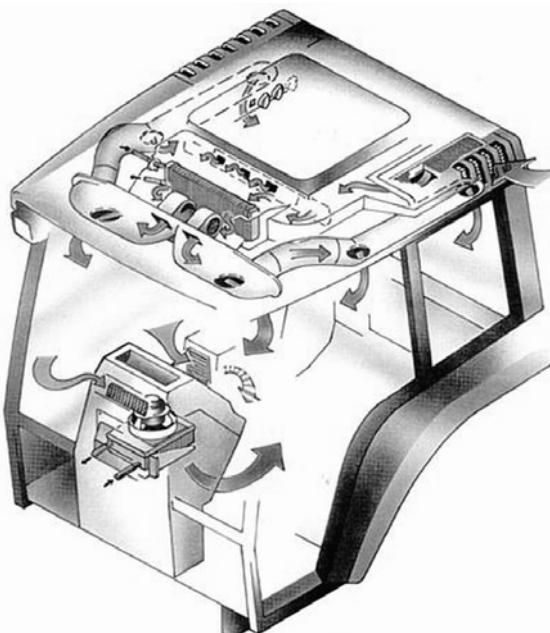
Osnovno sredstvo zaštite traktoriste od zračenja sunca, pored podešivih suncobranova, jeste i ugradnja toniranih, zatamnjениh stakala kabine. Zatamnjena stakla spadaju u tzv. apsorptivna stakla, gde se apsorbuje deo i vidljivog i infracrvenog spektra, te je propustljivost vidljive svetlosti nešto manja u poređenju sa netoniranim staklima. Staklu zbog toga raste temperatura i ono emituje topotnu energiju u okolinu: jedan deo van kabine, a drugi u unutrašnjosti, kao sekundarno odavanje toplote (Sl. 3, levo). Odavanje toplote ka unutrašnjosti kabine biće manje ako postoji strujanje vazduha sa spoljašnje strane kabine, tj. hlađenje stakla, zbog većeg odvođenja toplote konvekcijom. Kako su brzine kretanja traktora male, ne računajući brzinu veta, taj mehanizam ima manje efekta nego što je to slučaj npr. kod drumskih vozila.



Sl. 3. Prenos toplote ukupnog zračenja (levo) i prolaza vidljive svetlosti kroz staklo (desno)

Radi normalizacije tople mikroklimе u traktorskoj kabini koriste se kompresorski klima uređaji. Traktori veće snage su po pravilu znatno bolje opremljeni sistemima za normalizaciju mikroklimе [2, 3], (Sl. 4.). Razlog je na prvom mestu u tome što cena opreme po pravilu ne zavisi mnogo od veličine traktora, pa je uticaj doplate na ukupnu cenu traktora znatno manji kod skupljih traktora. Ipak, topotno opterećenje traktoriste može biti velika smetnja u bilo kojoj kategoriji traktora.

Osim postizanja i održavanja željene temperature vazduha u kabini, zadaci klima uređaja su i izdvajanje vlage iz vazduha i prečišćavanje vazduha. Kako je rečeno, sistem je složen i sastoji se od kompresora, kondenzatora, prečistača/sušača, ekspanzionog ventila, i isparivača, zajedno sa odgovarajućim sistemom prinudne ventilacije. Upravljanje klima uređajem vrši se pomoću različitih sistema, od krajnje jednostavnih do složenih, potpuno automatizovanih.



Sl. 4. Sistem razvoda vazduha u kabini savremenog traktora (Valtra)

U kabini bez klima uređaja, otvaranje prozora i upotreba ventilacije su jedini načini za poboljšanje uslova, a tendencija da se iz razloga bezbednosti i akustičnog komfora otvaranje prozora manje koristi, čini problem izraženijim. I pored toga, zatvorene kabine bez klimatizera i dalje imaju svoje mesto na tržištu, po pravilu iz ekonomskih razloga, čak i u oblastima gde se tokom cele godine ili u jednom delu godine mogu javiti visoke temperature vazduha i snažno sunčevvo zračenje. Međutim, klima uređaj koristi energiju motora traktora i svaka situacija kada je motor isključen ili je klima uređaj neispravan jednak je situaciji kao kod kabine bez klima uređaja. Sličan slučaj je i dugotrajan rad motora na praznom hodu, kada učinak kompresora može biti nedovoljan. Zbog toga je na prvom mestu potrebna zaštita unutrašnjosti kabine od prodora topote, a ne samo njeno odvođenje.

Značaj primene klima uređaja biće ilustrovan preko primera računskog procenjivanja toplotnog osećaja na osnovu razmene toplove između traktoriste i okruženja, izračunavanjem PMV i PPD. Toplotni uslovi će se analizirati za sledeće usvojene vrednosti individualnih i ambijentalnih parametara, koje se mogu sresti u umereno toplijim uslovima:

- aktivnost vozača traktora  $M = 2$  Met  $= 115 \text{ W/m}^2$ ,
- izolacija lake letnje odeće uključujući i sedište  $I_{cl} = 0,5$  Clo  $= 0,078 \text{ m}^2\text{K/W}$ .
- temperatura vazduha u kabini  $t_a = 30^\circ\text{C}$ ,
- srednja temperatura zračenja  $t_{mr} = 34^\circ\text{C}$ ,
- relativna vlažnost vazduha RH  $= 30\%$ ,
- srednja brzina vazduha  $v_a = 0,8 \text{ m/s}$ .

U tim uslovima su PMV  $= 2,05$  i PPD  $= 79\%$ , a sa tela putem isparavanja znoja treba odvesti  $S = 63 \text{ W/m}^2$ . Ukoliko je to na neki način sprečeno, npr. usled dehidracije ili neprikladne odeće (slabe propustljivosti vlage) može se očekivati porast temperature unutrašnjosti tela, sa gore navedenim negativnim posledicama. Mere za poboljšanje uslova, u vidu smanjenja aktivnosti (na 1,5 Met) i povećanja, u pogledu komfora već visoke brzine vazduha (na 1,0 m/s), uz iste ostale uslove, za rezultat daju PMV  $= 1,67$  i PPD  $= 60\%$ , pri čemu se "višak" toplove smanjio na  $S = 40 \text{ W/m}^2$ . Takvi uslovi, nešto povoljniji, i dalje spadaju u neugodne [8], bez obzira na preduzete mere kao što je intenziviranje ventilacije. Kako jednačina za PMV ne uzima u obzir toplotu dobijenu direktnim zračenjem sunca na traktoristu, uslovi mogu biti još nepovoljniji, ukoliko ne postoji adekvatna zaštita od sunca.

Međutim, pod prvobitnim uslovima ( $M = 2$  Met,  $I_{cl} = 0,5$  Clo), da bi se PMV smanjio ispod 1,0 i PPD ispod 25%, potrebno bi bilo spustiti temperaturu vazduha na barem  $25^\circ\text{C}$  (uz pretpostavku da se adekvatno smanjila i srednja temperatura zračenja), uz smanjenje brzine vazduha na oko 0,5 m/s. Iz navedenog se može zaključiti da se topotna ugodnost u razmatranim uslovima može ostvariti jedino primenom uređaja koji je u stanju da snizi temperaturu vazduha.

## ZAKLJUČAK

Poređenjem preduslova potrebnih za pojavu topotne neugodnosti pa i hipertermije, tj. neželjenog povećanja telesne temperature preko prihvatljivih granica, kao i moguće kombinacije ambijentalnih i individualnih parametara od uticaja na razmenu toplove između čovekovog tela i okoline, zaključeno je da traktorista nesumnjivo može biti izložen nepovolnjom dejstvu topote sa mogućim negativnim posledicama. Osim toga, utvrđeno je da je u uslovima koji se mogu normalno sresti u toploj periodu godine, praktično nemoguće postići pogodne topotne uslove bez primene efikasne zaštite od sunca i kondiciranja vazduha, na prvom mestu smanjenja njegove temperature kao najuticajnijeg faktora.

Sama činjenica da je, između ostalog, zbog veoma velikih staklenih površina traktorista izloženiji dejstvu sunca nego što je to slučaj kod vozača drumskih vozila, navodi na opravdanost ulaganja napora u dalja istraživanja metoda za efikasno poboljšanje topotnih uslova u njegovom radnom ambijentu.

## LITERATURA

- [1] Bates G., Veronica Miller: The effects of the thermal environment on health and productivity, IOHA 2005 Pilanesberg: Paper B2-3
- [2] Časnji F., Ružić D., Muzikravić V.: Uporedna analiza ergonomskih karakteristika traktora raznih kategorija, Traktori i pogonske mašine 10(2005)5, str. 78-83.
- [3] Časnji F., Ružić D. (2005): Pregled ergonomskih karakteristika traktora velike snage, MVM - Monografija povodom 30 godina izdavanja časopisa, Mašinski fakultet u Kragujevcu, s. 9-19.
- [4] Catherine McLaren, Null J., Quinn J. (2005): Heat Stress From Enclosed Vehicles: Moderate Ambient Temperatures Cause Significant Temperature Rise in Enclosed Vehicles, Pediatrics, 116, str. 109-112.
- [5] DIN 1946-3, Entwurf, Raumlufttechnik, Teil 3: Ventilation von Personenkraftwagen und Lastkraftwagen, 2003.
- [6] <http://ergo.human.cornell.edu/studentsdownload/DEA350notes/Thermal/thcomnotes1.html> jun 2006.
- [7] ISO 7730:1994(E) Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort
- [8] Janssen J: Lufttürung in Fahrerkabine unter dem Gesichtspunkt der thermischen Behaglichkeit, Grundl. Landtechnik Bd. 34 (1984) 5, str. 198-205.
- [9] Ružić D., Časnji F., Muzikravić V. (2006): Thermal load on passengers in an automobile cabin, International Congress Motor Vehicles & Motors 2006, Kragujevac.
- [10] Ružić D., Časnji F., Muzikravić V.: Značaj klimatizacije traktorske kabine, Traktori i pogonske mašine 10(2005)4, str. 63-67.
- [11] Ružić D. (2006): Uticaj klimatizacije na topotni komfor u putničkom automobilu, magistarski rad, FTN Novi Sad.

## HYPERTHERMIA AS A POTENTIAL THREAT FOR TRACTOR DRIVER'S HEALTH

**Dragan Ružić, Vladimir Muzikravić, Nenad Poznanović**

*Fakultet tehničkih nauka - Novi Sad*

*ruzic@uns.ns.ac.yu*

**Abstract:** Thermal conditions on tractor's driver place are important factor not only for comfort but also for health of driver and working performance, thus for work and traffic safety. Tractor together with the driver may work in extreme environmental conditions, ranging from very low to very high temperatures, together with other adverse influences (air contamination with dust and exhaust gases, sometimes also with chemicals for plant protection). Such environment can be very adverse, not only for human working performance but also for his health.

In the paper the processes that lead to hyperthermia and heat stroke are explained, and contemporary methods for improvement of the thermal conditions in agricultural tractors are given.

**Key words:** cabin, microclimate, hyperthermia, thermal sensation.



## **CONTENTS**

Lazar Ružićić, Dragiša Raičević, Đuro Ercegović, Kosta Gligorević, Miloš Pajić DEVELOPMENT OF ADVANCED AGRICULTURAL MACHINES FOR NEW TECHNOLOGIES OF FARMING CROP PRODUCTION .....	1
Martin Schneider, Peter Wagner PREREQUISITES FOR THE ADOPTION OF NEW TECHNOLOGIES – THE EXAMPLE OF PRECISION AGRICULTURE .....	9
Ratko Nikolić, Lazar Savin, Timofeј Furman, Milan Tomić, Mirko Simikić, Radojka Gligorić PULL THEORY AND RUBBER TRACK EFFICIENCY COEFFICIENT .....	15
Rajko Radonjić, Jasna Glišović CONTRIBUTION TO OFF – ROAD VEHICLES TESTING PROBLEMS .....	25
Milovan Živković, Dušan Radivojević, Mirko Urošević, Vaso Komnenić, Dragana Dražić EXPLOITATIONAL AND ENERGETIC ASPECTS OF SOIL PREPARATION FOR ORCHARD ESTABLISHMENT .....	31
Richard Holownicki, Greg Doruchowski, Waldemar Cieciechowski, Artur Godyńl SPRAY COVERAGE ON APPLE LEAVES OBTAINED BY DIFFERENT NOZZLES AND ADJUVANTS .....	39
Milan Đević, Rajko Miodragović, Zoran Mileusnić FACTOR INFLUENCING IRRIGATION ON SLOPES .....	47
Thomas Hoffmann, Pavel Maly, Christian Fürll, Knut Scheibe HARVEST AND STORAGE OF POTATOES IN BOXES .....	55
Milan Đević, Aleksandra Dimitrijević INFLUENCE OF GREENHOUSE COVERING MATERIAL ON ENERGY CONSUMPTION .....	61
Simone Kraatz, Werner Berg DETERMINATION OF THE ENERGY DEMAND FOR LIVESTOCK BUILDINGS AT THE EXAMPLE DAIRY FARMING .....	71
Rade Radojević, Milovan Živković, Dušan Radivojević, Steva Božić POSSIBILITY OF BIOMASS USE - RENEWABLE ENERGY SOURCE .....	79
Dragan Ružić, Vladimir Muzikravić, Nenad Poznanović HYPERTHERMIA AS A POTENTIAL THREAT FOR TRACTOR DRIVER'S HEALTH .....	87





**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 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.

## 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

У пропратном писму или на самом раду навести име аутора за даљу комуникацију: важећа адреса, број телефона и е-пошта.

Мада сви радови подлежу рецензији за оригиналност, квалитет и веродостојност 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 прихватају 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 доволно 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 периоду краћем од два месеца 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, с дуплим проредом. Дужина рада је ограничена на 20 страна, укључујући слике, табеле, литературу и остале прилоге.

**Наслов** - Наслов рада треба да буде кратак, описан и да одговара захтевима индексирања. Испод назива треба да имаје сваког од аутора и установе у којој ради. Сугерише се да број аутора не буде већи од три, без обзира на категорију рада. Евентуално, шире прегледне саопштења могу се у том смислу посебно размочити, у току ревизије.

**Апстракт** - У изводу треба дати кратак садржај онога шта је у раду дато, главне резултате и закључке који следе из њих. Извод не треба да буде дужи од половине стране куцане с дуплим проредом. У изводу не треба користити скраћенице, математичке формуле или наводе литературе.

**Литература** - Листу литературе дати на посебном листу и такође с двоструким проредом. Референце треба да садрже аутора(е), назив, тачно име часописа или књиге и др., број страница од-до, издавача, место и датум издавања.

**Табеле** - Табеле треба бројати по реду појављивања. 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 добrog квалитета укључујући ознаке на њима. Све слике по потреби треба да имају легенду. Објашњења симбола и мерења јединице треба да се дају у легендама слика. Све слике треба да буду цитиране у тексту. У случају посебних захтева треба се обратити Уредништву. Раније публиковане слике могу се послати само ако их прати и писмена сагласност аутора.

**Математичке ознаке** - У експоненту треба користити разломке уместо корена. Разломке у тексту писати искључиво с косом цртом а у једначинама кад год је то могуће. Једначине обележавати почињући с једначином (1), па даље редом до краја рада.

**ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА** излази два пута годишње у издању Института за пољопривредну технику Потпредседништва у Београду. Претплата за 2008. годину износи 500 динара за институције, 150 динара за појединце и 50 динара за студенте.

На основу мишљења Министарства за науку и технологију Републике Србије по решењу бр. 413-00-606/96-01 од 24. 12. 1996. године, часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА је ослобођен плаћања пореза на промет робе на мало.

## **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 броју часописа који излази 2 пута годишње, у тиражу од по 200 примерака, могуће је у форми рекламиног додатка остварити право на бесплатно објављивање по једне целе страни свог огласа, а једном годишње та страна може да буде у пуној боји; Напомињемо овде да цена једне рекламиног-информационе стране у пуној боји у једном броју износи 4.500 динара.
- Од сваког броја изашлог часописа бесплатно добија по 3 примерка;
- У сваком броју рекламиног додатка му се објављује, пуни назив, логотип, адреса, бројеви телефона и факса и др., међу адресама суиздавача;

- Има право на бесплатно објављивање стручно-информационих 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 2008. год. износи 10.000 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 фирм и појединача, 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 чињењица осмишљава бројне напоре и трајне резултате који стоје иза подухвата званог издавање часописа.

За сва подробнија обавештења о часопису, суиздаваштву, уговорању 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.

