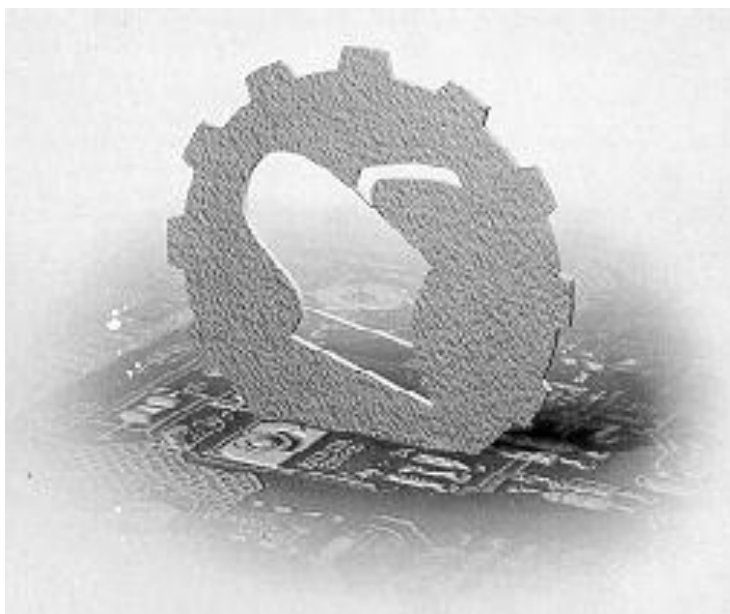


YU ISSN 0554 5587
UDK 631 (059)

POLJOPRIVREDNA TEHNIKA



ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
ИНСТИТУТ ЗА ПОЉОПРИВРЕДНУ ТЕХНИКУ



Година XXVII, Број 1/2, децембар 2003.

Izdavač (Publisher)

Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, Institut za poljoprivrednu tehniku, 11080 Beograd - Zemun, Nemanjina 6, P. Pregradak 127, Telefoni: (011)199-621, 194-606, Telefaks: 3163 317, 193-659, Žiro račun br. 840-1872666-79.

Za izdavača: Софија Пекић

Suizdavač (Copublisher)

"GND-Produkt", Zemun

Glavni i odgovorni urednik (Editor-in-Chief)

Милан Ђевић, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Tehnički urednik (Executive Editor)

Dušan Radivojević, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Inostrani urednici (International Editors)

Spyros Kyritsis, Agricultural University of Athens, Athens, Greece

Alexander Klotchkov, Belarussian Agricultural Academy, Gorki, Belarus

Meir Teitel, Agricultural Research Organization, Bet-Dagan, Israel

Magdalena Rogulska, Institute for Building, Mechanization and Electrification of Agriculture, NJarsanj, Poland

Urednici (Editors)

Milun Babić, Mašinski fakultet, Kragujevac
Andelko Bajkin, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

Dragan Novaković, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Mičo Oljača, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Lazar Ružičić, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Mirko Urošević, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Steva Božić, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Milan Đević, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Franc Kosi, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Petar Nenić, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Dragiša Raičević, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Đuro Ercegović, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Dragi Stevanović, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Milan Tošić, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Dragan Petrović, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Dragoljub Blagojević, Morava, Požarevac

Milan Vasiljević, IMT, Beograd

Milan Veljić, Mašinski fakultet, Beograd

Slobodan Milošević, 14 Oktobar, Kruševac

Đukan Vukić, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Milan Žeželj, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Gligorije Gligorijević, Institut IMK, 14 Oktobar, Kruševac

Božidar Jačinac, Poljoprivredni fakultet, Priština

Miloš Kuburović, Mašinski fakultet, Beograd

Dragan Marković, Mašinski fakultet, Beograd

Ivo Panić, Prva Petoletka, Trstenik

Predrag Petrović, IMR, Beograd

Aleksandar Stefanović, Mašinski fakultet, Niš

Jovan Todorović, Mašinski fakultet, Beograd

Savet časopisa (Editorial Advisory Board)

Joco Mičić, Vlastimir Novaković, Ratko Nikolić, Miloš Tešić, Božidar Jačinac, Dragoljub Obradović, Dragan Rudić, Vidoje Đukanović, Marija Todorović, Milan Tošić, Petar Nenić

Slog: Strahinja Ajtić, Poljoprivredni fakultet, Beograd

Štampa: "GND-Produkt", 11080 Zemun

**POLJOPRIVREDNA
TEHNIKA**

NAUČNI ČASOPIS

AGRICULTURAL ENGINEERING

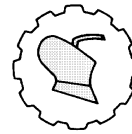
SCIENTIFIC JOURNAL

SADRŽAJ

Milan Đević OPŠTI RAZVOJ POLJOPRIVREDNE TEHNIKE U EVROPI	1
Rade Radojević, Zoran Mileusnić, Mirko Urošević OPTIMALNA RADNA BRZINA I ENERGETSKE KARAKTERISTIKE TRAKTORSKO-MAŠINSKOG AGREGATA	19
Aleksandra Dimitrijević, Milan Đević TEHNIČKI SISTEMI ZAGREVANJA OBJEKATA ZAŠTIĆENOG PROSTORA I MOGUĆNOSTI UŠTEDE ENERGIJE	29
Milovan Živković ENERGETSKI ASPEKT I KVALITET SUŠENJA KOŠTIČAVOG VOĆA	39
Franc Kosi, Milan Đević, Aleksandra Dimitrijević REŽIM STRUJANJA VAZDUHA U USLOVIMA SKLADIŠTENJA KROMPIRA	51
Nicolay Mihailov KORIŠĆENJE SOLARNE ENERGIJE U KONCEPTU FOTOELEKTRIČNIH ĆELIJA	63
Branko M. Radičević, Đukan R. Vukić UPOREDNA ANALIZA VETROENERGETSKOG POTENCIJALA I MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA ENERGIJE VETRA U SRBIJI I CRNOJ GORI	79
Zoran Stajić, Nebojša Milčić, Marija Vukić, Đukan Vukić ELEKTROMAGNET SA POKRETNIM JARMOM ZA MAGNETNU OBRADU VODE	101
Milan Veljić, Velimir Velemir ZNAČAJ I MOGUĆNOSTI PRIMENE SISTEMA KVALITETA PRI LABORATORIJSKIM ISPITIVANJIMA POLJOPRIVREDNIH MAŠINA	109

CONTENTS

Milan Đević GENERAL DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY IN WESTERN EUROPEAN COUNTRIES	1
Rade Radojevic, Zoran Mileusnic, Mirko Urosevic OPTIMAL WORKING SPEED AND ENERGETIC CHARACTERISTICS OF TRACTOR MACHINERY AGGREGATE	19
Aleksandra Dimitrijević, Milan Đević GREENHOUSE HEATING SYSTEMS AND POSSIBILITIES FOR ENERGY SAVINGS	29
Milovan Živković KERNEL FRUITS DRYING ENERGY AND QUALITY ASPECTS	39
Franc Kosi, Milan Đević, Aleksandra Dimitrijević AIR FLOW REGIME IN CONDITIONS OF POTATO STORAGING	51
Prof. dr Nicolay Mihailov SOLAR ENERGY USE IN CONCEPT OF PV CELLS	63
Branko M. Radičević, Đukan R. Vukić COMPARATIVE ANALYSIS OF THE WIND ENERGY POTENTIAL AND THE POSSIBILITIES OF THE USE OF WIND ENERGY IN SERBIA AND MONTENEGRO	79
Zoran Stajić, Nebojša Milčić, Marija Vukić, Đukan Vukić ELECTRO-MAGNET WITH MOVING YOKE FOR THE MAGNETIC TREATMENT OF WATER	101
Milan Veljić, Velimir Velemir IMPORTANCE AND POSSIBILITIES FOR QUALITY MANAGEMENT SYSTEM APPLYING IN LABORATORY TESTING OF AGRICULTURAL MACHINES	109



UDK: 631.

*Pregledni rad
Review paper*

OPŠTI RAZVOJ POLJOPRIVREDNE TEHNIKE U EVROPI

Milan Đević

Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun

Sadržaj: Rad predstavlja presek stanja opšteg razvoja i osnovnih principa na tržištu poljoprivredne mehanizacije u zapadno-evropskim zemljama.

Opšte stanje u poljoprivredi je dominantno uslovljeno političkom situacijom u regionu. Promene u agrarnoj politici od 1992. godine podrazumevale su uvođenje direktnih isplata umesto dotadašnjih subvencioniranih cena. Agenda iz 2000. godine prati ovu politiku. Glavno pitanje agrarne politike odnosi se na tržište mleka.

Bezbednost u poljoprivredi i u primeni poljoprivredne mehanizacije potencira činjenica da poljoprivreda spada u najrizičnije grane industrije često definisana kao "područje visokog rizika". EC direktivama se regulišu mere zaštite u poslovnom smislu i mere zdravstvene zaštite na random mestu. Ova grupa direktiva i standarda obavezuje kako proizvođača mašina tako i njihove kasnije korisnike uslovljavajući neku vrstu "socijalne" bezbednosti.

U radu su dati osnovni principi smanjenja štetnih emisija u poljoprivredi uz respektovanje ekoloških faktora, kao i uvođenja sistema kvaliteta odnosno sledljivosti u procesu proizvodnje.

Ključne reči: *razvoj, mehanizacija, tržište, bezbednost, direktive, štetne emisije, sledljivost*

1. OPŠTI USLOVI U POLJOPRIVREDNOM SEKTORU

Uvodna razmatranja

Opšti uslovi u poljoprivrednom sektoru su posebno uslovljeni politikom. Ovo mora biti svojstveno važnosti poljoprivrede u snabdevanju stanovništva hranom.

U 1992. godini poljoprivredna politika EU je reformisana u smislu fundamentalne reorijentacije. U okviru reforme, garantovana podrška cena, do tada, je smanjena i postepeno zamenjena direktnim plaćanjem. Plan rada 2000. (agenda 2000) prati kurs započet 1992. Predlozi podneti 2002. kao deo periodične evaluacije predviđaju, prethodno, razdvajanje direktnog plaćanja i proizvodnje, veću podršku u zaštiti životne sredine i proizvodnim metodama humanijeg karaktera prema životinjama, kao i povećanje u smislu promovisanja ruralnih regiona. To ostaje kao otvoreno pitanje

kompromisa koji će biti prihvaćen i sproveden u delo, posebno što odluke iz plana 2000. godine ostaju efektivne do 2008. Centralno pitanje poljoprivredne politike odnosi se na budućnost tržišta mleka. U jednu ruku, ovo tržište je važan faktor za samu poljoprivredu, kao i za prerađivačku industriju. Sa druge strane, gajenje stoke se održava u regionima gde su državni dohodci niski i gde je dostupno samo nekoliko kultivacionih alternativa. Do sada, tržište mleka u EU su karakterisali kvantitativni limiti. Prema planu 2000. godine ova ograničenja će se okončati 2008. godine.

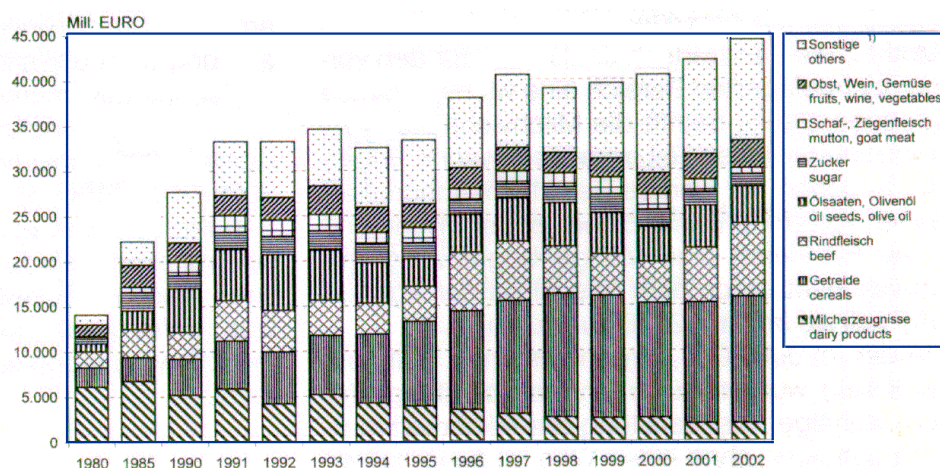
U poluvremenskom (periodičnom) izveštaju o evaluaciji, u julu 2002., nekoliko predloga za naredni period je učinjeno u pogledu regulisanja tržišta mleka, bez preferiranja ijednog pravca. Obzirom na veliku vlažnost tržišta mleka, izneti izveštaj će fokusirati ovaj segment tržišta.

Razvoj mera agrarne politike

Prethodna politika

Osnovna karakteristika agrarne politike EU je bila subvencionisanje proizvodnje važnih poljoprivrednih proizvoda (mleka, mesa, žitarica itd.).

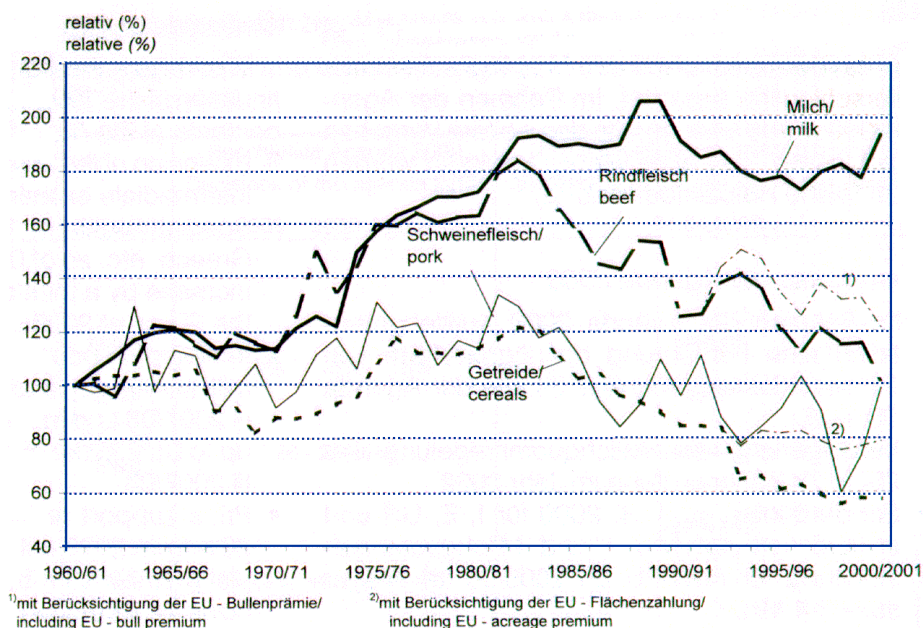
Tehnički progres je doneo značajan porast poljoprivredne proizvodnje, uopšte. To je dovelo do situacije u kojoj, prema, do tada uspostavljenoj politici Vlade, nisu bile u mogućnosti da garantuju prodaju po datim cenama na domaćim tržištima. U tim situacijama Vlade su učestvovala u subvencioniranju izvoznih plasmana, formiranih na bazi tržišnih viškova. Dalji rast poljoprivredne proizvodnje uslovio je povećanje viškova mnogih proizvoda. Kao i početkom osamdesetih ova politika je vodila tržišnoj regulaciji cena, što je uslovalo fundamentalne promene u agrarnoj politici EU. Reforme započete u 1992. godini povećale su davanja Vlada zbog toga što je stara politika cena napuštena i zamenjena direktnim plaćanjem.



Sl. 1. Razvoj tržišne regulacije troškova u EU

Uz drastično povećanje, zanimljivo je da mlečni i stočni proizvodi među ostalim proizvodima posebno učestvuju u delu niskih subvencija od strane vlada. To je uzrokovano sistemom ograničenja količina i podržavanje cena koji je još primenjivan u ovoj oblasti. Ovde su potrošački dopunjene cene koje su bile ispod tržišnog

ekvilibrijuma. Šećer i skrob su, na primer, ostali na istom režimu. Količine na tržištu mogu biti limitirane tzv. uskim grlom. Ovo se primenjuje na pomenutim tržištima gde su žitarice na primer u značajnom broju distributivnih kanala. Uz tržište koje karakteriše politika subvencija Vlade (na primer mleko kroz kvantitativna ograničenja, žitarice i goveđe meso kroz direktno plaćanje - otkup) funkcioniše široko slobodno tržište u poljoprivrednom sektoru. To se na primer odnosi na svinjetinu, živinsko meso i jaja. Ovaj deo je manje uslovljen kultivacijom poljoprivrednih površina i uticaj Vlade je slabiji.



Sl. 2. Posledice različitih tržišnih politika u odnosu na potrošačke cene

Razvoj cena mleka, na primer, je ostvaren prethodno opisanim intervencijama Vlade. Šta više, relativno pogodan razvoj cena prate i, za farmere, neželjeni efekti:

- Farme koje se uvećavaju moraju da kupe (plate) kvote mleka;
- Novac otiče od stvarnih proizvođača mleka nakupcima;
- Velika razlika u ceni na svetskom tržištu traži izvozne subvencije i čini ih da prodaja mlečnih proizvoda na spoljnim tržištima (van EU) bude otežana.

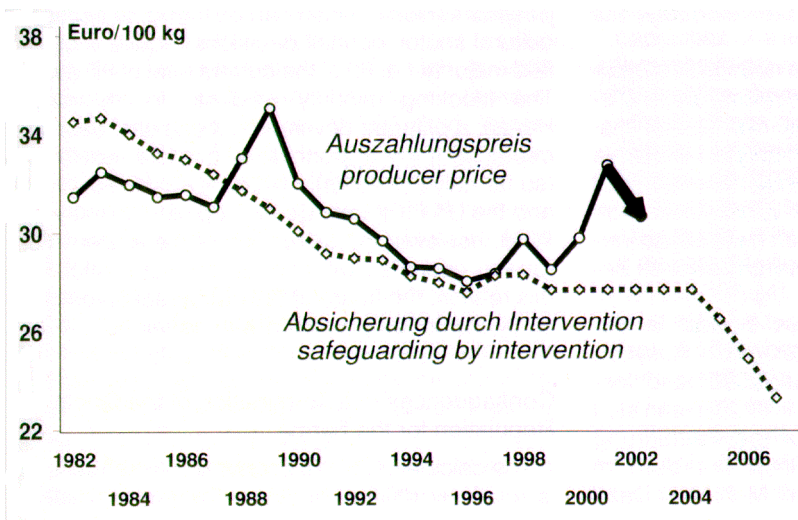
U Planu 2000. su usvojene mere buduće politike koje podležu periodičnim korekcijama.

Odluke Plana 2000.

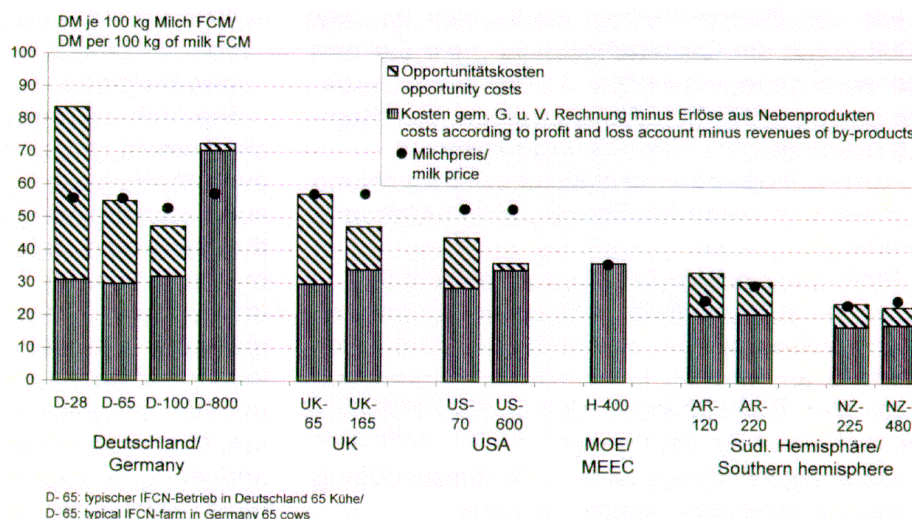
U principu one znače kontinuitet reformi poljoprivrede iz 1992. godine. Najvažniji delovi sadržaja Plana 2000. su:

- Nastavak regulacije mlečnih kvota do 2008. godine uz presek stanja učinjen 2002. godine;

- Specijalne kvote od 1,4 miliona tona za Italiju, Španiju, Grčku itd., i povećanje mlečnih kvota za ostatak EU u 2005/06;
- Smanjenje interventnih cena na puter i mleko u prahu za 15 % od 2005/06 do 2007/08 i uvođenje premije do Ct. 2,49 / kg mlečne kvote od 2005/06 do 2007/08;
- Smanjenje podrške cena goveđeg mesa za 20 % do 2002. godine. Povećanje specijalnih premija za bikove (210 evra po biku) i za telad (200 EUR po grlu) itd.;
- Smanjenje podrške cenama žitarica ukupno za 15 % u 2000/01 i povećanje oblasti premija: retencije kukuruzne silaže i regionalizacije kukuruza, do 10 %.



Sl. 3. Obezbeđivanje cene mleka kroz intervencije u poređenju sa proizvođačkim cenama (3,7 % masnoće i 3,4 % proteina)



D- 65: typischer IFCN-Betrieb in Deutschland 65 Kühe/
D- 65: typical IFCN-farm in Germany 65 cows

Sl. 4. Cena mleka i troškovi proizvodnje u svetskim razmerama

2. EKONOMSKI RAZVOJ U INDUSTRIJI POLJOPRIVREDNIH MAŠINA U 2001/02

Razvoj opšte prodaje

Evropa i Severna Amerika su najvažniji regioni prodaje evropske industrije. Tržište Latinske Amerike je uglavnom snabdeveno uvozom iz SAD. Sad su takođe glavni snabdevači azijskih zemalja. Međutim, nacionalne industrije poljoprivrednih mašina su dominantne na individualnim tržištima. Jedini izuzetak je Japan koji se pojavljuje na stranim tržištima u Evropi.

Severna Amerika

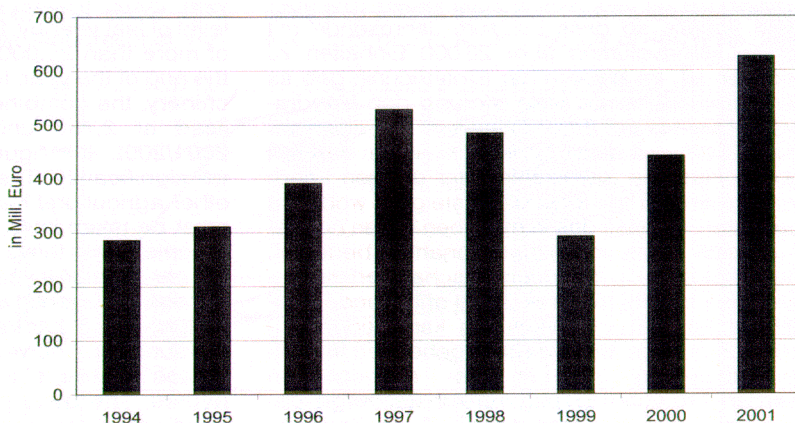
Severnoameričko tržište pokazuje odgovarajući ukupni rast u 2001. godini. U Kanadi šta više, dobar razvoj tržišta traktora, koji je rastao po stopi od 17 %, je suština opšteg trenda mašinskog poljoprivrednog biznisa. Posle izvesnog slabljenja tržišnih aktivnosti u SAD na kraju devedesetih, koje su bile izazvane drastičnim gubicima farmera, ovo tržište se oporavilo. To je dovelo do povećanja od 9 % ili 165 369 traktorskih jedinica u 2001. Tržište kombajna je, takođe, raslo posle dve veoma "siromašne" godine. Aktuelna politika je pokazala da SAD znatno snažnije subvencira svoju poljoprivredu i štiti svoje nacionalno tržište. Novi "Poljoprivredni akt", koji definiše uslove do 2007, predviđa povećanje subvencija do, aproksimativno 45 milijardi dolara. Ovo treba da stabilizuje investiranje farmera, posebno od kompenzovanja fluktuacije dohotka (prihoda). Do tada, Nemački izvoz, na primer, opet se smanjio početkom 2002. Niže investicije u mašine su očekivane i u 2003. godini.

Zapadna Evropa

U očekivanju oporavka u G.B. tržišta poljoprivrednih mašina u Zapadnoj Evropi su se smanjivala. Ukupni promet se u 2001. godini smanjio za oko 5 %. Razlozi su visokoinicijalni nivoi iz prethodnih nivoa, u nekim zemljama kao što je Francuska. Međutim, kao prvo i najviše, povremene pojave bolesti slinavke, šapa i encefalopatije što je uslovalo značajnu nesigurnost kod potrošača i farmera. Pojedinačna tržišta se pojedinačno analiziraju.

Centralna i Istočna Evropa

Za dve godine, Centralna i Istočna Evropa su pokazale iznenađujući razvoj. Očigledno je da su pregovori u smislu pristupanja EU doprineli povećanju takmičarskog pritiska u poljoprivredi, a takođe potrebnost novih ulaganja u mašinski park. Razvoj u ovom pravcu očekuje se i ubuduće. Posebno treba istaći stabilnost Rusije u postojećoj predsedničkoj vlasti. Za zemlje ovog regiona, uključujući i Centralnu Aziju Nemačka je najvažniji trgovački partner. U 2000. godini na primer, gotovo 50 % uvoza poljoprivrednih mašina u Rusiju ostvareno je sa Nemačkom, sledi SAD sa 15 % učešća u uvozu. U poslednje 2-3 godine značajno je učešće prometa poljoprivrednih mašina ostvarenih sa Poljskom, Češkom i Mađarskom. Posle Poljske Rusija je najveće pojedinačno tržište. Šta više, Ukrajina i Belorusija takođe pokazuju svoje velike potencijale u pogledu industrije poljoprivrednih mašina. Uz značajno velike uvozne aranžmane ove zemlje pokazuju efektive direktnog ulaganja u formi džoint venture sa lokalnim partnerima. Izvoz Nemačke je rastao za 42 % u 2001. godini. Taj trend se nastavlja (slika 5).



Sl. 5. Nemački izvoz poljoprivrednih mašina u Centralnu i Istočnu Evropu

Tendencije u plasmanu poljoprivredne tehnike u zemljama Zapadne Evrope

Francuska

U 2001. godini Francuska, najveće zapadnoevropsko tržište poljoprivrednih mašina, pokazuje opadajući trend od 11 %, odnosno 3,4 milijarde EUR. Posle dugog trenda rasta u devedesetim, 2001. je bila treća godina nižih farmerskih investicija. Povremene epidemije bolesti ili sigurnosti uzrokovane svojevrsnom modulacijom u agrarnoj politici uslovile su lagani pad prihoda u 2001. Uzgajivači grožđa i stoke su imali neproporcionalne gubitke. Šta više, visoke proizvođačke cene su omogućile optimistička očekivanja u 2002. U prvoj polovini 2002. tržište poljoprivrednih mašina se oporavilo sa očekivanom stabilizacijom do kraja godine. Obim tržišta traktora se lagano uspostavio na nivo prošle godine, dok je prodaja kombajna opala za 5 do 10 %. Prodaja ostalih mašina stagnira sa manjim porastom, koji je uslovljen povećanjem cena vrednosti mašina.

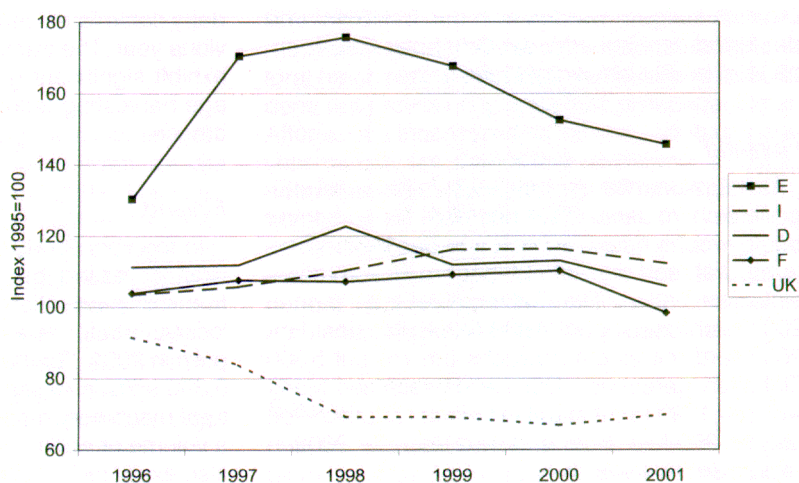
Nemačka

U 2001. Nemačko tržište je palo za 7 %. Zahvaljujući ostvarenoj atmosferi zbog utisaka sa Agritehnike u Hannoveru, rezultati iz drugog dela godine se ne mogu uzeti kao uporedni: posebno u oblastima ubiranja biomase, obrade zemljišta i zaštite bilja. Ukupni pad prometa od 7 % je sastavljen od malog povećanja prometa traktorima od 2 %, od 508 miliona EUR i smanjenjem od 13 % u oblasti poljoprivrednih mašina od 1,2 milijarde EUR (ovo se odnosi na Nemačku proizvodnju bez uvoza na Nemačko tržište). Uz ovo se mora konstatovati porast prihoda farmera, od 1999, što je uslovalo veće investiranje samo u 2002. U 2001. registrovanje traktora obuhvatilo je 24.795 komada što ukazuje na smanjenje od 4,5 %. Ipak, rezultati su bolji od očekivanih iako je smanjenje značajno, čak 11 % u privredno snažnoj Bavarskoj. Činjenica da je trend povećanja snage traktora zaustavljen i njegov nastavak u 2002. je vrlo interesantan. Sredinom 2002. registracija traktora je prestigla nivo prethodne godine za najmanje 10 %, što je na tržištu značilo više od 26.000 jedinica do kraja godine. Na tržištu kombajna stabilizacija je postignuta na, iznenađujućih 2.489 jedinica. U sezoni 2001/02. ova slika je prevaziđena značajno. Ukupan broj ostalih jedinica poljoprivrednih mašina kao da

raste. To može da znači i kompenzaciju za prethodne loše godine. Stočarska proizvodnja stagnira na nivou prethodnih godina. Mogu se očekivati samo tradicionalne investicije farmera. Povoljne proizvođačke cene, u protekle tri godine, najbolje ilustruju negativne trendove tako da kratkoročna povećanja dobiti u poljoprivredi Nemačke mogu obeležiti posmatrani period.

Italija

U Italiji su poučeni 2001., koju su karakterisali smanjenje broja registrovanih traktora za 12 % (29.500 jedinica) i smanjenje prodaje kombajna za 16 % (557 jedinica). Samo neke mašine su zabeležile porast u prodaji, na primer kosačice i samohodni silažni kombajni. U 2002. zabeležen je rast u prometu traktora i kombajna koji dostiže nivo prethodnih godina.



Sl. 6. Razvoj najvećih tržišta poljoprivrednih mašina u Zapadnoj Evropi

Velika Britanija

Godina 1997. je bila poslednja kada su ulaganja u poljoprivrednu mehanizaciju bila relativno visoka. Iznenadjujući, lagani oporavak se beleži u 2001., uprkos raširenim istočnim oblastima. Farmerima je data dobra naknada za uništenje bolesne stoke, pa su mogli da investiraju. Obnova stočnog fonda uslovlila je potrebe za kabastim hranivima, što je dovelo do nabavke mašina. U isto vreme cene mleka i svinjskog mesa su bile visoke. Rezultat je bilo povećanje prodaje mašina za 10 % i 11.645 prodatih traktora, odnosno, 12 % više. Prodaja kombajna je padala sve vreme za 480 jedinica. Godina 2002. je bila animirajuća, zbog niskog prethodnog nivoa. Prve mesece je obeležio porast prodaje mašina za 30 %. Registracija traktora je značajno porasla u odnosu na prethodnu godinu, pa je godišnji iznos dostigao oko 12.000 jedinica. Generalno, stočarske farme su značajno više investirane. Tekuće smanjenje proizvođačkih cena ipak ukazuje na trend usporenja rasta što će se potvrditi u 2003. Srednjoročno i dugoročno posmatrano nova orijentacija agrarne politike od subvencirane proizvodnje će negativno uticati na veće britanske farme.

Danska

U Danskoj su dominirajuće farme svinja profitirale zbog dobre cene svinjskog mesa. Sektor proizvodnje goveđeg mesa i žitarica beleži gubitak u 2001. godini. Zbog velikog smanjenja cena svinjskog mesa u 2002, na nivo iz 2000, prihod farmera se odgovarajuće smanjio. Farme mlečnih goveda su značajno povećale obime na više od 100 grla. U 2001. farmeri su investirali manje nego prethodne godine, tako da se promet traktora smanjio za 5 % (5.519 jedinica). Međutim, porastao je i promet mašina za obradu zemljišta i đubrenje, koji je prethodnih godina stagnirao. U 2002. je značajno porastao promet opreme za intenzivnu stočarsku proizvodnju, uz napomenu da su plasmani opreme za farme mlečnih goveda ostali na nivou prethodnih godina. Promet traktora i kombajna je porastao, dok je prodaja opreme za ubiranje stočne kabaste hrane donekle smanjena.

Finska

U 2001. prihod finskih farmera je porastao za oko 10 %. On, uglavnom potiče od proizvodnje mleka, dok proizvođači žitarica beleže gubitke. Prodaja traktora je lagano opala na 4.938 jedinica u 2001. godini. U 2002. ostvareno je povećanje na 5.300 jedinica, odnosno 7 %. Od 1999. tržište poljoprivrednih mašina je stabilno na nivou od 200 miliona EUR.

Grčka

Posle dve vrlo loše godine, promet poljomehanizacije u Grčkoj se oporavio u 2002. Povećanje od 20 % nije dovoljno za kompenzaciju. Program oporavka, Vlade Grčke, iz 2001. doneo je promet od oko 1.500 traktora u toj i 1.800 u narednoj 2002. godini. Rast beleži i promet ostalih poljoprivrednih mašina.

Španija

U 2001. španski farmeri su ostvarili porast dobiti za oko 5 %. Intenzivne stočarske farme i farme mlečnih goveda beležile su prosečni rast profita. Značaj kontraktora se povećao poslednjih godina. To znači da se broj kupaca mašina češće smanjivao proteklih godina. Struktura proizvodnje karakteriše veće učešće mediteranskih kultura. Posle značajnog pada u prometu poljomehanizacije, opravdano se očekuje stabilizacija u 2003-oj. ♦ 2001 i 2002 su međutim obeležile smanjenje. Na primer, u prometu traktora 17.794, odnosno, 17.000 jedinica u 2002. generalno trgovina poljoprivrednim mašinama i dalje beleži umereni pad.

Švajcarska

Promet u 2002. ne daje osnovu optimizmu u prognozi. Posle pada dobiti od 13 % u 2001, u 2002. oko 2.300 traktora je registrovano, što predstavlja smanjenje za 10 %. Ista su predviđanja u pogledu poljoprivrednih mašina. Zapaža se trend specijalizacije farmera u gajenju biljnih vrsta.

Belgija

U 2001. prihod farmera prosečno raste 6 %. Broj jedinica poljoprivrednih mašina se smanjio za 11 %. Promet traktora je opao za 15 % (2201 jedinica) sa prosečnom snagom motora od 88 kW. Prodaja silažnih kombajna, mašina za zaštitu bilja i presa je smanjena, dok je povećana prodaja sejalice i kombajna za krompir. 2002. je bila godina relativno stabilizovanog prometa.

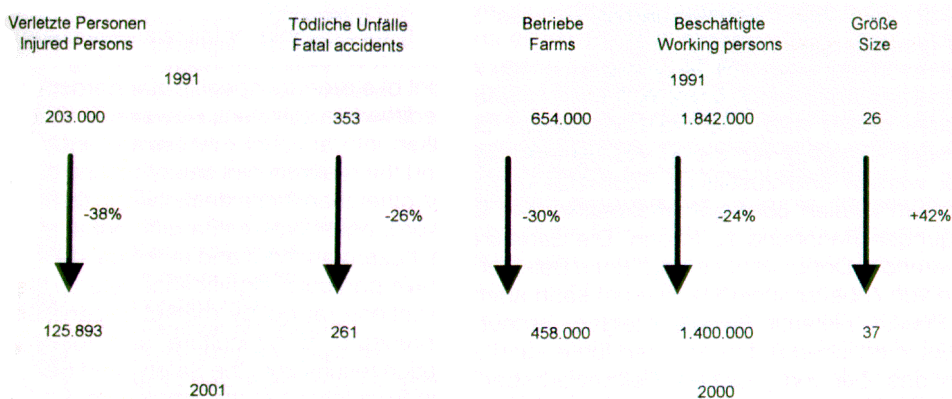
Rezime poglavlja 2.

Posle ukupnog smanjenja u 2001. zapadnoevropsko tržište uz više ulaganja i razvoj novih mašina obeležiće znatno više dinamike, ponovo, relativno, povoljne proizvođačke cene i profit farmera formiraće čvrstu osnovu za nabavku nove mehanizacije. Cene najvažnijih poljoprivrednih proizvoda beleže negativne trendove, tako da je prognoza u pogledu prometa poljomehanizacijom i u 2003. bila time uslovljena. Strukturne promene u poljoprivrednoj proizvodnji takođe utiču na smanjenje potencijalnih kupaca. U okviru agrarne politike napravljena je periodična analiza Plana 2000. Budući razvoj je uslovljen većim direktnim plaćanjem farmerima (otkupom), a premirana proizvodnja će biti različito uzrokovana zavisno od zemalja i njihove proizvodne strukture. Poljoprivredni Akt SAD će uslovljavati nivo cena poljoprivrednih proizvoda. Kompenzovanje garantovanih cena neće izazvati nižu proizvodnju u SAD, čak i u uslovima nižih cena.

Zemlje Centralne i Istočne Evrope sa nedostatkom moderne tehnike, ostaju glavno tržište evropske industrije poljoprivrednih mašina sa vrlo laganim opadajućim trendom. I pored ovoga kompanije imaju mogućnost proširenja posla ne bi li dobile pristup ovim tržištima.

3. BEZBEDNOST U POLJOPRIVREDI I U PRIMENI POLJOPRIVREDNE MEHANIZACIJE – TRENUTNO STANJE I BUDUĆE POTREBE

Mašinstvo i poljoprivreda su najrizičnije proizvodne grane u Nemačkoj. U Briselu se još nazivaju i "područja visokog rizika". Ove dve vrste posla karakteriše rad na otvorenom, pokretni elementi i priključci, visok udeo ručnog rada i širok dijapazon aktivnosti. Specifičnost u poljoprivredi je i visok procenat starijih radnika (starosna grupacija od 51-66 godina i grupacija starijih od 66 godina).



Sl. 7. Trend smanjenja broja nesrećnih slučajeva u poljoprivredi u poslednjih 10 godina

Sl. 8. Strukturalne promene u poljoprivredi koje utiču na broj nesreća direktno (manje farme/zaposleni) i indirektno (efikasnost mehanizacije, profesionalnost tj. obučenos korisnika mašina)

EC Direktive

Danas, 10 godina nakon formiranja jedinstvenog tržišta (1992/93. god), zakoni koji regulišu bezbednost i zdravstvenu zaštitu su uglavnom harmonizovani tj. usaglašeni kroz EC direktive. Ove direktive su klasifikovane prema sledećem konceptu:

- prodaja proizvoda: EC direktive namenjene proizvođaču i samoj završnicu procesa proizvodnje, i koje garantuju slobodnu i bezbednu razmenu proizvoda.

- bezbednost na radnom mestu: direktive namenjene poslodavcu koje postavljaju samo minimum zahteva i obezbeđuju "socijalnu sigurnost"

Ovaj koncept je pogodan jer potencira odgovornost kako proizvođača mašine tako i njenog rukovaoca te je tako njihova odgovornost izjednačena. Uz to, postignuta je i određena fleksibilnost koja daje prostora da se lokalni specifični uslovi rada uzmu u obzir. Ipak, rezultirajuća "dvostruka regulativa" može dovesti do različitih zahteva u praksi i time se suprotstaviti cilju stvaranja jednakih uslova takmičenja na evropskom tržištu. U bliskoj budućnosti će uz obe direktive biti potrebna i analiza rizika. Proizvođač mora prilikom dizajniranja i konstrukcije mašine, da ispita i uzme u obzir sve potencijalne rizike i opasnosti njenog korišćenja (uključujući i predvidive greške tokom upotrebe). Poslodavac, sa druge strane, mora oceniti svako radno mesto sa aspekta mogućih povreda i preduzeti potrebne mere u smislu zaštite. Za proizvođača, analiza rizika i opasnosti je neophodna prema *EC Machinery Directive (98/37/EC)*. Na primer, metode opisane u EN 1050 povlače sa sobom relativno kompleksne zahteve. Iz tog razloga se često uzima da je lista rizika dokumentovana tokom razvoja standarda za određeni proizvod sasvim dovoljna. Ipak, u obzir treba uzeti da izvršena analiza rizika može biti od koristi za realizaciju tehnološki-bezbednih rešenja (*safety-technological solutions*) pored onih opisanih standardom (ključna reč – podjednaka sigurnost na različit način). Analiza rizika ima poseban značaj npr. u slučaju prigovora tržišne inspekcije. Za preduzetnike u poljoprivredi i šumarstvu, ova obaveza proizilazi iz Standardnih i Zdravstvenih regulativa asocijacije *Employer's Liability Insurance*.

Iako je proces harmonizacije tj. usaglašavanja nezvanično završen, rad na direktivama iz Brisela se nastavlja po starom. Tehnički razvoj i novosti u oblasti radne i zdravstvene zaštite svakako zahtevaju stalnu adaptaciju regulativa. (Međutim, trenutne diskusije ostavljaju utisak da je deo posla oko regulativa završen a da će komisije formirane u prošlosti, biti ponovo angažovane)

Revizija *EC Machinery Directive*, koja je bila po strani godinama, sledila je političke instrukcije oko pojednostavljenja zakonskih regulativa EU i njihovog lakšeg razumevanja. Rezultat koji je usledio ne ide u susret ovim zahtevima. Nova direktiva će verovatno biti još opširnija i nove formulacije će zahtevati nove diskusije i razjašnjenja bez ikakvih konkretnih prednosti u smislu sigurnosti i tehnologije.

Francuski predlog je da se dejstvo *Machinery Directive* proširi na poljoprivredne i šumarske traktore koji su do sada bili oslobođeni ove direktive jer su pod "nadzorom" 74/1150/EEC, izgleda da se sledi princip da se sigurnost tj. bezbednost proizvoda automatski povećava sa povećanjem broja regulativa koji se na taj proizvod odnose. Ovaj predlog, prihvaćen bez nekih suštinskih razloga, će okupirati evropski parlament i Veće ministara godinama jer komiteti ovih institucija i naravno svih zemalja članica, moraju formulisati stav prema ovom predlogu.

Standardizacija

Proces standardizacije, koji se tiče bezbednosti na polju poljoprivredne mehanizacije, se u globalu može smatrati završenim. Slika 3 daje najvažnije standarde koji su produkti 10-godišnjih procesa.

Pored toga što se raniji uspeh procesa standardizacije dovodi u pitanje, postavlja se i pitanje zašto sve ovo traje toliko dugo. Ova kritika je svakako razumljiva i opravdana ako se npr. za poređenje uzmu porcesi u industriji. Ona ukazuje još i da se proces standardizacije i dalje smatra veoma važnim, kao jedan od pogodnih "instrumenata" zakonskih regulativa.

Zašto projekti o standardizaciji traju 5-10 godina?

- zato što je proces standardizacije demokratski proces koji bazira na konsenzusu koji integriše različite zainteresovane strane,

- zato što su neki zahtevi oko broja i kvaliteta standarda nerealni,

- zato što fiksne, definisane procedure i rokovi moraju biti ispoštovani,

Takozvane "interesne krugove", koji učestvuju u radu komisija u procesu standardizacije, čine uglavnom proizvođači, institucije zaštite na radu, satanice za ispitivanje i u nekim slučajevima sami korisnici mašina. Između pojedinih grupa a i okviru samih grupa postoje značajne razlike u mišljenjima o neophodnosti novih projekata u procesu standardizacije ili novog sadržaja standarda. Na strani proizvođača postoje pokušaji da se koordinira interesima na internacionalnom nivou tj. da se dođe do koncenzusa o prioritetima i sadržaju, i da se sve to interpretira kao zajednički stav. Ipak, razlike u pravnom tj zakonskom značaju standarda, uslovi primene, kvalifikacija, kao i zahtevi nametnuti od strane korisnika, moraju se uzeti u obzir. Što je veće područje koje standardi pokrivaju, doći će do većeg izražaja regionalne i lokalne razlike, posebno u poljoprivredi.

Uz poštovanje trajanja procedure, rokovi za izvršenje nekih obaveza se gledaju što više skratiti. Upoređenje trenutnih regulativa u postpuku, sa ukupno utrošenim vremenom, ukazuju da razlog suvišnog utroška vremena leži u načinu rada komisija i njenih sekretara.

Uticaj zakonodavca je posebno izražen kod harmonizovanih (usaglašanih) evropskih standarda. Ovo su standardi koji su razvijeni u ime EC komisije i ispitani od strane njenih konsultanata. Zemlje članice imaju pravo žalbe na objavljene standarde. Ipak komisije za standardizaciju imaju pravo da odlučuju o statusu usaglašenog standarda.

Pravci razvoja

Razvoj standarda o zaštiti i bezbednosti u primeni poljoprivredne mehanizacije, može se posmatrati sa dva aspekta:

- zamena EU standarda internacionalnim,

- dalji razvoj sadržaja standarda.

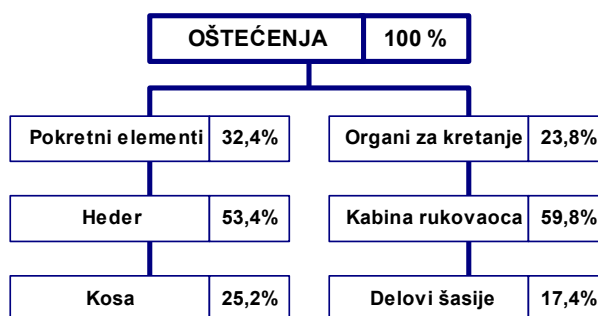
Transformacija od evropskih ka internacionalnim standardima je završena. Prvi projekti:

- ISO 4254-1 Standardni tj. opšti zahtevi (zamena za EN 1553)

- ISO 4254-7 Kombajni, silažni kombajni, kombajni za pamuk (zamena za EN 632)

su dobro prihvaćeni i potvrđuju pogodnost promene sa CEN-a na ISO. Revizija ISO 4254-9 (rasipači, sejalice) kao zamena za EN 14017 i EN 14018, je planirana za kraj

2003.god. Ovi projekti su objavljeni kao EN/ISO standardi i planirano je da dobiju status usaglašenih evropskih standarda. Revizija ISO 4254-7 je takođe dobar primer daljeg razvoja standarda.



Sl. 9. Rizici tokom operacije ubiranja

O ovim rizicima se posebno raspravljalo tokom revizije ISO 4254-7 i to posebno o:

- dodatnom osiguranju hedera uz pomoć kontrolnog sistema na bazi prisustva rukovaoca u kabini (Operator Presence Control System)
- postavljanju dodatnih zahteva o visini podizanja

- rad u stojećem položaju	78%
- rad u uslovima niske, visoke	63%
- ručna manipulacija teretom	55%
- ponavljanje operacije	49%
- rad u neprirodnim položajima	43%
- rad u prljavim uslovima (masti, ulja, prašina)	42%

Sl. 10. Najuticajniji faktori na povrede u poljoprivredi

Ovo mogu biti i generalne zamerke ali je interesantno da su one jedine dokumentovane. Optimizacija standarda ipak zahteva detaljnije informacije o nesrećama. Statistička ocena nesreća je dostupna samo u UK i Nemačkoj, i generalno sadrži premalo informacija o tome kako se nesreća uopšte dogodila. Ovaj nedostatak se može nadomestiti jedino konstruktivnim dijalogom koji takođe može da doprinese višem stepenu sigurnosti.

Rezime poglavlja 3.

Nivo bezbednosti u poljoprivredi je na značajno višem nivou poslednjih godina. Najznačajniji razlog leži u merama prevencije, zatim strukturalnim promenama i u unapređenju bezbedonostno-tehnoloških karakteristika mehanizacije u kombinaciji sa odogovarajućim bezbedonosnim regulativama u Evropi. Uz globalizaciju tržišta i internacionalno orijentisanou industriju, evropske regulative moraju biti zamenjene internacionalnim standardima. Ako proces standardizacije treba da zadrži svoju vodeću ulogu u ovoj oblasti, mora biti brži i efikasniji u svom delovanju. Početni pozitivan pristup postoji ali se konstatno mora dalje raditi na njihovom isavršavanju.

4. INŽINERSTVO U SLUŽBI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE - REDUKCIJA ŠTETNIH EMISIJA

Zakonski uslovi

U poslednje vreme su kriterijumi izdavanje dozvola za objekte u stočarskoj proizvodnji podignuti na viši nivo, dok su norme broja grla po jedinici površine znatno smanjene. U budućnosti će farme za smeštaj svinja sa više od 1500 mesta ili pak staje za smeštaj goveda sa više od 250 mesta, morati da imaju posebnu dozvolu za rad. Prema amandmanu donetom aprila 2002.god. specijalna ispitivanja su postala sastavni deo procedure izdavanja dozvole ukoliko gustina populacije pređe 2 uslovna grla po ha. Tokom procedure izdavanja dozvole emisija amonijaka mora biti ispitana, zatim depozicija azota i taloženje prašine.

Smanjenje emisije

O ovoj temeatici se sve češće govori. Postoje različite ideje kako stočarsku proizvodnju uklopiti u ovaj proces. Mora se razmišljati o sistemu držanja stoke, hranjenju, skladištenju materijala, konstrukciji staja, klimatskim uslovima unutar objekata i naravno odlaganju otpadnih materijala i gasova. Da bi potrošač smanjio količinu mesa u svojoj ishrani, samim tim doprineo smanjenju zaliha, morao bi da promeni svoj stav o ishrani. Ipak, nada u ovakve promene je zasnovana na veoma nejasnim očekivanjima. Dok god nacionalne regulative dovode do smanjenja profita na tržištu mesa, na internacionalnom nivou, pojedinac mora prihvatiti činjenicu da je stočarska proizvodnja relocirana u strane zemlje. Ovo je sastavni deo politike.

Konkretna primena mera redukcije štetne emisije, zahteva određenu tehnologiju. Postoje pokušaji da se napravi pregled kakav to uticaj na okolinu imaju gajenje svinja i otpadne materije iz poljoprivrede, i pregled mera smanjenja štetne emisije kao i troškova njihove primene. Određivanje efikasnosti može poslužiti za opisivanje mera direktnog smanjenja. Smanjenje količine oslobođenog amonijaka iz staje, se npr. može odrediti preko koeficijenta emisije α .

$$\alpha = \prod_{i=1}^6 (1 - \eta_i)$$

η_i – parcijalne efikasnosti koje se moraju određivati posebno.

Ovo se može postići sledećom formulom:

$$1 - \eta_i = M_{\text{new}} / M_{\text{old}}$$

M - maseni protok,

i - indeks za hranjenje, smeštaj, konstrukciju staje, ventilaciju, tretman otpadnog gasa i skladištenje.

Ukupan emitovan maseni protok se određuje uz pomoć

$$M = \alpha M_0$$

M_0 je ukupni maseni protok tj. emisija bez preduzetih mera redukcije.

Što se tiče tehnike u stočarstvu, trenutne studije o emisiji amonijaka u objektima za tov svinja u Holandiji ("groen lable") i u konvencionalnom sistemu držanja kod većih grupa, pokazuju da ocena emisije zahteva dugoročna ispitivanja. U varijanti "groen lable" ispitivano je 6 grupa sa po 7 grla. Površina od 1 m² je bila namenjena svakom grlu. Delimično rešetkasti pod je na sredini imao podignut, zatvoren i zagrevan deo za odmaranje i potpuno rešetkast deo za izdubavanje, sa centralnim kanalom za odvod. Grla su hranjenja automatski polusuvom mešavinom stočne hrane. Ova varijanta je upoređena sa grupom od 30 grla sa 0.75 m²/grlo u konvencionalnom sistemu sa potpuno rešetkastim podom, uz tečnu ishranu. Rezultati pokazuju da je intenzitet ventilacije bio veći kod zagrevanih delova sa delimično rešetkastim podom ako se pretpostavi ista masa životinja. Tokom 3 od 4 tovnih perioda izmerena koncentracija amonijaka kod delimično rešetkastog poda je bila značajno niža nego kod konvencionalnog sistema. Prosečna emisija amonijaka iz ovih objekata se ipak malo razlikuje – 4.2 kg NH₃-N/mesto/godina kod delimično rešetkastog i 4.4 kg NH₃-N/mesto/godina kod konvencionalnog sistema.

Proteinski adaptirana ishrana je još jedna od mera značajnih za smanjenje štetne emisije. Ova tehnika omogućava smanjenje otpadnih gasova iz otpadnog materijala u svinjogojstvu. Komparativno ispitivanje na temu kako proteini utiču na nivo štetne emisije, sprovedeno je tako da je jedna grupa živine bila hranjena hranivom sa 19.5 % sirovih proteina a druga sa 15.5 - 13.4% sirovih proteina. Rezultati pokazuju da smanjenje udela sirovih proteina izaziva značajno smanjenje štetnih gasova iznad otpadnog materijala iz objekta. Štetni gasovi se javljaju tokom stajanja izdubrenog materijala zahvaljujući anaerobnoj degradaciji organskih ostataka u kombinaciji sa formiranjem isparivih masnih kiselina i ostalih rastvorljivih supstanci koje mogu biti izmerene kao potreba za biohemijskim kiseonikom za 5 dana (BOD5). Prema nekim autorima ove supstance se mogu koristiti kao indikatori zagađenja. Visoka koncentracija ovih jedinjenja dovodi do konstatacije da su otpadni gasovi veliki zagađivači. Količina isparivih kiselina a time i potencijalnih gasova usled acidifikacije čvrstih materija, može se smanjiti merama selektivne separacije čvrstih materijala tj primesa. Ipak, smanjenje koncentracije gasova i supstanci u uskladištenom đubrivu, je jedino moguće ukoliko je izvršena separacija i ukoliko nema čestica i primesa većih od 0.15 mm. Obzirom da je separacija ovih čestica nemoguća konvencionalnim separatorima, ova mera se takođe može uvrstiti u red manje pogodnih mera smanjenja štetne emisije. Uz to, čvrste frakcije izdvojene procesom separacije, moraju ići na dalju obradu.

Korišćenje sredstava za smanjenje štetne emisije amonijaka iz tečnog stajnjaka je takođe razmatrano. Dok dodatak kamene prašine (59 g/m³ tečnog stajnjaka nedeljno) nije donelo nikakve vidljive efekte u pogledu amonijaka, dodatak od 80%-nih mlečnih kiselina je rezultirao blagim smanjenjem njegove koncentracije prilikom aplikacije od 3.1 l/m³ tečnog stajnjaka nedeljno. Dodatak mlečnih kiselina je smanjio pH vrednost tečnog stajnjaka. Pena koja se tom prilikom formira izaziva oslobađanje ugljen-dioksida i nema nikakve nehigijenske efekte. Prema potrebnoj količini mlečne kiseline, njenoj ceni i oslobođenom CO₂, ova mera se može smatrati jednom od skupljih i nedovoljno efikasnih. Prema dosadašnjim iskustvima u ovim situacijama se dodatno oslobađa i hidrogensulfid (*hydrogensulphide*). Uz to još i činjenica da se smanjenjem pH vrednosti tečnog stajnjaka može povećati emisija štetnih gasova. Među ovim gasovima, u objektima za držanje svinja od izuzetne važnosti su 4-metilfenol i 3-metilindol (*4-methylphenol, 3-methylindol*).

Pored ovih, kao štetne supstance izdvojeni su kratki lanci karboksilnih kiselina i dimetiltrisulfidi. Za korišćenje elektronskih merenja potrebno je opseg štenih gasova koliko-toliko smanjiti i izdvojiti tipične predstavnike. Za sada takvih supstanci nema.

Biofilteri i prečistači su samo u par slučajeva iskorišćeni za smanjenje koncentracije štetnih gasova, amonijaka i prašine u stočarskim objektima. Ipak, predviđa se mnogo češća primena ove tehnologije. Zbog velike količine amonijaka koji dovodi do taloženja azota u materijalu biofiltera i oslobađanja oksida azota, jednoslojni biofilteri nisu dovoljni za objekte za držanje svinja i živine. Ako su pravilno dizajnirani, prečistači otpadnih gasova (hemijski ili bio- prečistači) omogućavaju separaciju prašine i amonijaka, ali je eliminacija gasova tipičnih za ovaj proces još uvak na nezadovoljavajućem nivou. Ovo se uglavnom odnosi na rastvorivost štetnih gasova u vodi, koja je prilično niska u nekim slučajevima. Prema dosadašnjim saznanjima, ovo je razlog zašto su za smanjenje prašine, amonijaka i gasova efikasni samo kombinovani sistemi (prečistači i biofilteri).

Tab. 1. Mogući načini tretiranja štetnih gasova

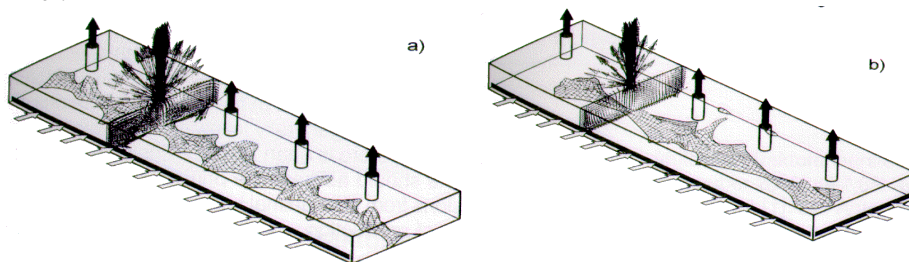
Postupak	Smanjenje		
	Amonijak	Prašina	Štetni gasovi
Biofiltracija	-	0	+
Prečišćavanje:			
- vodom	-	+	0
- kiselinom	++	+	0
Bioprečišćavanje	+	+	0

- nije za primenu
- + pogodan za primenu
- ++ veoma pogodan za primenu
- 0 delimično pogodan za primenu

Kombinovana tehnika, koja se sastoji od prečistača sa sumpornom kiselinom i kasnijom biofiltracijom, omogućava da se više od 95% amonijaka izdvoji i sačuva u obliku amonijum-sulfatnog rastvora. Što se tiče štetnih gasova, procenat smanjenja koncentracije iznosi 74%. Ovakvi kombinovani sistemi si optimizirani prema zahtevima određenih operacija i dostupni su na tržištu. Mogu dostići visok nivo efikasnosti u smanjenju koncentracije prašine i amonijaka i njihovre separacije, kao i kod degradacije štenih gasova, ukoliko se primene i prečistači na bazi kiseline i ukoliko se njima pravilno postupa. Još uvek stoji otvoreno pitanje da li opisane tehnike omogućavaju dugoročno smanjenje prisustva bakterija u vazduhu objekta. Štetni gasovi i amonijak se javljaju i kod skladištenja organskih đubriva. Za odlaganje tečnog stajnjaka koriste se lagune zapremine od 175 m³ do 1500 m³. Ispitivanje obavljeno među farmerima pokazuje da je glavni razlog za izgradnju laguna njihova niža cena u odnosu na površinske betonske bazene. Merenja amonijaka na mlekarskim farmama ukazuju da količina izmerenog amonijaka iznosi 6.2-7.1 g NH₃-N/m² na dan, sa betonskih bazena, i 1.3-16.2 g/m² na dan sa laguna. Ostaje da se vidi da li su ove mere pogodne za registrovanje kretanja vazduha i prirodnim uslovima (misli se na vetar). Ponašanje emisije gasova zavisi od dubine punjenja u pojedinim sistemima, i od slobodne površine do koje može da dopre vetar. Tvrdnja da lagune ne uzrokuju veću emisiju manojjaka od betonskih bazena na površini zemljišta, još uvek ostaje ne potvrđena simulacijama.

Dalji planovi

Pitanje je da li zahtevi prema ishrani, načinu držanja, konstrukciji objekta, ventilaciji i manipulaciji otpadnim materijalom, mogu napraviti neku vrstu kompromisa sa koncepcijom zaštite životinja. Ovo bi omogućilo da se zakonima o zaštiti životne sredine da isti značaj. Objekat za držanje brojlera (slika 11a i b) može da posluži kao primer.



Sl. 11. Presek objekta sa vektorskim brzinama konvekcije vazduha, koja je rezultat prinudne ventilacije

Pokretni sloj vazduha utiče na polja koncentracije u objektu, i na emisiju gasova izvan objekta. Svež vazduh u objekat dolazi preko ulaznih otvora dužinom zida (slučaj a) i putem dodatnih otvora u krovu objekta (slučaj b). Može se zaključiti da u jednostavnijim sistemima, niža emisija u principu znači veću koncentraciju unutar objekta. Uz poštovanje zdravstvenog stanja životinja, objekat b se može smatrati kao onaj koji zadovoljava postavljene kriterijume.

Rezime poglavlja 4.

U bliskoj budućnosti će biti sve više objekata za držanje stoke, kojima će trebati dozvola. Posebno će u regionima sa visokom gustinom polulacije proizvodnih grla, prilikom izdavanja dozvole, biti važni podaci o štenim gasovima, depoziciji azota i prašine. Uz to će biti neophodno obaviti i određena ispitivanja. Ovo važi i ukoliko se radi o nedovoljnoj udaljenosti objekata od "osetljivih" ekosistema. U tom slučaju, neophodno je smanjenje koncentracije štenih gasova, amonijaka i prašine. Da li je ova tehnika pogodna za praktičnu primenu u novo-zasnovanim objektima, ostaje da se vidi.

LITERATURA

- [1] Heinßenhuber A., Hoffman H. (2003): The overoll conditions i agricultural sector. AE yearbook, VDMA.
- [2] Weisendorfer G. (2002): The economic development in the agricultural machinery industry. Frankfurt on Main, Internal report.
- [3] Alt H. (2003): Safety in agriculture sector - present and future needs. Frankfurten Main. AE yearbook, VDMA.
- [4] EN 1050 (1996): Opšti uslovi bezbednosti mašina. Zavod za standardizaciju SCG.
- [5] Hohne J., K-H Krause, Munock A., K-D Worlop (2003): Environmental engineering - Reduction of emissions. AE yearbook VDMA.
- [6] Zavod za standardizaciju SCG (2003): JUS - ISO standardi 4254-1, 4254-7.

GENERAL DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY IN WESTERN EUROPEAN COUNTRIES

Milan Djević

Abstract: This paper presents one crosssection of general development and basic principles of agricultural machinery market conditions in Western Europe.

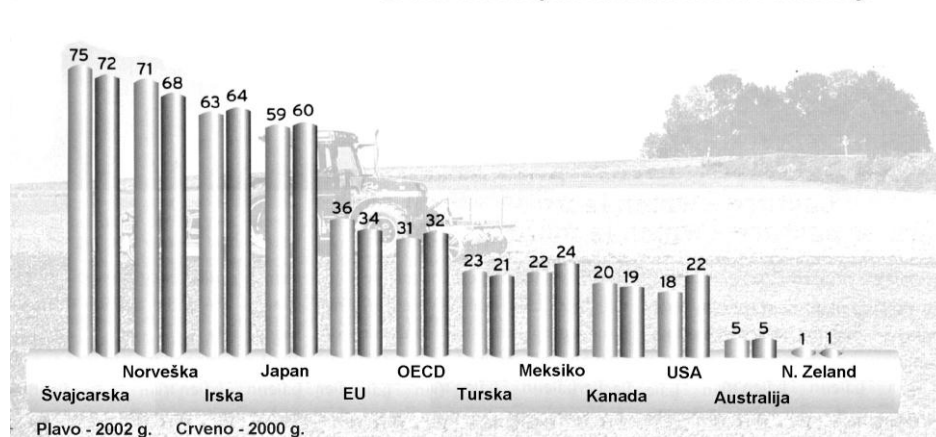
The overall conditions in agriculture are influenced by politics in particular. Changes in agricultural policy since 1992, introduce direct payments against previous policy of price support granted. Agenda 2000 pursued that course. A central question of agricultural policy concerns the future of the milk market.

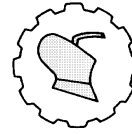
Safety in agriculture and construction of agricultural machinery respect fact that agriculture is most hazard branch in industry, also classified as “high-risk” area. EC directives regulate governing safety and health protection. That set of standards and directives obligate machinery producers and employers on workplace intended to provide “social” safety.

This paper presents basic principles of emissions reduction in agriculture intended to ecology rules, as well as quality assessment and traceability.

Key words: *development, machinery, market, safety, directives, emission reduction, traceability*

Jedna trećina prihoda farmera su subvencije





UDK: 629.312.4.

*Pregledni rad
Review paper*

OPTIMALNA RADNA BRZINA I ENERGETSKE KARAKTERISTIKE TRAKTORSKO-MAŠINSKOG AGREGATA

Rade Radojević, Zoran Mileusnić, Mirko Urošević
Poljoprivredni fakultet Beograd

Sadržaj: Evidentno je nepodudaranje režima maksimalne proizvodnosti traktorsko mašinskih agregata sa režimom maksimalnog vučnog koeficijenta korisnog dejstva traktora. Zbog neprekidnog porasta otpora, bilo kog oruđa, sa povećanjem radne brzine, maksimum tehničke proizvodnosti je uvek smešten u zonu manjih radnih brzina i većih vučnih sila.

U radu je interpretiran grafički metod određivanja optimalne radne brzine TMA po proizvodnosti, za traktore točkaše i guseničare, koji se može koristiti sa dovoljnom tačnošću za praktičnu primenu. Grafički metod, u osnovi, koristi podatke za specifični otpor oruđa i vučni koeficijent korisnog dejstva traktora.

Ključne reči: *traktorsko-mašinski agregat/ optimalna radna brzina/ vučni koeficijent korisnog dejstva traktora/ klizanje pogonskih točkova traktora/ specifični otpor oruđa.*

1. UVOD

Energetske karakteristike traktora određuju mesto i mogućnost njegove primene u poljoprivrednoj proizvodnji, a sa druge strane one su pravo merilo vrednosti na osnovu kojih se može vršiti međusobno poređenje traktora, u okviru istih kategorija

U poljoprivrednoj proizvodnji zemljište se može posmatrati kao predmet obrade, koga karakterišu vučni otpori i kao podloga po kojoj se traktor kreće. Na osnovu veličine vučnih otpora koji se javljaju u radu poljoprivrednih mašina-oruđa, vrši se sastavljanje traktorsko mašinskog agregata, a u okviru kompleksne mehanizacije poljoprivredne proizvodnje na gazdinstvu

Traktorski, odnosno svaki mašinski park, će produktivno ostvariti svoju funkciju pre svega ako je dobro ukomponovan. Budući da ovo isključivo zavisi od korisnika, koji apriori mora poznavati zemljišne i klimatske uslove na svom imanju i saglasno tome performanse traktora, faktor produktivnosti se smatra premisom. Sa porastom veličine gazdinstva potrebne su mašine većih kapaciteta kako bi ostvarile svoj zadatak u toku kratkih agrotehničkih rokova uslovljenih sezonskim karakterom biljne proizvodnje, a takode klimom i zemljištem.

1.1. Radna brzina TMA

Radne brzine TMA u eksploatacionom dijapazonu se nalaze u oblasti agrotehničkih brzina, s napomenom da sa dodavanjem balasta padaju na donju graničnu vrednost 5 km/h, koja pri dužoj eksploataciji može biti primarni uzrok havarija na traktoru. Takođe i pri agregatiranju se mora voditi računa o tehnološkoj brzini kretanja i to tako da njena vrednost ne bude niža od 7-8 km/h, tj. da otpor na poteznici ne sme biti iznad 40-45 kN. Imajući u vidu navedeno, da bi se povećao učinak ne može se ići na "beskrajno" povećanje širine radnog zahvata, nego efekat treba tražiti u povećanim radnim brzinama pri obradi.

Veliki broj stepeni prenosa u eksploatacionom dijapazonu omogućuje konstrukcija menjačkog prenosa koja je u značajnoj meri poboljšana. To su uglavom menjači sa mogućnošću promene stepena prenosa pod punim opterećenjem, Power Shift ili Vario prenosnik. Vario transmisija se sastoji od kombinacije mehaničkog i hidrodinamičkog prenosa (mehanički deo je planetarni reduktor, hidrodinamički čini klipno-aksijalna pumpa i klipno-aksijalni hidromotori. Ovaj prenosnik obezbeđuje kontinualni prenos i to 50 km/h napred, a 38 km/h unazad. Načelno princip rada svih ovih sistema je sveden na sadejstvo u radu između lamelastih spojnica i planetarnih reduktora. Treba takođe naglasiti da se često u konstrukciji prenosa snage konstruktori odlučuju na parcijalnu mogućnost primene prenosa koji omogućavaju promenu stepena prenosa pod punim opterećenjem.

2. OPŠTE RAZMATRANJE

Radna brzina je osnovni parametar koji karakteriše režim rada traktorsko-mašinskog agregata (TMA). Izbor njene veličine naročito utiče na agrotehničke pokazatelje i efektivnost rada agregata u zadatim uslovima, koju ocenjujemo obično veličinom direktnih eksploatacionih i diferencijalnih troškova. Taj uticaj se određuje zavisnošću od brzine važnijih energetske parametara TMA - njegove proizvodnosti W i potrošnje goriva po hektaru Q_{ha} . Stoga, pri izboru radnih brzina TMA može se predstaviti sledeće:

- polazeći od kvalitativnih pokazatelja tehnološkog procesa zadate su gornje i donje granice radnih brzina;
- konkretnu brzinu unutar određenog intervala optimizujemo po maksimalnoj proizvodnosti W i minimalnoj potrošnji goriva po hektaru Q_{ha} , tj. pronalazi se ciljna funkcija:

$$W(v) \rightarrow \max; Q_{ha}(v) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Na taj način određene veličine radnih brzina su osnovni početni podaci za proračun optimalnog sastava TMA (snage traktora i širine zahvata poljoprivrednih mašina i oruđa).

Grafička metoda rešavanja funkcije (1) se koristi pri sledećim polaznim pretpostavkama:

- rad agregata se odvija u režimu konstantnog opterećenja, tipičnog za poljoprivredne traktore, pri zadatoj potencijalnoj karakteristici u obliku zavisnosti vučnog koeficijenta korisnog dejstva traktora od radne brzine;
- pretpostavlja se takođe i zadata karakteristika poljoprivrednih oruđa, tj. zavisnost njegovog specifičnog otpora od brzine; samim tim uticaj diskretnosti širine zahvata oruđa se ne uzima u obzir.

Proizvodnost i potrošnja goriva po hektaru određuju se jednačinama:

$$W = v B = P_e \left(\frac{\eta_T}{K} \right);$$

$$Q_{ha} = \frac{Q_h}{W} = g_e \frac{K}{\eta_T},$$

gde je: B - širina radnog zahvata oruđa; P_e - efektivna snaga motora; g_e - specifična efektivna potrošnja goriva; $Q_h = g_e P_e$ - časovna potrošnja goriva; K - specifični otpor poljoprivrednih oruđa; η_T - vučni koeficijent korisnog dejstva (KKD) traktora. Za režim stalnog optimalnog opterećenja agregata po snazi, kada vrednosti g_e i P_e ostaju neizmenjene, jednačine se mogu predstaviti u sledećem obliku:

$$W = \text{const} \left(\frac{\eta_T}{K} \right);$$

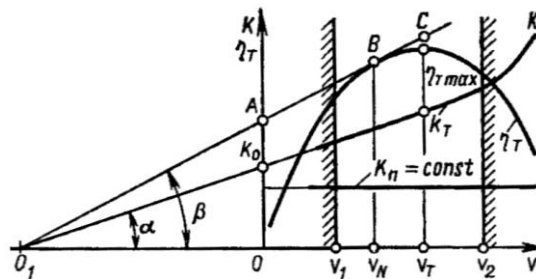
$$Q_{ha} = \text{const} \left(\frac{K}{\eta_T} \right).$$

Očigledno je da su veličine W i Q_{ha} obrnuto proporcionalne. To znači da za razmatrane uslove maksimalne proizvodnosti TMA odgovara minimalna potrošnja goriva po hektaru. Zbog toga, zadatak optimizacije režima rada agregata po energetskim pokazateljima (1) u konačnom obračunu može biti sveden na nalaženje jedinstvene ciljne funkcije

$$\frac{\eta_T}{K}(v) \rightarrow \max. \quad (2)$$

3. GRAFIČKA METODA ODREĐIVANJA OPTIMALNE BRZINE

Tipična zavisnost složenih funkcija (2) od brzine agregata predstavljena je na slici 1. Vučni koeficijent korisnog dejstva traktora pri nekoj vrednosti radne brzine $v = v_T$ dobija svoju maksimalnu vrednost $\eta_T = \eta_{Tmax}$; konkretne vrednosti veličina v_i i η_{Tmax} zavise od tipa i parametara traktora, svojstava i sastava zemljišta i veličine koeficijenta opterećenja motora. Specifični otpor, za većinu poljoprivrednih oruđa, sa povećanjem radnih brzina u dijapazonu vrednosti od v_1 do v_2 , zadatim zahtevima agrotehnike, povećava se po zakonu, bliskom linearnom, ili može biti linearizovan u pomenutom dijapazonu sa dovoljnom tačnošću za praksu.



Sl. 1. Određivanje režima optimalne radne brzine TMA

Pri linearnoj promeni otpora oruđa (plug) zadatak nalaženja optimalne radne brzine po proizvodnosti (nominalne) v_N se svodi na sledeće elementarne grafičke postavke (vidi slika 1):

- pravu $K(v)$, koja prikazuje zavisnost otpora pluga od brzine, produžavamo do preseka sa apscisom u tački O_1 ;
- iz tačke O_1 povlačimo tangentu na liniju $\eta_T(v)$ - zavisnost vučnog KKD traktora od brzine.

Na taj način dobijena tačka dodira B na krivoj $\eta_T(v)$ odgovara režimu optimalne brzine v_N i zadovoljava zahteve ciljne funkcije (2).

Za dokaz nađimo prvi izvod ciljne funkcije (2), izjednačimo ga sa nulom i proanalizirajmo dobijenu jednačinu. Pri $K \neq \infty$

$$\frac{d}{dv} \left(\frac{\eta_T}{K} \right) = \frac{K \frac{d\eta_T}{dv} - \eta_T \frac{dK}{dv}}{K^2} = 0,$$

kada je brojilac jednak nuli; prema tome, za tačku, koja odgovara optimalnom brzinskom režimu, važi jednakost

$$K \frac{d\eta_T}{dv} = \eta_T \frac{dK}{dv}.$$

U saglasnosti sa geometrijskim određivanjem proizvodne funkcije označimo

$$\frac{d\eta_T}{dv} = \operatorname{tg}\beta; \quad \frac{dK}{dv} = \operatorname{tg}\alpha,$$

gde su α i β uglovi nagiba tangenti na odgovarajuće funkcije u tačkama koje nas interesuju, i poslednju jednačinu možemo zapisati u sledećem obliku:

$$K \operatorname{tg}\beta = \eta_T \operatorname{tg}\alpha. \quad (3)$$

Na taj način položaj tačke, koji odgovara režimu optimalne brzine, zadaje se u koordinatnom sistemu tangentom na krivu $\eta_T(v)$, postavljenom pod uglom β u odnosu na apscisu i koja zadovoljava uslove jednačine (3).

Pravila konstruisanja te tangente se sastoje u sledećem: povucimo pravu $K(v)$, koja prolazi pod uglom α u odnosu na apscisu i preseca je u tački O_1 (sl.1), a tangenta na krivu $\eta_T(v)$ preseca nju u bilo kojoj drugoj tački O_2 , koja nije prikazana na slici i koja se ne poklapa sa tačkom O_1 . Tada se geometrijski za režim $v=v_N$ mogu dobiti odnosi:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{K}{O_1 v_N}; \quad \operatorname{tg}\beta = \frac{\eta_T}{O_2 v_N}, \quad \text{gde su } \overline{O_1 v_N} \text{ i } \overline{O_2 v_N} \text{ odgovarajući delovi na odsečku}$$

apscise. Postavljanjem tih odnosa i jednačinom (3) dobijamo jednakost $\overline{O_1 v_N} = \overline{O_2 v_N}$, koja označava podudaranje tačaka O_1 i O_2 . Samim tim jednoznačno se zadaje položaj tangenti u koordinatnom sistemu i način njihovog konstruisanja: ona mora biti povučena iz tačke O_1 preseka prave $K(v)$ (koja karakteriše zavisnost otpora pluga od brzine) sa apscisnom osom. Na taj način procedura određivanja optimalne brzine se svodi na gore nabrojanim geometrijskim postavkama.

Ako se zavisnost otpora oruđa od brzine izražava kosom (blago nagnutom) pravom (npr. otpor pluga na lakim zemljištima) i tačka O_1 preseka linija $K(v)$ sa apscisom nalaze više ulevo (izlazi van margina crteža), može se primeniti približna metoda grafičkog određivanja tački $v=v_N$. U tom slučaju tangentu na krivu $\eta_T(v)$ povlačimo iz tačke A , čiji se položaj na ordinati nalazi na osnovu sledeće proste diskusije.

Iz određivanja tangensa uglova α i β izvode se sledeće jednakosti (sl.1).

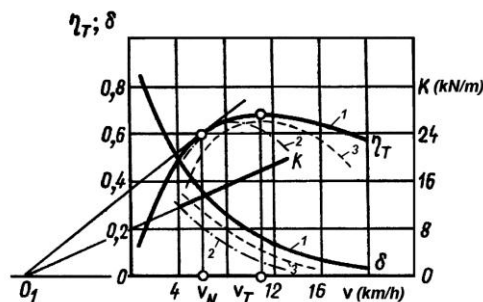
$$\frac{K_0}{O_1O} = \frac{K_T}{O_1v_T}; \quad \frac{\overline{OA}}{O_1O} = \frac{\overline{Cv_T}}{O_1v_T}.$$

Ovde je K_T - vrednost specifičnog otpora pluga pri brzini $v=v_T$, koja odgovara maksimumu vučnog kef. kor. dejstva traktora $\eta_T = \eta_{Tmax}$; K_0 - vrednost specifičnog otpora pluga pri brzini $v=0$, dobijena aproksimacijom linearne funkcije $K(v)$; $\overline{O_1O}$, $\overline{O_1v_T}$, \overline{OA} i $\overline{Cv_T}$ - odgovarajući geometrijski odsečki na sl.1.

Deleći drugu, od poslednjih jednakosti, sa prvom, i imajući u vidu da pri kosom karakteru promene otpora pluga od brzine $\overline{Cv_T} \cong \eta_{Tmax}$, dolazimo do jednačine, iz koje se lako može odrediti položaj tačke A na ordinati: $\overline{OA} = \overline{Cv_T} \left(\frac{K_0}{K_T} \right) \cong \eta_{Tmax} \left(\frac{K_0}{K_T} \right)$.

4. DISKUSIJA REZULTATA

Osnovni zaključak iz navedenih diskusija svodi se na već poznatu činjenicu, iz nekih ispitivanja, o nepodudaranju režima maksimalne proizvodnosti TMA sa režimom maksimalnog vučnog kef. kor. dejstva traktora. Zbog neprekidnog porasta otpora, bilo kog oruđa, sa povećanjem radne brzine, maksimum tehničke proizvodnosti je uvek smešten u zonu manjih radnih brzina i većih vučnih sila. Uočljivo je da je ova nepodudarnost veća ukoliko je blaže nagnuta promena po brzini vučnog KKD traktora u zoni svoje maksimalne vrednosti i strmijeg otpora oruđa. Pri oranju težih zemljišta traktorom točkašem T150K (sl. 2.a) brzina, odgovarajuća maksimumu vučnog KKD (0,68), je jednaka 11 km/h, a optimalna brzina po proizvodnosti - samo 6 km/h. Sa slike 2.a se vidi da za traktor točkaš T150K režimu optimalne brzine po proizvodnosti $v_N = 6$ km/h odgovara veličina klizanja $\delta \approx 35$ %. Takvo klizanje točkova traktora je nedopustivo ukoliko je povezano sa lošom stabilnošću njegovog pravolinijskog kretanja, intenzivnim trošenjem pneumatika i preteranim kvarenjem strukture zemljišta. Zato u praksi režim optimalne radne brzine ne može biti uvek realizovan.

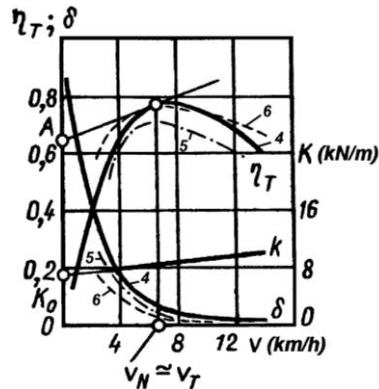


Sl. 2 a. Optimalne radne brzine pri oranju težih zemljišta traktorom točkašem;
1 - T150K, 2 - FIAT 190, 3 - MF 8160

Pri oranju težih zemljišta traktorom točkašem FIAT 190 (slika 2.a) brzina, odgovarajuća maksimumu vučnog KKD, je jednaka 8 km/h, a optimalna brzina po proizvodnosti takođe 6 km/h. Za traktor točkaš FIAT 190 režimu optimalne brzine po

produktivnosti $v_N = 6$ km/h odgovara veličina klizanja $\delta \approx 20\%$, što je na granici upotrebljivosti, vezano sa očuvanjem strukture zemljišta.

Za traktor točkaš MF 8160 (slika 2.a) brzina, odgovarajuća maksimumu vučnog KKD, je jednaka 11 km/h, a optimalna brzina po proizvodnosti 8 km/h. Za traktor točkaš MF 8160 režimu optimalne brzine po proizvodnosti $v_N = 8$ km/h odgovara veličina klizanja $\delta \approx 20\%$, što, kao i za traktor FIAT 190, odgovara graničnoj vrednosti klizanja. Za traktore MF 8160 i FIAT 190 su nešto niži maksimalni vučni KKD, u odnosu na traktor T-150 K, i iznose oko 0,65.



Sl. 2 b. Optimalne radne brzine pri oranju lakših zemljišta traktorom guseničarem;
4 - T150, 5 - BNT 90, 3 - CAT 65

Pri oranju lakih zemljišta traktorom guseničarem T150 neslaganje brzina v_N i v_T je beznačajno (slika 2.b); pri brzini $\approx 6,5$ km/h odgovarajuća veličina klizanja $\delta \approx 7\%$, sa maksimalnim vučnim KKD oko 0,78.

Za traktor guseničar BNT 90 vrednost brzine $v_N \approx 6,5$ km/h, pri klizanju $\delta \approx 4\%$, sa nešto nižim maksimalnim vučnim KKD oko 0,72.

Ista tendencija za brzine v_N i v_T je i kod traktora Challenger 65, sa vrednošću brzine $v_N \approx 6,5$ km/h, pri klizanju nešto manjem od $\delta \approx 4\%$, sa maksimalnim vučnim KKD oko 0,78.

Oceni energetskih parametara TMA za oranje, ili nekog drugog, pogodno je prići sa pozicije opšte teorije energetskih mašina. To dozvoljava uvođenje teoretski strogo zasnovanog pojma KKD pluga, ili drugog oruđa, proizašlih samo iz opštih principa rada energetskih mašina, tj. bez obzira na njihovu konkretnu namenu ili konstrukciju.

Optimalni režim rada po proizvodnosti i ekonomičnosti bilo koje energetske mašine zadate snage obezbeđuje se pri najvećoj vrednosti njegovog opšteg KKD. U slučaju primene TMA zadatak optimizacije režima se svodi na nalaženje ciljne funkcije

$$\eta_T \eta_{or}(v) \rightarrow \max, \quad (4)$$

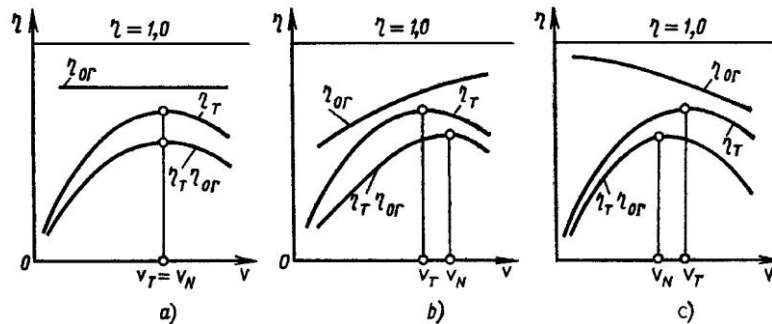
gde je η_{or} - KKD oruđa.

KKD oruđa se određuje kao odnos sila (ukupnih ili specifičnih), koje proizvode koristan rad, i opšteg otpora oruđa, tj.

$$\eta_{or} = \frac{K_p}{K}, \quad (5)$$

i navedimo te uslove, koje ta definicija mora zadovoljiti.

Prvi očigledan uslov se odnosi na karakter promene KKD oruđa u zavisnosti od promene radne brzine agregata. Na sl. 3 su prikazana tri moguća slučaja takve promene, koja odgovaraju trima različitim rešenjima ciljne funkcije (4). Ako je KKD oruđa konstantan pri promeni brzine (sl. 3.a), maksimum proizvodnosti agregata se podudara sa maksimumom vučnog KKD traktora ($v_N = v_T$); ako se KKD oruđa povećava sa rastom brzine, režim maksimalne proizvodnosti mora biti smešten u oblast viših radnih brzina ($v_N > v_T$, sl. 3.b); smeštanje režima maksimalne proizvodnosti u zonu manjih radnih brzina ($v_N < v_T$, sl. 3.c) javlja se kao obeležje smanjenja KKD oruđa srazmerno povećanju radnih brzina agregata. U praksi, kako je primećeno ranije u tekstu, ima mesto samo poslednji slučaj. Prema tome, za sva oruđa, uključujući plugove, javlja se smanjenje njihovih KKD srazmerno povećanju radnih brzina agregata.



Sl. 3. Režim optimalne radnih brzina TMA u zavisnosti od karaktera promene KKD orudja

Drugi uslov, koji treba zadovoljiti pojam KKD oruđa, ispoljava se ako vrednost KKD (5) zamenimo u jednačini (4). Tada dobijamo ciljnu funkciju

$$\eta_T \frac{K_p}{K} (v) \rightarrow \max,$$

koja u saglasnosti sa tek izloženim postavkama ne protivreči već istraženoj funkciji (2) jedino ako veličina sile, koja određuje koristan rad oruđa, stalna i nezavisna od brzine kretanja agregata (sl. 1), tj. $K_p(v) = \text{const}$.

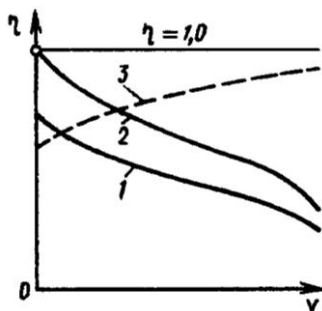
Uslov nepromenljivosti i nezavisnosti sile od brzine, koja određuje koristan rad oruđa, potpuno je logičan; u procesu oranja npr., zahteva vrlo jednostavan fizički sadržaj. Koristan rad pluga troši se na izmenu prvobitne strukture zemljišta do potpuno određene, zadate idealnim agrotehničkim uslovima. Ona se ostvaruje na račun dovođenja mehaničke energije od pluga na zemljišnu plastiku i realizuje se preko podrezivanja, prevrtanja i drobljenja plastice do potpuno određenog stepena: nedovoljan stepen drobljenja je jednak kao i suvišan, javlja se odstupanjem agrotehničkih zahteva od idealnih. Ispitivanje te veličine korisnog rada određuje se samo strukturom i svojstvima otpornosti obrađivanog zemljišta; konstrukcija pluga i brzina oranja određuju veličinu utrošenog rada, u koji se ubraja koristan rad, kao sastavni i nepromenljivi deo.

Treći, i poslednji uslov, koji treba zadovoljiti pojam KKD oruđa, određujemo jednačinom (5): njegova maksimalna vrednost ne treba da prelazi jedinicu. Taj uslov je trivijalan, i u saglasnosti sa sl. 1 označava ispunjavanje odnosa $K_p \leq K_0$.

Za svaki konkretni TMA i uslove njegove primene veličina K_p može biti određena samo kao rezultat brižljive i detaljne analize bilansa potrošnje energije. To otežava praktično iskorišćavanje uvedenog pojma za KKD oruđa. Međutim, pri opštim analitičkim istraživanjima pitanja energetike i ekonomike TMA zadatak je moguće uprostiti. Sa tim ciljem umesto jednačine (5) dalje je uveden pojam graničnog KKD oruđa:

$$\eta_{ogr} = \frac{K_0}{K}, \quad (7)$$

kada kao silu, koja određuje koristan rad oruđa, uslovno ubrajamo njihovu graničnu moguću vrednost K_0 , koju lako određujemo pri obradi standardnih vučnih ispitivanja oruđa i aproksimaciji funkcije $K(v)$. Na sl. 4 po jednačinama (5) i (7) nacrtane su tipične krive promene stvarnog (kriva 1) i graničnog (kriva 2) KKD oruđa, pri čemu su veličine K_0 , K_p i K izabrane po sl. 1.



Sl. 4. Karakter promene KKD oruđa usled brzine TMA: 1 - stvarni KKD po jednačini (5); 2 - granični KKD po jednačini (7); 3 - preporučeni KKD pluga

Očigledno je da se krive $\eta_{or}(v)$ i $\eta_{ogr}(v)$ razlikuju po ordinati, ali su jednaki po karakteru promene u zavisnosti od brzine. Ta okolnost čini mogućom ranije pomenutu zamenu jednog značenja KKD drugim, pri rešavanju mnogih zadataka opšteg karaktera.

5. ZAKLJUČAK

U radu je interpretiran grafički metod određivanja optimalne radne brzine TMA po proizvodnosti, koji se može koristiti sa dovoljnom tačnošću za praktičnu primenu.

Za slučaj oranja težih zemljišta traktorima točkašima, T 150K i MF 8160, brzina, odgovarajuća maksimumu vučnog KKD, je 11 km/h za, a optimalna brzina po proizvodnosti 6 km/h, za traktore T 150 K i FIAT 190, pri čemu je klizanje od $\delta \approx 35\%$, kod traktora T 150 K neprihvatljivo. Za traktor točkaš MF 8160 režimu optimalne brzine po proizvodnosti $v_N = 8$ km/h odgovara veličina klizanja $\delta \approx 20\%$, što, kao i za traktor FIAT 190, odgovara graničnoj vrednosti klizanja.

Pri oranju lakih zemljišta traktorima guseničarima, T150, BNT 90 i Challenger 65 neslaganje brzina v_N i v_T je beznačajno, i optimalna brzina po proizvodnosti $v_N \approx 6,5$ km/h, sa nešto različitim vrednostima klizanja pogonskih točkova.

Optimalni raspored stepena prenosa je onaj kod koga se maksimalne snage vuče, tj maksimalni stepen korisnosti, nalaze na potencijalnoj krivoj racionalno rasporedene u odnosu na tehnološke radne procese za koje se traktor koristi.

Metod obrade zemljišta sa povećanim radnim brzinama je način razmišljanja usmeren u cilju pronalaženja ekonomičnog nivoa, koji omogućava povećanje produktivnosti, olakšava izvođenje teških radova i smanjuje troškove goriva i rezervnih delova.

LITERATURA

- [1] Dufey, V.: Economic d'energie et mecanisation agricole, CNRE, n.4., FAO, 1984.
- [2] Dwyer, M.J.: Maximising Agricultural Tractor Performance by Matching Weight Tyre Size and Speed to the Power Available, Proceedings from 6th International Conference of the ISTVS (Vol.I pp, 479-499) ISTVS, Hoboken, New Jersey, USA. 1978.
- [3] Đević, M., Novaković, D., Mileusnić, Z., Miodragović, R.: Analiza sistema merenja vučnih otpora, Zbornik radova DPT-98, str 95, Beograd, 1998.
- [4] Đević, M., Novaković, D., Mileusnić, Z., Miodragović, R.: Pokazatelji rada traktorsko mašinskog agregata u oranju, Revija Agronomska saznanja 1/98, str-79-83. Novi Sad, 1998.
- [5] Guskov, V.V.: Optimalnije parametri seljskohozjajstvennih traktorov, Mašinstroenije, Moskva, 1966.
- [6] Jari J. Istvan: Prilagođavanje traktora i priključnog oruđa za obradu tla, Agrotehničar, Zagreb, 1985.
- [7] Klark, W.D., Bosse, O.: Optimale Geschwindigkeiten beim Pflügen mit den Traktoren ZT 303, K 700 und T-150 K, Agrartechnik 11/83 str 490-491, Berlin, 1983.
- [8] Kolobov, G.G., Parfenov, A.P: Tjagovie karakteristiki traktorov, Mašinstroenije, Moskva, 1972.
- [9] Mileusnić, Z., Novaković, D., Đević, M., Miodragović, R.: Vučne karakteristike grupe savremenih traktora, Poljoprivredna tehnika 1/98, str 1-11. Beograd, 1998.
- [10] Novaković, D.: Primena traktora guseničara u primarnoj poljoprivrednoj proizvodnji, doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1993.
- [11] Novaković, D., Mičić, J., Milovanović, N.: Analiza uticajnih faktora pri sastavljanju traktorskih agregata, Zbornik radova, Aktuelni zadaci mehanizacije poljoprivrede, Opatija, 1988.
- [12] Novaković, D., Đević, M., Mileusnić, Z.: Tractor Efficiency in Tillage, Journal of scientific Agricultural research Vol 58, N^o.206, 1997/1-2, Beograd, 1997.
- [13] Obradović, D.: Uticaj broja i raspored stepeni prenosa na vučne karakteristike traktora, Zbornik radova, Jugoslovenski simpozijum o aktuelnim problemima mehanizacije poljoprivrede, Šibenik, 1980.
- [14] Obradović, D., Novaković, D., Mileusnić, Z.: Analiza osnovnih eksploatacionih parametara traktora jugoslovenske proizvodnje, Poljotehnika 5/6 godina III. str 25. DPT-95 Beograd, 1995.
- [15] Radojević, R.: Optimizacija strukture traktorsko-mašinskog parka i racionalizacija vremena rada u ratarskoj proizvodnji, doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1999.

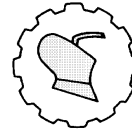
**OPTIMAL WORKING SPEED AND ENERGETIC
CHARACTERISTICS OF TRACTOR
MACHINERY AGGREGATE**

Rade Radojevic, Zoran Mileusnic, Mirko Urosevic

Abstract: It is obvious that maximum efficiency of tractor-machinery aggregate is in disparity to working regime of tractor pulling efficiency value. Higher working speeds are always followed by continual increase of specific tool resistance force, which leads to conclusion that maximum values of its technical efficiency will be obtained in zone of less working speeds and higher pulling forces.

In this paper, there is interpretation of graphical method for optimal working speed tractor-machinery aggregate determination upon efficiencies of wheel and caterpillar tractors, very useful in practical purposes with adequate precision. In its basis, this graphical method uses, as data source, values of specific tool resistance force and tractor pulling efficiency values.

Key words: *tractor-machinery aggregate/ optimal working speed/ tractor pulling efficiency value/ tractor wheel drive slippage coefficient/ specific tool resistance force.*



TEHNIČKI SISTEMI ZAGREVANJA OBJEKATA ZAŠTIĆENOG PROSTORA I MOGUĆNOSTI UŠTEDE ENERGIJE

Aleksandra Dimitrijević, Milan Đević
Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun

Sadržaj: Faktori uspešnosti biljne proizvodnje u zaštićenom prostoru su temperatura, svetlost, vlažnost vazduha i zemljišta i sastav i kvalitet vazduha. U ukupnom bilansu utrošene energije po jedinici proizvoda, najveći udeo ima energija utrošena na zagrevanje objekta. U primeni su konvencionalni sistemi zagrevanja primenom tople vode, vodene pare i toplog vazduha. Obzirom na cenu i dostupnost goriva, sve se više pažnje posvećuje mogućnostima primene alternativnih izvora energije.

U radu je dat prikaz konvencionalnih sistema zagrevanja objekata zaštićenog prostora. Izvršen je proračun energetske potrebe dva najčešće korišćena tipa objekta i razmatrana je mogućnost primene alternativnih energetske izvora u prvom redu biomase.

Ključne reči: zaštićen prostor, zagrevanje, energija, biomasa.

1. UVOD

Proizvodnja u zaštićenom prostoru još uvek predstavlja granu poljoprivrede sa najvećom potrošnjom energije po jedinici proizvoda. Proizvođači su suočeni sa visokim troškovima intenzivne proizvodnje koji nameću potrebu iznalaženja optimalne kombinacije svih energetske inputa, koja bi ovu proizvodnju učinila energetski efikasnijom. Ova optimalna kombinacija se može postići redukcijom energetske inputa ili njihovom zamenom nekim od alternativnih energetske izvora.

Najveći udeo u energetske bilansu proizvodnje u zaštićenom prostoru imaju direktni energetske inputi izraženi preko energije utrošene za zagrevanje objekata. U primeni su mnogobrojni sistemi za zagrevanje od kojih se najčešće koriste centralni sistemi (topla voda ili vodena para), zagrevanje toplim vazduhom i primena infracrvenog zračenja. Faktori izbora tehničkog sistema su obim i tip biljne proizvodnje, raspoloživost finansijske sredstava, tip objekta i pokrovni materijal. U ovim faktorima treba i tražiti mogućnost uštede potrebne energije.

2. MATERIJAL I METOD

U radu su razmatrani pojedini sistemi za zagrevanje objekata zaštićenog prostora sa aspekta utroška energije, uz respektovanje pokrovnog materijala i oblika objekta. Za uslove zimske proizvodnje zelene salate proračunata je potrebna energija za zagrevanje tipičnih oblika zaštićenog prostora u regionu Srbije i Crne Gore. Proračun je izveden za

klimatske uslove Beograda (minimalna zimaska temperatura -18°C) i optimalana temperatura za proizvodnju salate od 20°C). U obzir su uzeti tunel tip objekta, prekriven jednostrukom i dvostrukom PE folijom i tunel tip sa ravnim stranama, prekriven jednostrukom i dvostrukom PE folijom. Na bazi ovih podataka određena je i potrebna količina goriva. Poseban deo čini analiza mogućnosti uštede energije koja se troši na zagrevanje objekata.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Utrošak energije za zagrevanje objekta

Za kvalitetno zagrevanje objekata zaštićenog prostora potrebno je predvideti gubitke energije putem konvekcije i kondukcije, kondenzacije, infiltracije i ventilacije, i gubitke termalnom radijacijom. Praktično rešavanje problema određivanja gubitaka dato je sledećim izrazom [1].

$$Q_T = Q_C + Q_A$$

gde se ukupni toplotni gubici predstavljaju kao suma gubitaka konvekcijom (Q_C) i gubitaka usled izmene vazduha (Q_A). Gubici konvekcijom će zavisiti od površine objekta izložene dejstvu spoljašnjih fatora (sunčevo sračenje, vetar, ...), zatim od pokrovnog materijala i temperature vazduha u objektu.

$$Q_C = A h \Delta T \text{ [W]}$$

gde je: A – površina objekta izložena uticajima spoljne sredine [m^2],
 h – koeficijent prelaza toplote [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$],
 ΔT – razlika između temperature vazduha unutar i izvan objekta.

Koeficijent prelaza toplote je karakteristika pokrovnog materijala. Za staklenike njegova vrednost iznosi $6.25 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ dok za objekat prekriven jednostrukom PE folijom iznosi $6.8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ [2].

Gubici usled izmene vazduha zavise od zapremine objekta, tipa objekta i njegove iskorišćenosti.

$$Q_A = 0,373 V N \Delta T \text{ [W]}$$

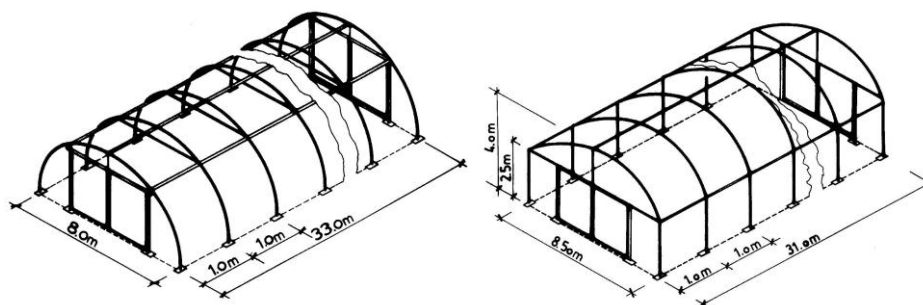
gde je: V – zapremina objekta [m^3],
 N – broj prirodnih izmena vazduha na čas
 ΔT – razlika između temperature vazduha unutar i izvan objekta
 0.373 – konstanta koje predstavlja sadržaj toplote u vazduhu

Broj prirodnih izmena vazduha zavisi od pokrovnog materijala i starosti konstrukcije. Tako za novoizgrađen objekat prekriven dvostrukom PE folijom ova vrednost iznosi $0.5 - 1.0$ [2].

U tabeli 1. dati su, proračunati prema prethodnim izrazima, toplotni gubici objekata različitog oblika i pokrovnog materijala. Objekti (slika 1.) su istih podnih tj. proizvodnih površina radi lakšeg upoređenja. Tokom proračuna, usvojena je temperaturna razlika unutrašnje i spoljašnje temperature od 38°C (minimalna projektovana temperatura za uslove Beograda -18°C i optimalna temperatura u objektu 20°C).

Tab. 1. Potrebna količina energije za zagrevanje

Potrebna količina energije [kW]	Tip konstrukcije	
Pokrovni materijal	Tunel	Tunel sa ravnim stranama
Jednostruka PE folija	119.79	124.74
Dvostruka PE folija	83.85	87.32



Sl. 1. Oblici konstrukcije

Dobijene vrednosti predstavljaju količinu toplote koja mora da se primeni na svaki sat kako bi se temperatura održala na željenom nivou. Potrebna količina goriva se može odrediti ukoliko se zna njegova toplotna moć, zatim termička efikasnost gorionika i proračunata potrebna količina energije. U tabeli 2. date su potrebne količine goriva u slučaju korišćenja mazuta, za prethodno proračunate energetske potrebe objekata.

Tab. 2. Potrebne količine mazuta

Mazut [kg/h]	Tip konstrukcije	
Pokrovni materijal	Tunel	Tunel sa ravnim stranama
Jednostruka PE folija	10.34	10.77
Dvostruka PE folija	7.24	7.54

Prethodni primer jasno ukazuje na mogućnosti uštede energije i količine goriva izborom polukružne konstrukcije prekrivene dvostrukom folijom.

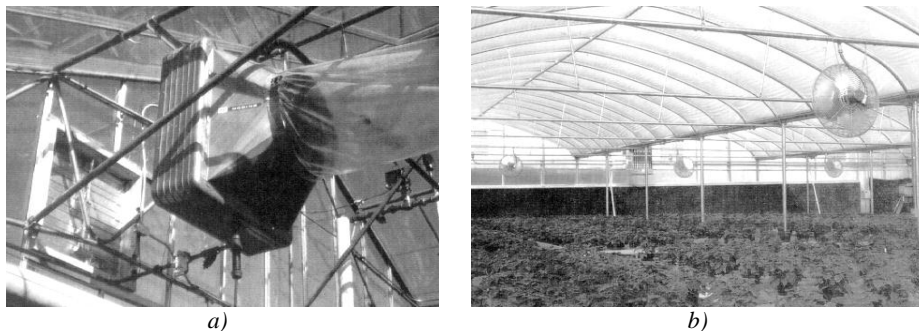
3.2. Tehnički sistemi zagrevanja objekata zaštićenog prostora

U osnovi postoje četiri sistema za dopunsko zagrevanje objekata zaštićenog prostora i to zagrevanje toplim vazduhom, zagrevanje toplom vodom i vodenom parom, koji se mogu podvesti pod sistem centralnog grejanja, i zagrevanje infracrvenim zračenjem.

3.2.1. Zagrevanje toplim vazduhom

Ovi sistemi su vrlo često primenjeni zbog relativno niskih početnih investicija. U osnovi sistema je termogenerator u kome se vrši sagorevanje goriva koje rezultira oslobađanjem toplote. Ventilator, koji je u sklopu termogeneratora, povlači vazduh iz objekta koji se, prelazeći preko izmenjivača toplote, zagreva i kao takav dospeva u unutrašnjost objekta. Količina goriva i temperatura na izlazu iz generatora regulišu se prema podacima dobijenim od senzora temperature postavljenih na različitim lokacijama u objektu. Termogeneratori mogu koristiti kerozin, petrolej i prirodni gas.

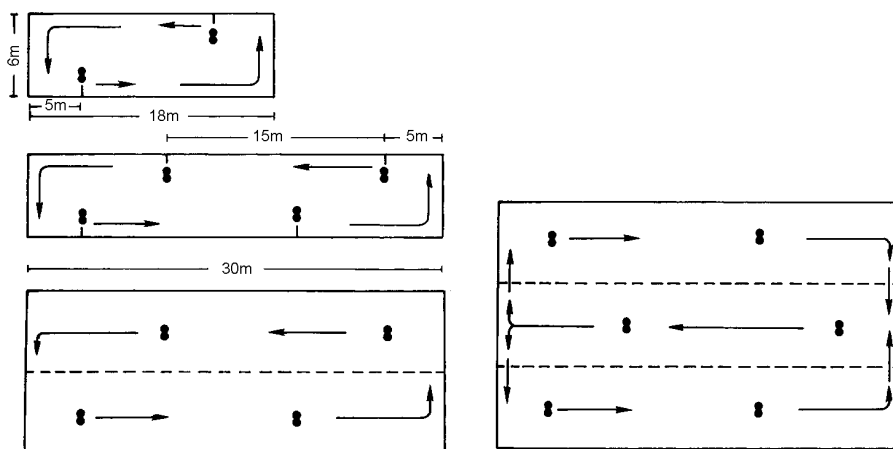
Zagrejani vazduh se kroz objekat može distribuirati providnim PE cevima ili sistemom ventilatorskih agregata (Slika 2.a i 2.b).



Sl. 2. Sistemi zagrevanja toplim vazduhom

Cevi se postavljaju na izlaz iz termogeneratora i to dužinom objekta. Na cevima su parovi otvora prečnika 5-8 cm, na suprotnim stranama, raspoređeni na svaki metar dužine. Postavljaju se iznad gajenih biljaka kako bi se izbegla eventualna oštećenja biljaka.

Kod distribucije vazduha ventilatorima, termogenerator se postavlja kao prvi u nizu iza koga se nadovezuju ventilatorski agregati tako da im usmerenje vazdušne struje u susjednim redovima bude različito (Slika 3) kako bi se dobilo kružno kretanje vazduha.



Sl. 3. Raspored ventilatora u sistemu

Ventilatori se postavljaju na visini od 0.6 do 0.9 m iznada gajenih biljaka.

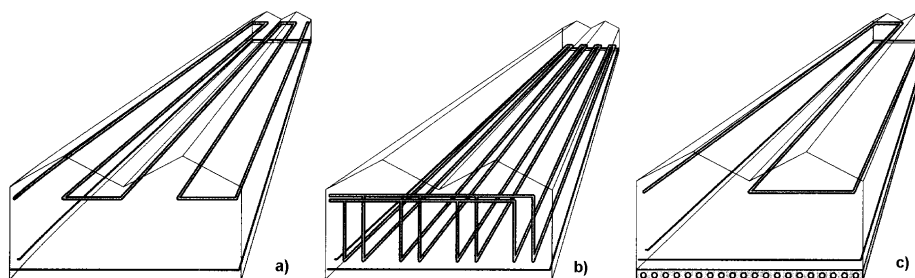
Nedostatak ovakvog načina zagrevanja je potrošnja kiseonika iz objekta, koji se koristi za sagorevanje i mogućnost kontaminacije tj. zagađenja prostora. Iz ovih razloga se preporučuje da otvori za ventilaciju u blizini agregata budu otvoreni tako da obezbede 1 cm^2 otvora na svakih 120 W kapaciteta agregata. Drugi nedostatak se ogleda u neravnomernosti temperature i pritiska kroz sistem. Neravnomernost pritiska se, teorijski, može rešiti postepenim smanjenjem prečnika cevi njenom dužinom, ali ovakve cevi je veoma teško proizvesti.

3.2.2. Zagrevanje toplom vodom i vodenom parom

Postoji više razloga zašto je ovaj način zagrevanja našao veću primenu u praksi od sistema sa toplim vazduhom. Sa aspekta energetske efikasnosti ovi sistemi su jako pogodni jer kotlarnica, koja je u sklopu sistema, može koristiti i jeftinija goriva (drvo, ugalj) kod kojih se ne postavlja zahtev u smislu sastava i kvaliteta produkata sagorevanja. Proizvođači sa većim proizvodnim kapacitetima, zaključili su da je lakše održavati dve kotlarnice nego sistem većeg broja agregata za zagrevanje vazduha. Ovim načinom zagrevaju se prizemni i vršni delovi biljaka, čime se poboljšavaju uslovi njihovog rasta i razvića i umanjuje mogućnost pojave bolesti.

Zagrevanje vodenom parom je često u primeni zbog manjih temperaturnih kolebanja u sistemu, koja se, ukoliko postoje eliminišu regulacijom pritiska. Para kroz sistem cirkuliše bez pogona pumpe. Nedostatak ovog načina zagrevanja [3] je količina energije potrebna za prevođenje 1 kg vode u vodenu paru ($2.26 \text{ MJ/kg na } 100^{\circ}$). U tehničkom smislu ovi sistemi su jako pogodni za korišćenje u procesu pasterizacije zemljišta.

Ipak, zagrevanje toplom vodom je češće u primeni zbog ravnomernosti temperature u sistemu i veće mogućnosti konzervacije toplote u slučaju kvara na instalacijama. Osnovu ovih sistema čine kotlarnica i sistem razvodnih cevi. Toplota se iz kotlarnice u objekat prenosi vodenom parom ili toplom vodom, razvodnim cevima koje mogu imati različit raspored (slika 4.).



Sl. 4. Raspored cevi centralnog sistema grejanja

Postavljanje cevi ima veliki uticaj na energetski bilans proizvodnje u zaštićenom prostoru. Prema rasporedu kao na slici 4.a, zagrevaju se viši delovi objekta gde ne postoji potreba za višom temperaturom. Samim tim, javljaju se toplotni gubici preko krovnih površina. Jedina prednost je što cevi ne predstavljaju nikakvu prepreku u radu radnika ili neke od mašina.

U slučaju sa slike 4.b, zagreva se vazduh neposredno u zoni biljke. Ovo rezultira bržim rastom i razvićem biljaka, boljom kontrolom bolesti i većom energetskom efikasnošću. Za prenos toplote koristi se voda a ne vodena para, zbog svoje niže temperature, čime se izbegava mogućnost oštećenja biljaka. Ovako postavljene cevi mogu poslužiti i kao oslonac u sistemu kretanja mašina kroz objekat.

U sistemu na slici 4.c, deo toplote se oslobađa u gornjim delovima objekta, dok se deo oslobađa u zemljištu, u zoni korenovog sistema. Ovim se postižu značajne uštede u energiji, ostvaruju se viši prinosi i bolje kontrolišu bolesti. U ove svrhe se koriste cevi prečnika 19 mm, postavljene na dubini od 15 do 30 cm. Sistemom se može obezbediti 65 W/m^2 toplote, a u periodima nižih temperatura i do 95 W/m^2 toplote.

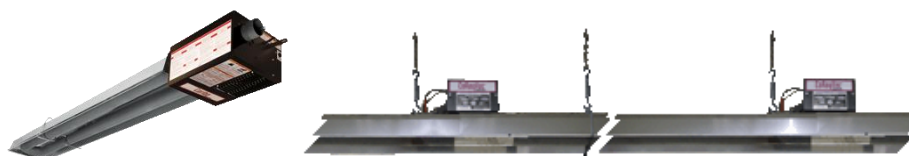
Tab. 3. Raspoloživa toplota različitih prečnika cevi zagrevanih toplom vodom i vodenom parom [4]

Izvor toplote	Prečnik cevi, mm	Dobijena toplota, W/m
Para, 102 ⁰ C	32	173
Para, 102 ⁰ C	38	202
Topla voda, 82 ⁰ C	51	154
Topla voda, 95 ⁰ C	51	192
Topla voda, 82 ⁰ C	19	154

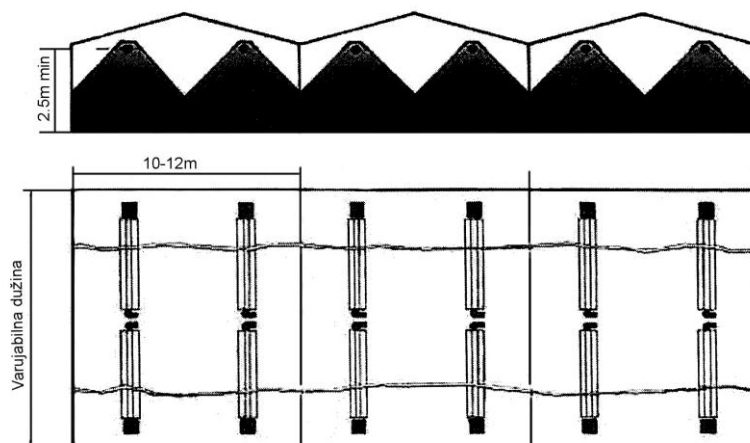
U staklenicima, kao stalnim objektima zaštićenog prostora, za zagrevanje se preporučuju centralni sistemi, dok se za plastenike, zbog montaže i kasnije demontaže, preporučuju sistemi za zagrevanje toplim vazduhom. Ispitivanja, sprovedena u Izraelu pokazuju da između ova dva sistema nema razlike u potrošnji energije, te se izbor sistema uglavnom zasniva na tipu objekta koji se koristi i na početnim finansijskim ulaganjima.

3.2.3. Zagrevanje infracrvenim zračenjem

Grejači (Sl. 5.) emituju infracrveno zračenje koje biva apsorbovano od strane "prepreka" koje se nađu u zoni zračenja. Apsorbovana energija se pretvara u toplotu. Vazduh, kroz koji zračenje prolazi, se zagreva emisijom toplote od strane biljaka i predmeta koji su zračenje apsorbovali.



Sl. 5. Izgled grejača



Sl. 6. Optimalan raspored grejača u objektu

Zagrevanje infracrvenim zračenjem umanjuje mogućnost kondenzacije vlage na biljkama i rizik pojave bolesti. Grejači se postavljaju u parovima, dužinom objekta. Razmak između parova je 10 do 12m. Dužinom objekta, iznad linije grejača, postavlja se metalni reflektor koji usmerava zračenje ka biljkama. Za reflektore se koristi aluminijum zbog dobrog efekta refleksije. Kod ovog sistema bitno je da biljke budu na odgovarajućem rastojanju od cevi da ne bi došlo do njihovog oštećenja usled visoke temperature cevi (200-400⁰ C).

Niža temperatura vazduha u objektima uslovljava manje razlike u temperaturi izvan i unutar objekta, što rezultira manjim gubicima toplote iz objekta. Iako su početne investicije u ove sisteme nešto više u odnosu na druge sisteme, uštede u gorivu mogu nadomestiti te razlike u roku od nekoliko godina eksploatacije. U literaturi se navodi da je ovim načinom zagrevanja moguće ostvariti uštede u gorivu od 30 do 60% u odnosu na potrošnju kod konvencionalnih sistema zagrevanja. Nedostatak ovog sistema je neravnomernost temperature unutar objekta i to u delovima ispod zone zračenja i onih zaklonjenih. Termalna radijacija povećava transpiraciju kod biljaka, koja može da rezultira stresom. Sa druge strane, manja razlika unutrašnje i spoljašnje temperature se može postići i centralnim sistemom grejanja sa cevima postavljenim u zemljištu objekta. Što se goriva tiče, ovi sistemi koriste prirodni gas ili propan koji poslednjih godina ima višu nabavnu cenu.

3.2.4. Alternativni izvori energije za zagrevanje objekata zaštićenog prostora

Za zagrevanje objekata zaštićenog prostora, mogu se koristiti i neki od alternativnih izvora energije i to otpadne termalne industrijske vode, geotermalne vode, drvo, slama, biogas, sunčeva energija i energija vetra. Pre donošenja odluke o korišćenju nekog od ovih izvora, mora se utvrditi koliko je energije potrebno za zagrevanje objekta (dimenzionisati objekat i definisati proizvodnju), zatim koliko se energije može dobiti iz datog izvora, da li je njegovo korišćenje moguće tokom cele godine, koji je temperaturni nivo energije i kakve posledice ima upotreba datog izvora na same biljke, konstrukciju objekta, instalacije, i na radnike.

Većina ovih izvora energije su tzv. niskotemperaturni izvori, za koje su potrebni posebni tehnički sistemi koji bi omogućili maksimalno iskorišćenje njihove energije. Zahtevi koji se postavljaju pred ove tehničke sisteme, podrazumevaju uniformnost temperature u objektu, nesmetan rad tehničkih sistema i radnika, laku kontrolu i podešavanja i da sistem ne umanjuje svetlosnu transmisiju u objektu.

Od navedenih alternativnih izvora energije za poljoprivredna gazdinstva veoma interesantno rešenje predstavljaju primena slame i biogasa. Sagorevanje slame je praktično rešenje za gazdinstva koja se bave samo biljnom proizvodnjom i raspolazu većim proizvodnim površinama pod žitaricama. U tabeli 4. date su potrebne količine slame za zagrevanje objekta zaštićenog prostora površine 1000 m² uz predpostavljeni prinos pšenice od 4 t/ha [9]

Tab. 4. Godišnja količina slame za zagrevanje plastenika proizvodne površine 1000m²

Unutrašnja temperatura dnevna/noćna, °C	Slama kg/1000m ²	Potrebna površina ha/1000m ²
14/10, jednostruka PE folija	149 000	37.3
18/16, dvostruka PE folija	271 000	67.8
14/10, jednostruka PE folija	94 000	23.5
18/16, dvostruka PE folija	172 000	43.0

Biogas dobijen u stočarskoj proizvodnji predstavlja čisto gorivo. Potrebne količine ovog energenta su za sada suviše velike da bi bio uveden u tehničke sisteme zagrevanja objekata zaštićenog prostora. U tabeli 5. su date količine biogasa obzirom na dnevnu količinu energije potrebne za zagrevanje.

Tab. 5. Količina biogasa iz stajnjaka potreban za zagrevanje 1m² zaštićenog prostora

Dnevna količina energije kWh/m ² dan	Biogas m ³ /m ² dan	Br. grla/m ²			
		telad	goveda (odrasla grla)	svinje	živina
1.0	0.195	0.50	0.3	1.6	20
2.0	0.391	0.9	0.6	3.3	39
3.0	0.586	1.4	1.0	4.9	59
4.0	0.782	1.9	1.3	6.5	78

Zajedničke karakteristike za sve alternativne izvore energije su da su tehnički sistemi za njihovu primenu složenije konstrukcije ne bi li omogućili što bolje iskorišćenje energije izvora i da su samim tim troškovi njihove nabavke viši u odnosu na konvencionalne sisteme zagrevanja.

4. ZAKLJUČAK

Ukoliko se razmišlja o intenzivnoj biljnoj proizvodnji u zaštićenom prostoru, mora se, prilikom projektovanja objekta i planiranja proizvodnje, razmisliti o sistemima za dopunsko zagrevanje u zimskom periodu. Parametri od kojih zavisi izbor tehničkih sistema su početne investicije, tip objekta, zatim obim i tip biljne proizvodnje koji se želi zasnovati. Za plasteničke objekte se preporučuju sistemi zagrevanja toplim vazduhom. Jednostavno ih je postaviti i po potrebi menjati njihov raspored u objektu. Za intenzivnu proizvodnju u staklenicima preporučuju se centralni sistemi zagrevanja bez obzira na nešto viša početna ulaganja.

Energetske potrebe za zagrevanje se proračunavaju prema potrebnoj temperaturi u objektu, lokalnim klimatskim uslovima i tipu objekta i pokrovnom materijalu. Po obavljenom proračunu treba razmotriti mogućnosti uštede potrebne energije. Manje energetske potrebe imaju objekti polukružne konstrukcije (tunel tip) prekriveni dvostrukom folijom. Međutim, primena duple folije može dovesti i do snižavanja koncentracije CO₂ samim tim i smanjenje potrošnje mineralnih materija od strane biljaka. Primena termalnih zastora je dovela do uštede u energiji i do 60% tokom noći, i 25–30% sezonske uštede [3]. Jedan od efekata primene termalnih zastora je i taj da pokrovni materijal ima znatno nižu temperaturu tako da se u zimskim periodima sneg teže topi sa krovne konstrukcije te tako postoji rizik od njenog rušenja. Još jedan od problema je i značajna razlika u temperaturi unutar redova biljaka i vazduha izvan zastora u trenutku otvaranja zastora u jutarnjim satima. Problem kondenzacije na zastorima je uspešno rešen primenom perforiranih materijala.

Primena bio mase i alternativnih izvora energije je kod nas još uvek pod znakom pitanja. Proračuni ukazuju na povoljniji energetska bilans proizvodnje u zaštićenom prostoru primenom biomase, u prvom redu slame, zatim geotermalnih voda i otpadnih industrijskih voda. Primena svih ovih izvora zahteva nešto drugačije konstrukcije tehničkih sistema koje bi i u praksi dovele do povoljnog energetska bilansa.

LITERATURA

- [1] Manitoba Agriculture, *Food and Rural Initiatives*.
- [2] www.gov.mb.ca/agriculture/crops/greenhouses.
- [3] ASAE 1988. ASAE Engineering Practice. *Heating, ventilating and cooling greenhouses*. Hahn, R. H. and E. E. Rosentreter, eds. 35th edition. ASAE, St. Joseph, MI.
- [4] Hanan J. Joe: *Greenhouses- Advanced Technology for Protected Horticulture*.
- [5] Nelson V. Paul: *Greenhouse Operation and management*, 6th edition.
- [6] Teitel, M., Segal, I. Shklyar, A., Barak M.: *A Comparison between Pipe and Air heating Methods for Greenhouses*, Institute of Agricultural Engineering, The Volcani Center, Bet Dagan, Israel.
- [7] Blom, J. and Ingratta, F.J.: *The Use of Low Intensity Infrared for Greenhouses Heating in Southern Ontario*, Acta Hort., 115:205-216; 1981.
- [8] Youngsman, J.: *Infrared Heating for Greenhouses*, Ohio State Florists Assoc. Bill. 587:1-4; 1978.
- [9] Dimitrijević Aleksandra, Đević, M.: *Zagrevanje objekata zaštićenog prostora i aplikacija ugljendioksida*, PTEP – Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Vol. 7. 2003. god., br 5.
- [10] Von Zabelic, Chr. *Energy substitution*, Energy Savings in Protected Cultivation, Acta Horticulturae, 245: 253-260; 1989.

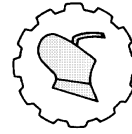
GREENHOUSE HEATING SYSTEMS AND POSSIBILITIES FOR ENERGY SAVINGS

Aleksandra Dimitrijević, Milan Djević

Abstract: Successful greenhouse production is defined by four main factors - temperature, light, water content of the air and soil, and quality of air inside the objects. Concerning the energy consumption the greatest share in total consumed energy represent the share of direct use of energy for heating. There are various systems for greenhouse heating that enable whole-year plant production (central heating systems, unit-air heaters and infrared). Concerning the price and availability of the certain fuels in recent years, great attention is given to possibilities of using an alternative energy sources.

This paper presents analysis of conventional heating systems for greenhouse production. Calculation of heating requirements for most common greenhouse structures and materials is also given. The possibilities of using an alternative energy sources are presented emphasizing the use of biomass consumption.

Key words: greenhouse, heating, energy, biomass.



UDK: 631.365.

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

ENERGETSKI ASPEKT I KVALITET SUŠENJA KOŠTIČAVOG VOĆA

Milovan Živković

Poljoprivredni fakultet Beograd

Sadržaj: Stalni napredak u usavršavanju tehničko-tehnoloških sistema procesa sušenja koštičavog voća ne čini ga manje značajnim problemom. Teoriska i praktična saznanja u ovoj oblasti poslednjih godina su u najvećoj meri usmerena na energetski aspekt i kvalitet dobijenih proizvoda.

Predmet rada je utvrđivanje strujno tehničkih merenja, tehnološki parametri sušenja i potrošnja energije za sušenje koštičavog voća. Posebno su analizirani temperatura i relativna vlažnost vazduha za sušenje, brzina sušenja kao i specifična potrošnja energije. Od parametra kvaliteta posmatrani su sadržaj suve marelje, ukupan i direktni invert, saharoza i ukupna kiselost.

Dobijeni rezultati pokazuju da pored režima sušenja, vrste i načina pripreme materijala, na potrošnju energije presudnu ulogu imaju i tehnički parametri sistema sušenja. To se pre svega odnosi na energetski deo sistema.

Ključne reči: *sušara, šljiva, kajsija, potrošnja energije, kvalitet plodova.*

1. UVOD

Potrebe čoveka da u svojoj ishrani tokom cele godine koristi pored ostalih i plodove koštičavog voća, uslovljava stalno usavršavanje tehničko-tehnoloških postupaka kojima bi se očuvalo voće sa što višim kvalitetom. Osnovni postupak čuvanja plodova je konzervisanje. Najviše primenjivan način konzervisanja predstavlja dehidracija tj. sušenje.

Plodovi voća po hemijskom sastavu u velikoj meri sadrže vodu koja im ograničava trajnost u svežem stanju jer omogućuje odvijanje raznih biohemijskih promena.

S obzirom da je prisustvo vode jedan od osnovnih činilaca za odvijanje biohemijskih procesa i razvoj mikroorganizama, dehidracijom se odstranjuje iz svežih plodova bez bitne izmene drugih sastojaka. Nakon toga se u plodovima voća usporavaju aktivnosti tako da se sprečava kvarenje plodova tokom čuvanja. Sušenje kao postupak dehidracije se zasniva na odstranjivanju vode iz svežih plodova čime se stvaraju nepodesni uslovi za razvoj mikroorganizama kao izazivača kvara.

Suva šljiva osim što predstavlja poslasticu, praktično sadrži gotovo sve materije koje se smatraju neophodnim za funkcionisanje ljudskog organizma. To dokazuje da ovaj proizvod treba da postane jedna od osnovnih namirnica u ishrani čoveka. Osušene šljive

su pored značajnog izvora energije (do 3,5 puta veća nego kod sveže) i hranljive vrednosti, namirnica od posebnog dijetalnog značaja, koja se po svojoj važnosti i vrednosti, u fizičko energetsom pogledu, izjednačuje sa svežim voćem pre sušenja.

Usavršavanje procesa je u tesnoj vezi sa tehničkim rešenjima koji prate ovaj proces u cilju postizanja što boljeg kvaliteta i ekonomičnosti u ovoj grani proizvodnje. Vrhunska dostignuća su ostvarena u Americi gde je čitav proces sušenja, mada skoro potpuno mehanizovan i automatizovan, toliko uprošćen da daje vrlo ekonomičnu proizvodnju.

Pored šljiva kao koštičavog voća, kajsije takođe predstavljaju pogodno voće za sušenje, jer osušeni plodovi poseduju prijatnu aromu, harmoničan ukus i neizmenjenu boju ako se obavi adekvatna priprema. U domaćoj praksi sušenje kajsije je velika novina i skoro ne postoje nikakva iskustva. To se pre svega odnosi na tehnološki deo što obuhvata odgovarajuću pripremu koja se ostvaruje hemijskim tretmanima.

Proce sušenja kajsija u našim uslovima je nedovoljno poznat i sa tehničkog aspekta, što se pre svega odnosi na uređaje kojima se može ostvariti racionalno sušenje sa zadovoljavajućim kvalitetom proizvoda. Deo ovog problema olakšava saznanje (inostrana iskustva) da proces sušenja može biti zadovoljavajućeg kvaliteta ako se ostvari sa sličnim režimom kao i za šljive, što se bar tiče temperature agesa sušenja.

2. MATERIJAL I METOD RADA

Metodika rada je razvijena na Institutu za poljoprivrednu tehniku Poljoprivrednog fakulteta u Beogradu i usklađena je ciljem i predmetu istraživanja. U okviru postavljenog zadatka istraživanja obuhvaćeno je ispitivanje: portošnju energie i parametre kvaliteta osušenih plodova.

U skladu sa definisanim programom istraživanja, ispitivanja su obuhvatila istraživanja procesa sušenja šljive i kajsije eksperimentalnim putem koja su sprovedena na **laboratorijskoj instalaciji** za ispitivanja procesa sušenja i **prototipskoj industrijskoj sušari UVS-4***.

Merenja su obuhvatila:

- Temperature spoljnog vazduha – termoparovima i živinim termometrom;
- Relativna vlažnost agenasa sušenja – metodom po vlažnom i suvom termometru;
- Temperature materijala u procesu sušenja – računarnom posredstvom akvizicione jedinice i termoparova;
- Potrošnja energije – proračunom na osnovu entalpije i količine utrošenog vazduha, merenjem na osnovu vremenskog ukjučenja grejača kao i merenjem preko potrošnje drveta;
- Suva materija osušenih plodova – sušenjem na 105 °C;
- Osnovni sastav osušenih plodova – hemijskom analizom.

Pošto je osnovna karakteristika procesa sušenja temperaturski režim, eksperimentalna istraživanja sušenja šljive su koncipirana tako da obuhvate određeni broj ponovljenih merenja sa režimima rikazani u tabeli 1.

* Prototipska sušara je originalni patent istraživačkog tima Instituta za poljoprivrednu tehniku Poljoprivrednog fakulteta iz Zemuna u sradnji sa Institutom za proučavanje lekovitog bilja "Josif Pančić" iz Beograda.

Tab. 1. Temperature agensa i vreme trajanja pojedinih faza

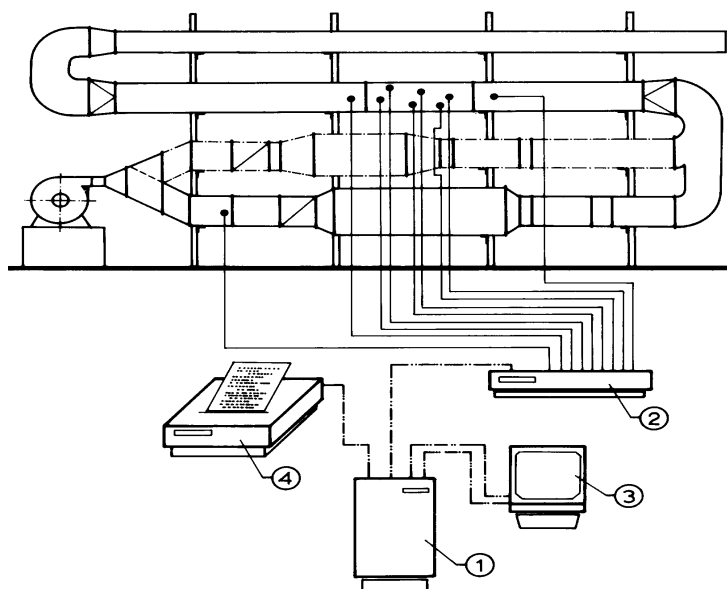
Režim	I režim		II režim		III režim	
	Trajanje [h]	Temper. agensa [°C]	Trajanje [h]	Temper. agensa [°C]	Trajanje [h]	Temper. agensa [°C]
Predgrevanje	1	45	/	/	1	45
Prelazna	11	65	/	/	8	65
Pothlađivanje	0,5	53	/	/	0,5	54
Intezivno sušenje	7,5	73	20	73	10,5	73

Eksperimenti sa plodovima kajsije su obavljani sa stalnim režimom tako da su tokom procesa sušenja temperatura agensa i maseni protok agensa održava na konstantnom nivou u meri koliko je bilo moguće postojećim instalacijama. Na taj način, razlike između pojedinih eksperimenata su određene načinom pripreme plodova za sušenje.

2.1. Opis eksperimentalnih uređaja

Šematski prikaz laboratorijske univerzalne instalacije sa šemom rasporeda termo parova, dat je na slici (slika.1) i sastoji se od sledećih funkcionalnih celina: elektromotor sa ventilatorom, "topli" kanal za pripremu vazduha, "hladni" kanal, merni kanal sa komorom za smeštaj materijala i odvodni kanal.

Za merenje temperatur vazduha i materijala korišćeni su termoparovi (Fe-Co) i živini termometri. Termoparovi su bili postavljeni na sledećim mestima kod eksperimentalnog uređaja: ispred ventilatora, na ulazu u komoru za sušenje, u materijalu (na 6 mesta) i iza komore (slika 1):

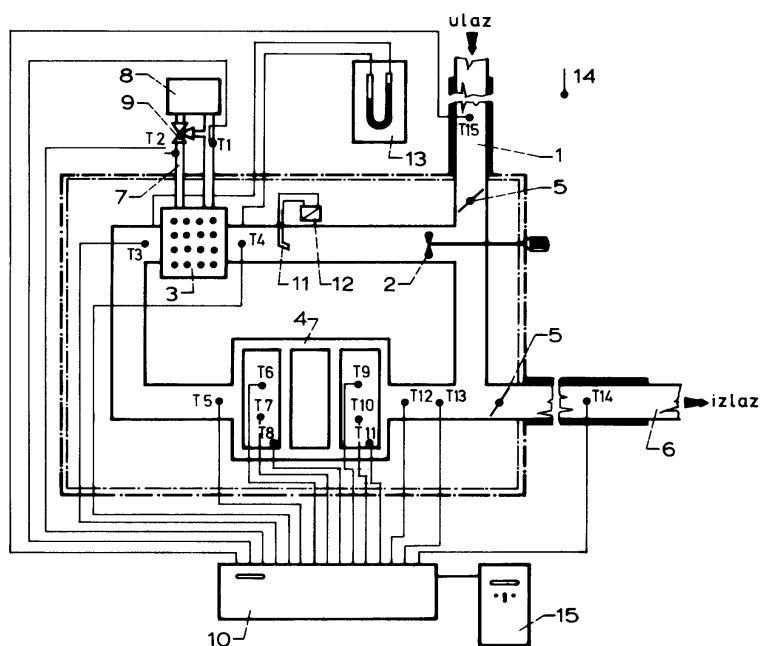


Sl. 1. Šematski prikaz veze i mesta postavljanja termoparova sa računarom
1 - Računar 2 - Akvizicija sa termoparovima 3 - Monitor sa tastaturom 4 - Štampač

Merenje temperaturnih vrednosti u navedenim mestima pomoću termoparova ostvareno je uz pomoć računara HP 35731B povezanog preko akvizicione jedinice HP 3421A. Dobile vrednosti istovremeno su prikazane na terminalu i zapisivane na papiru preko štampača.

Šematski prikaz Univerzalna sušara UVS-4 dat je na slici 2, a sastoji se od sledećih funkcionalnih celina: toplovodni kotao, razmenjivač toplote - zagrejač vazduha, aksijalni ventilatori za strujanje vazduha, komora za sušenje i sistem za regulisanje temperature vazduha.

Cela konstrukcija smeštena je na pokretnu vučenu šasiju sa točkovima. Zidovi su izrađeni od pocinkovanog lima sa izolacijom od poliuretana debljine 30 mm.



Sl. 2. Šema merne aparature za određivanje parametara sušenja kod prototipske sušare

1. Ulaz spoljašnjeg vazduha; 2. Ventilator; 3. Razmenjivači toplote; 4. Komora za sušenje;
 5. Regulatori vazduha; 6. Izlaz zasićenog vazduha; 7. Povratni vod; 8. Toplovodni kotao;
 9. Regulacioni ventil; 10. Akviziciona jedinica; 11. Pito-Prantlova sonda; 12. Diferencijalni mikromanometar; 13. Manometar u obliku "U" cevi; 14. živin termometar;
 15. Računar; $T_1 - T_{15}$ - termoparovi

Merenje temperaturnih vrednosti u ogledima kod prototipske sušare je ostvareno istim računarskim sistemom kao i kod laboratorijske sušare (računara HP 35731B povezanog preko akvizicione jedinice HP 3421A).

Dobijeni rezultati merenja po eksperimentima su obrasđeni statističkom metodom »analiza greške merenja».

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

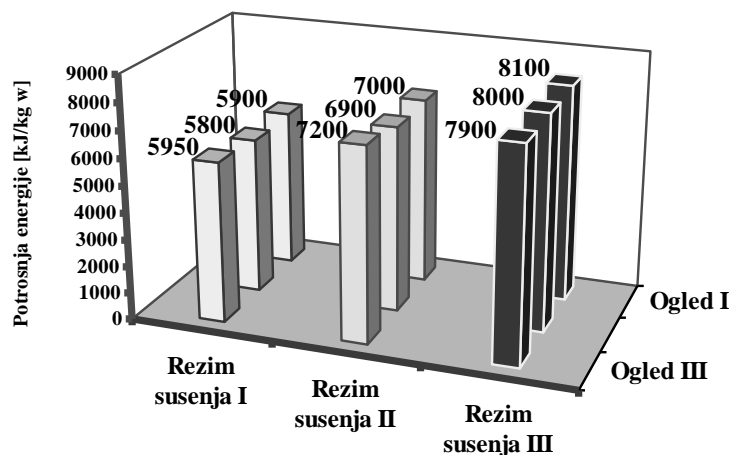
3.1. Specifična potrošnja energije

Potrošnja energije u procesu sušenja predstavlja osnovni parametar za merenje racionalnosti i ukupni ekonomski efekat ostvarivanja procesa. Osnovni zadatak u svakoj tehnologiji sušenja je postizanje zadovoljavajućeg kvaliteta proizvoda uz najmanju potrošnju energije.

Potrošnja energije pri sušenju utvrđivan je na dva načina i to: "računski" na osnovu promene entalpije vazduha pri zagrevanju u razmenjivaču toplote (kod prototipske sušare), odnosno na električnim grejačima (na laboratorijskoj instalaciji). Istovremeno, potrošnja energije je određivana i posredno, merenjem utroška ogrevnog drveta u toplovodnom kotlu (kod prototipske sušare), kao i određivanjem potrošnje električne energije na osnovu sistematski registrovanog vremenskog uključivanja segmenata predgrejača i dogrejača vazduha poznate snage (na laboratorijskoj instalaciji)

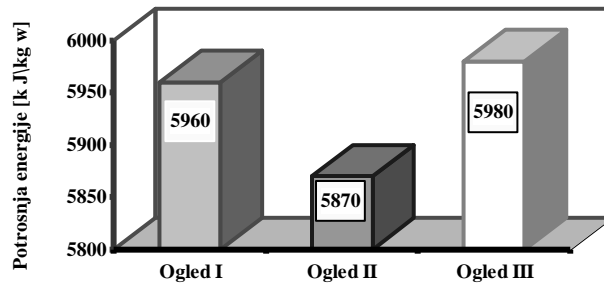
3.1.1. Potrošnja energije pri sušenju šljiva

Specifična potrošnja korisne energije određena na osnovu promene entalpije vlažnog vazduha za eksperimente sa plodovima šljive, za obe vrste sušara prikazana je grafički (slika 3. i slika 4). Analizom histograma (slika 3) uočava se značajna razlika u utrošku energije u pojedinim režimima sušenja, dok su razlike između eksperimenata za isti režim neznatne i mogu se objasniti nepostojanjem identičnih uslova za sve eksperimente kao i greškama merenja.



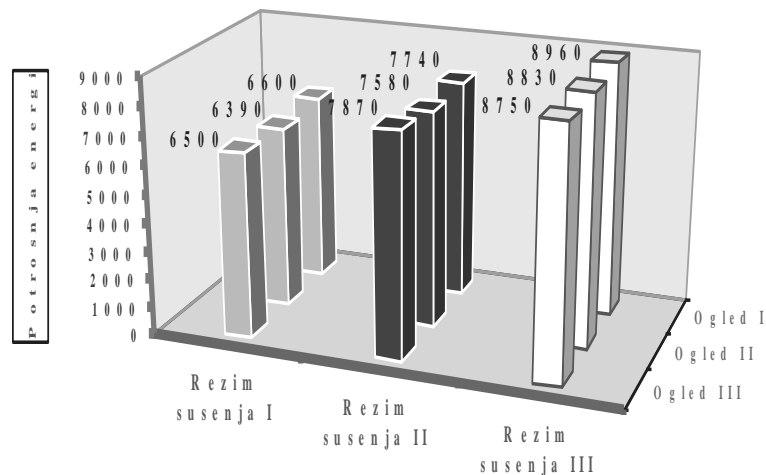
Sl. 3. Potrošnja energije određene preko entalpije vazduha pri sušenju šljiva na laboratorijskoj sušari

Poređenje eksperimenata prvog i drugog režima sušenja (nakon 16 časova sušenja) pokazuju da je utrošak energije približan i u proseku kreće se oko 6000 [kJ/kg w]. Značajno je poređenje eksperimenata drugog i trećeg režima sušenja; oba procesa imaju isto trajanje, ali je potrošnja energije različita (razlika dostiže vrednosti i do 1200 [kJ/kg w]).



Sl. 4. Potrošnja energije određena preko entalpije vazduha pri sušenju šljive na prototipskij sušari

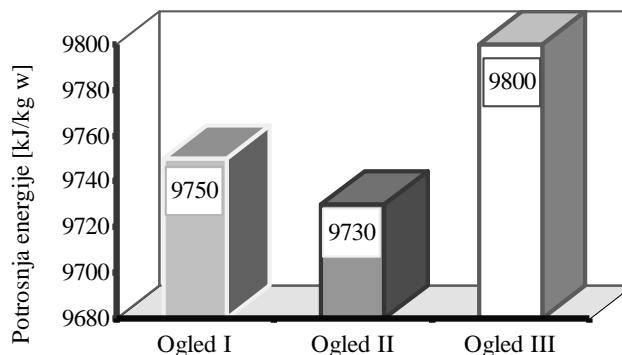
Na slici 5. histogramom je prikazana specifična potrošnja energije određene na osnovu promene entalpije vazduha, za eksperimente sa šljivom na prototipskoj sušari, gde su uslovi približno isti drugom režimu sušenja na laboratorijskoj sušari. Analizom dijagrama uočava se razlika u utrošku energije, tako da je kod laboratorijske sušare, u proseku veća za oko 1000 [kJ/kg w].



Sl. 5. Stvarna potrošnja energije pri sušenju plodova šljive na laboratorijskoj sušari

Razlika specifične potrošnje energije za eksperimente kod različitih sušara pod približno istim uslovima se mogu objasniti činjenicom da je specifična potrošnja vazduha po kilogramu osušenih plodova kod laboratorijske sušare veća. Pored toga zapreminsko iskorišćenje komore za sušenje laboratorijske sušare znatno manje u odnosu na prototipsku.

Poređenjem rezultata prikazanim na slici 5. i 6. uočava se da je kod laboratorijske sušare "stvarna" potrošnja energije (određena utroškom električne energije za zagrevanje vazduha) veća u odnosu na utrošak određen preko entalpije vazduha za oko 10%. To pokazuje da toplotna izolacija laboratorijske sušare, i pored brižljivog montiranja izolacionih obloga, "dozvoljava" toplotne gubitke o kojim se mora voditi računa.

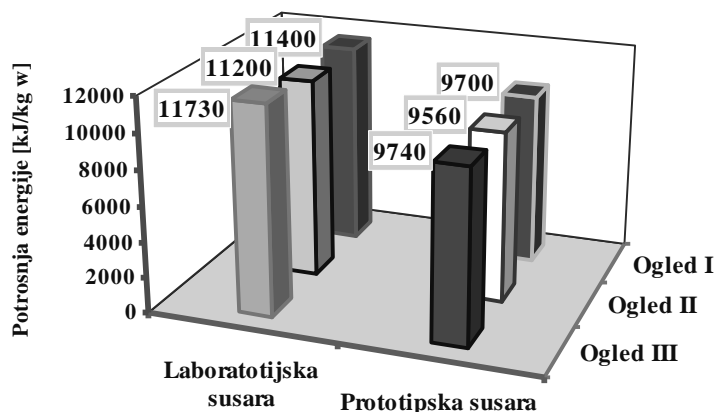


Sl. 6. Stvarna potrošnja energije pri sušenju plodova šljive na prototipskoj sušari

Ako se računa sa toplotnom moći drveta od 12000 [kJ/kg w], eksperimentalno određena potrošnje energije za pogon toplovodnog kotla pri sušenju plodova šljive na prototipskoj sušari kretala se i do 10000 [kJ/kg w]. To ukazuje na veoma izražene gubitke pri transformaciji i prenosu energije u uređajima za pripremu tople vode. Osim toga, na povećanje gubitaka kompletno u sušari uticala je nedovoljna izolacija poda i spojevi vrata komore za sušenje.

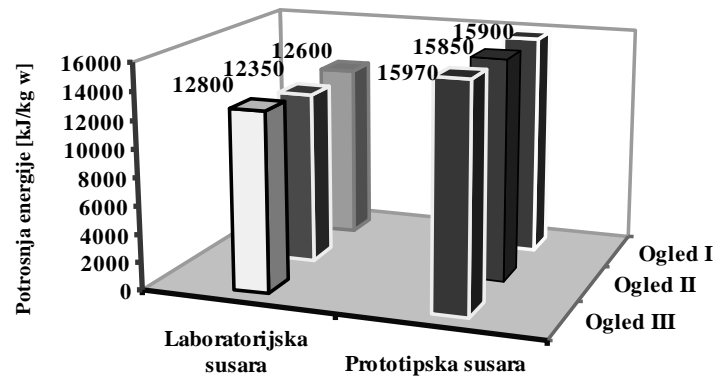
3.1.2. Potrošnja energije pri sušenju kajsije

Specifična potrošnja energije pri sušenju kajsije se razlikuje od potrošnje pri sušenju šljiva, najpre zbog razlike u ostvarivanju relevantnog režima eksperimenata, nasipnoj masi, kao i razlikama termofizičkih osobina i oblika sušenog materijala. Potrošnja energije pri sušenju kajsije dobijena na osnovu određivanja entalpije vazduha kod laboratorijske i prototipske sušare prikazana je grafički (slika 7).



Sl. 7. Potrošnja energije pri sušenju kajsije na oba tipa sušara definisane entalpijom vazduha za sušenje

Registrovana veća specifična potrošnja energije (slika 8) određena pri sušenju na laboratorijskoj instalaciji u odnosu na prototipsku sušaru može se objasniti većom specifičnom potrošnjom vazduha za sušenje kao i manjim stepenom iskorišćenja zapremine komore za sušenje.



Sl. 8. Stvarna potrošnja energije pri sušenju kajsije na laboratorijskoj i prototipskoj sušari

Poređenje specifične potrošnje energije pri sušenju kajsija u odnosu na šljive, pokazuje da je potrošnja kod kajsija znatno veća. Razlog za to je svakako pre svega osobina plodova kajsije kao materijala, kao i činjenica da je za proces sušenja kajsije karakteristično postignuto manje "maseno opterećenje" jedinične površine lesa za sušenje.

Odnos vrednosti specifične potrošnje energije sušenja kajsija i šljiva, za eksperimente ostvarene pod približno identičnim režimima kreće se oko vrednosti 1,6. Prema nekim literaturnim podacima kod postojećih tehnologija, gde se plodovi šljive suše do prosečne krajnje vlažnosti oko 25% a kajsija oko 17%, specifična potrošnja energije za sušenje kajsija je veća čak i do 2,9 puta. Takvoj razlici u potrošnji energije, pored znatno manje krajnje vlažnosti do koje se suši kajsija, doprinosi i sam režim sušenja; kod sušenja šljive početna temperatura agensa iznosi najčešće 44°C a krajnja (kada se proces završava) oko 75°C, a kod kajsije temperatura vazduha raste od 45° do 65°C. Pri tome, vreme sušenje šljive je 18-20, a kajsija 20-25 časova.

3.2. Parametri kvaliteta osušenih plodova

U procesu sušenja plodova voća od presudnog je značaja prisustvo vode u tehnološkom smislu. Voda u osušenom materijalu predstavlja ključni parametar kvaliteta. Veliki sadržaj vode smanjuje energetska, ali zato pruža visoku biološku vrednost. Naime, fiziološki vredne supstance (šećeri, kiseline, pektinske materije, neke bojene materije, pojedini vitamini i minerali), organizam čoveka lako usvaja samo zahvaljujući tome što se u voću nalaze kao vodeni rastvori. S druge strane, ovako visok sadržaj vode značajno povećava rizik od različitih biohemijskih procesa i mikrobioloških kvarova.

Sa tehnološkog stanovišta je veoma važno dobijati sirovinu sa većim sadržajem suve materije. Ako se povećava sadržaj suve materije u plodovima na 6 % onda je potrebno udaljiti 80 kg vode tj. dobija se 20 kg koncentrata iste koncentracije.

Sprovedeni eksperimenti sušenja plodova šljiva i kajsija, po svom režimu, pripadaju niskotemperaturskoj tehnologiji sušenja, gde temperaturna vrednost zagrevanja agensa sušenja ima maksimalnu vrednost do 80°C za šljivu odnosno za kajsiju 70°C. Navedene vrednosti temperatura su maksimalne vrednosti koje su dostizane u kratkom vremenskom periodu, dok je u najdužem periodu procesa sušenja temperatura agensa za sušenje šljiva kretala se oko 73°C i za kajsiju 68°C. Maksimalna (kratkotrajno, pred kraj procesa) temperatura materijala pri sušenju plodova šljive dostizala je vrednost od 70°C, a pri sušenju kajsije 60°C.

Ostvarenje procesa sušenja sa navedenim režimima (niskotemperatursko sušenje), može se očekivati da dobijeni proizvodi u velikoj meri odgovaraju standardima kvaliteta. Znači da je gubitak lako isparljivih jedinjenja u tolerantnim granicama. Postupak indirektnog zagrevanja agensa sušenja je osnovni preduslov da se izbegne bilo kakvo zagađivanje osušenih plodova, štetnim primesama koje sadrže produkti sagorevanja pogonskog goriva sušare.

Prosečni hemijski sastav osušenih plodova prikazan je tabelom 1.

Tab. 1. Prosečan hemijski sastav osušenih plodova šljive

Sorta šljive	Suva materija [%]	Ukupni invert [%]	Direktni invert [%]	Saharoza [%]	Ukupna kiselost [%]	Ostala suva materija [%]
Požegača	71,38	50,36	45,18	5,05	1,9	40,02
Stenly	70,51	51,24	48,11	4,2	2,66	38,87

Analizom rezultata iz tabele 6.4. može se uočiti da promena sadržaja osnovnih sastojaka osušenih plodova šljive se kreću u standardnim vrednostima. Pored sastava osušenih plodova, vlažnost osušenih materijala je takođe jedan od osnovnih pokazatelja kvaliteta. Prosečana vlažnost osušenih plodova kod eksperimenata I i III režima sušenja se kretao oko 29 %, dok za eksperimente II režima sušenja vlažnost se kretala oko 28 %.

Za kvalitet osušenih proizvoda od kajsije najvažniji je vizuelni pokazatelj, odnosno boja koja je veoma nestabilna zbog oksidacionih procesa koji su izraženiji na povišenim temperaturama. Zadovoljavajući kvalitet osušenih plodova kajsije se jedino postiže nepromenjenom bojom tj. bojom svežih plodova. Da bi se zadržala postojeća boja neophodna je odgovarajuća hemiska priprema pomoću sumpora. Međutim, u pogledu kvaliteta koji se dobija hemijskom analizom rigorozna su ograničenja količine sumpornih jedinjenja (SO₂) u proizvodu koji se kreće do 0,015%. Kod ostvarenih eksperimenata na laboratorijskoj sušari, osušeni plodovi kajsije su sadržali sumpordioksida oko 0,0075%. SO₂ je utvrđen i kao ukupni invert jodometrijskom metodom.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu teorijskih i praktičnih saznanja tokom istraživanja kao i izvedenih eksperimenata za različite režime sušenja na laboratorijskoj i prototipskoj sušari, mogu se izvesti zaključci:

- U procesu sušenja koštičavog voća režim i vreme trajanja predstavljaju osnovne tehnološke parametre koji direktno utiču na utrošenu količinu energije kao i kvalitet osušenog materijala.

- Uređaji za zagrevanje vazduha za sušenje treba da bude tehnički prilagođeni za korišćenje čvrstih goriva, biljnih sekundarnih proizvoda (produkti rezidbe u zasadima, slama, kukuruzovina, travna masa, koštice plodova itd.).

- Razmena toplote treba da se ostvaruje prinudnim strujanjem vazduha kako pri zagrevanju u razmenjivačima tako i u procesu predaje toplotne energije materijalu koji se suši.

- Za sušenje ispitivanih vrsta voća veoma je značajan način prethodne pripreme materijala, što se posebno odnosi na kajsiju.

- Dobrom usklađenošću odnosa između temperature agensa sušenja i vremena trajanja procesa može računati na dobre rezultate kojima će se istovremeno obezbediti racionalna potrošnja energije i kvalitet osušenih plodova.

LITERATURA

- [1] Antonijević, D., Voronjec, D.: Kretanje vlaga unutar materijala tokom procesa sušenja sa konduktivnim dovođenjem toplote, "Procesna tehnika" br. 2-3, st. 318-321, Beograd, 1992.
- [2] Babić, M., Babić Ljiljana, Martinov, M.: Stanje i mogućnosti korišćenja biomase kao goriva u poljoprivredi, Savremena poljoprivredna tehnika 20, 4, 171-178, 1994.
- [3] Bogner, M., Vasiljević, B.: Osnovi teorije i tehnike sušenja, Procesna tehnika 2 i 3, 77-85 i 69-78, 1986.
- [4] Bulatović, S.: Proučavanje mineralnog sastava ploda požegače i ruth gerštiter, Jugoslovensko voćarstvo, No. 55/56, 1981.
- [5] Bu-Xuan Wang: Heat transfer Science and Technology, Hem. Pub. Cop., Washington, 1987.
- [6] Delić, Z., Bećirović, C., Marković, B.: Pravci razvoja tehnologija sušenja šljiva, Savetovanje u Gradačcu, 1984.
- [7] Food Plant Engineering, Inc.: Projekat 8423, SAD, Proizvodnja suvih šljiva bez koštica, 1984.
- [8] Kavgić, P.: Spektar fizičkih mernih principa za ocenu kvaliteta i sortiranje poljoprivrednih proizvoda, Revija "Poljoprivredna tehnika" 4, 2, 4-7, 1994.
- [9] Kosi, F., Raičević, D., Ercegović, Đ., Vukić, Đ., Živković, M., Radojević, R., Milenković, R.: Stanje istraživanja i razvoja tehničko-tehnološki sistema sušenja biljnih materijala, Poljotehnika, 5-6/95, str. 13-16, Beograd, 1995.
- [10] Kosi, F., Milenković, R., Raičević, D., Ercegović, Đ., Vukić, Đ., Živković, M., Radojević, R.: Eksperimentalno određivanje parametara sušenja biljnih materijala, Poljoprivredna tehnika, 1-2 / 95, str. 1-19, Beograd, 1996.
- [11] Marković, V.: Tehnologija sušenja, prerada i pakovanje suvih šljiva, Beograd, 1995.
- [12] Todorović, M., Kosi, F., Koldžić, G.: Fizički fenomeni i matematičko modeliranje procesa sušenja korišćenjem sunčeve energije, Naučno stručni skup PTEP '97, Tara, str. 7-13 1997.
- [13] Topić, R., Kovačević, D.: Tokovi eksergije i anergije kod postrojenja za visokotemperaturno sušenje, Revija "Agronomski saznanja" 4, 1, 20-21, 1995.
- [14] Živković, M., Radojević, R., Raičević, D., Kosi, F., Ercegović, Đ., Vukić, Đ.: Nove tehnologije niskotemperaturno sušenje koštičavog voća, X Kongres voara Jugoslavije, Čačak, 1996
- [15] Živković, M.: Određivanje optimalnih parametara tehničko-tehnoloških sistema za sušenje koštičavog voća, Doktorska disertacija, Beograd, 1998.

KERNEL FRUITS DRYING ENERGY AND QUALITY ASPECTS

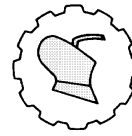
Milovan Živković

Summary: Energy and quality aspects of kernel fruits drying processes are very important subjects of contemporary researching activities. This paper presents the results of stream measuring, drying technological parameters and energy consumption in kernel fruit drying process.

Analysis included temperature and air relative humidity, speed of drying process as well as energy consumption. Quality analysis subject was dry meter content, total and direct invert, content of sucrose as well as total acidity.

The results obtained show that, beside the drying regime and material preparation, energy consumption is influenced by technical parameters of drying system. Primary that means variety of dryer.

Key words: *dryer, plum, apricot, energy consumption, fruit quality.*



UDK: 631.24.664.833.

*Pregledni rad
Review paper*

REŽIM STRUJANJA VAZDUHA U USLOVIMA SKLADIŠTENJA KROMPIRA

Franc Kosi, Milan Đević, Aleksandra Dimitrijević
Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun

Sadržaj: U radu su prikazane vrednosti temperature i relativne vlažnosti, i karakteristike sistema za raspodelu vazduha u industrijskim skladištima krompira. Data je klasifikacija sistema skladištenja i analizirani su sistemi skladištenja u rasutom stanju i sanducima. Pored toga analiziran je uticaj prirodne ventilacije, usled uticaja vetra i razlike temperature spoljašnjeg i unutrašnjeg vazduha, na intenzitet ventilacije skladišta. Dati su podaci relevantni za izbor ventilatora uključujući preporučene vrednosti protoka vazduha i tipa ventilatora. Posebna pažnja posvećena je strujnim karakteristikama (pad pritiska) i date odgovarajuće jednačine za proračun pada pritiska u kanalima i u sloju krompira.

Ključne reči: *krompir, skladišta, raspodela vazduha, pad pritiska.*

1. UVOD

Namena sistema za distribuciju vazduha je ravnomerna raspodela vazduha na ulazu u sloj uskladištenog krompira. Obzirom na fiziološke osobine [1, 2] (visok sadržaj prirodne vlage) krompir je jako osetljiv, te se sistemima skladištenja moraju izbeći gubici vlage iz krompira, sprečiti širenje bolesti i truljenje. Glavni faktori kvalitetne konzervacije krompira u skladištima su dovoljno niska temperatura, visoka relativna vlažnost i kontrola sastava i brzinskog polja vazduha u skladišnom prostoru.

Da bi se dobio zadovoljavajući kvalitet krompira koji se iz skladišta distribuira na tržište ili dalju obradu, neophodna je stalna kontrola pomenutih parametara. Ovo, naravno, zahteva veća finansijska ulaganja u opremu i vođenje procesa skladištenja, što u dobroj meri utiče na formiranje tržišne cene proizvoda. Iz tih razloga, potrebno je pronaći optimalno rešenje skladišnog prostora i sprovesti izbor optimalnih tehničkih sistema za kontrolu procesa skladištenja.

2. REZULTATI I DISKUSIJA

2.1. Sistemi za raspodelu vazduha

Rane sorte krompira se obično skladište samo tokom ubiranja zbog, obično, ograničenih preradnih kapaciteta. One su lako kvarljive [2, 3] i ne mogu da se dugoročno čuvaju. Nakon perioda rehabilitacije krtola na temperaturi od 21°C u toku od 4-5 dana, preporučuje se čuvanje na 4°C najduže 2 meseca. Ako se rane sorte koriste za čips ili

pomfrit, preporučuje se skladištenje na 21°C. Držanje ovog krompira u hladnom skladištu (čak i na umerenoj temperaturi od 10-13°C, na samo nekoliko dana, izazvaće značajnu akumulaciju šećera što za rezultat ima tamnu boju čipsa.

Suberizacija kasnih sorti krompira se obično izvodi nakon ubiranja držanjem na 10-16°C i visokoj relativnoj važnosti (iznad 90%) u toku 10 do 14 dana da bi se omogućila rehabilitacija i formiranje periderma na risevima i nagnječenjima. Nakon toga, krompir može da se bezbedno čuva u dobro održavanim uslovima, na 4-5°C i relativnoj vlažnosti od 95% čak i do 5-8 meseci. Temperature niže od navedenih nisu poželjne izuzev u slučaju semenskog krompira za kasniju sadnju. Na temperaturi od 3°C ili nižoj, nekim sortama krompira ubrzano raste sadržaj šećera. Za korišćenje krompira za ishranu u domaćinstvima temperatura od 4°C je sasvim prihvatljiva. Sve sorte uskladištenog krompira treba da se čuvaju u mraku da bi se sprečila pojava zelene boje.

Krompir namenjen za preradu u čips se čuva na temperaturi od 7-10°C [2, 3] ili čak na 10-13°C i tada sadržaj šećera ostaje praktično nepromenjen. Skladištenje na 16-18°C je manje poželjno zbog izdvajanja vlage i pojave klijanja. Krtole krompira obično ne klijavu 2-3 meseca tokom skladištenja čak i na temperaturama od 10-16°C. Nakon ovog perioda krompir uskladišten na temperaturama iznad 4°C, a posebno na 16°C brzo klija što ima vrlo loš uticaj na kvalitet i tržišnu vrednost krompira. Za sprečavanje klijanja koriste se hemijski komponovani inhibitori klijanja, koji se međutim, ne smeju koristiti za semensku robu.

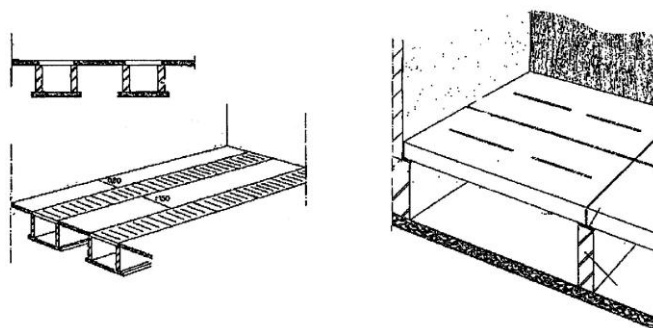
Prema [2, 3] preporučeni maseni protok vazduha sa kojim se proračunava oprema za ventilaciju iznosi 0,0068 l/s po kilogramu uskladištenog krompira. Prema podacima iz evropskih izvora [2], za kvalitetno sušenje, rashlađivanje i ventilaciju pri skladištenju krompira, potreban zapreminski protok vazduha iznosi 100-150 m³/h po m³ skladišnog prostora. Ako se prihvati da je zapreminska masa krompira reda veličine 180-200 kg/m³ [10], navedeni podaci o potrebnom protoku vazduha su u dobroj saglasnosti.

Jedna prihvatljiva sistematizacija i analiza metoda ventilacije pri industrijskom skladištenju krompira data je u [11]. Za skladištenje krompira za dalju industrijsku preradu najčešće su u primeni podni sistemi skladištenja sa vertikalnom ventilacijom (sistem sa nadpritiskom) ili horizontalnom ventilacijom (sistem sa podpritiskom). Za semenski krompir najčešće se koristi skladištenje u sanducima čime se omogućava dovoljno ravnomerna distribucija vazduha kao i kontrolisanje brzine sušenja i rashlađivanja. Za skladištenje semenskog krompira mogu se koristiti i vreće, ali samo za relativno male količine i visine slojeva (do 5 m) krompira.

Podni sistemi imaju kanale za raspodelu vazduha iznad poda, ili su podovi rešetkasti sa aeracionim kanalima ispod poda skladišta (Sl. 1). Rešetkasti pod može da bude najbolje rešenje za dostizanje optimalne distribucije vazduha, pošto je pristup vazduha u sloj krompira praktično slobodan po čitavoj površini poda. U tom slučaju, brzina vazduha na ulazu u sloj krompira treba da bude u granicama od 4-6 m/s.

Kanali iznad poda [2] izrađuju se kao drveni trougaoni vazdušni traktovi ili su izrađeni od perforiranih valovitih čeličnih elemenata poluokružnog poprečnog preseka. Glavne prednosti ovih sistema skladištenja su niža investiciona ulaganja i mogućnost boljeg iskorišćenja podne površine. Brzina strujanja vazduha u kanalima treba da bude 6-10 m/s. U cilju smanjenja otpora strujanja i prihvatljive raspodele, brzina vazduha u kanalima treba da se ograniči na 8 m/s. U cilju postizanja uniformne raspodele vazduha

duž kanala, poprečni presek kanala treba da se smanjuje bez izraženih naglih promena preseka i pravca strujanja, a otvori na izlazu kanala moraju da budu što je moguće bliži podu. Za drvene kanale, ukupna izlazna površina treba da bude tri puta veća od površine poprečnog preseka najvećeg kanala. Za polukružne čelične kanale, izlazni presek vazduha može da se ograniči na 1,5 do 2 puta veću površinu od poprečnog preseka najvećeg vazdušnog toka. Brzina na izlaznom preseku (na ulazu u sloj krompira) od 4 m/s se smatra optimalnom jer omogućava minimalni pad pritiska. Treba imati u vidu da je opstrukcija izlaznih otvora plodovima krompira manja u slučaju polukruglih naboranih čeličnih cevi nego kanala sa trouglastim drvenim traktovima. Kao posledica opstrukcije strujanja na ulazu u sloj krompira, protok vazduha može da bude dva do tri puta manji od projektovanog.

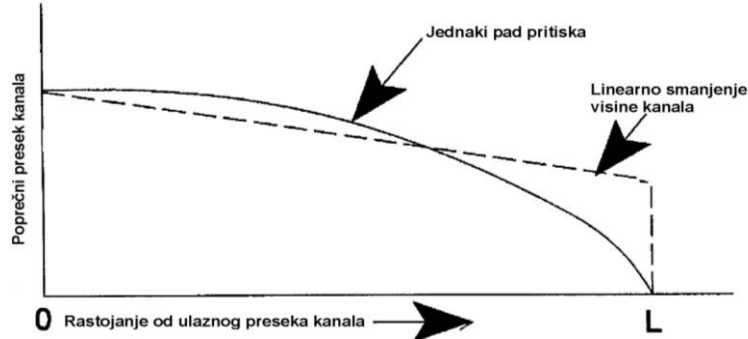


Sl. 1. Raspodela vazduha pri podnom sistemu skladištenja

Rastojanje između kanala ispod poda jednako je (ili nešto manje) visini sloja krompira kako bi se eliminisale zone do kojih vazduh ne može doći.

Kao opšti kriterijum za dimenzionisanje kanala ispod poda služe standardne metode pri projektovanju sistema pogodne klimatizacije, metoda smanjivanja brzina ili metoda konstantnog pada pritiska. Samo u jednostavnijim slučajevima, kanali se izvode sa konstantnim poprečnim presekom. Za kanale sa stalnim padom pritiska, odnos hidrauličkog prečnika na kraju i na početku kanala treba da bude u odnosu 1:4 do 1:6. Međutim, uvek treba imati u vidu da je oblik kanala sa konstantnim padom pritiska relativno složen (Sl. 2) [2] i da zahteva veće investicione troškove. Kanali sa konstantnim poprečnim presekom su češći u praksi, pošto su jednostavne konstrukcije, a raspodela vazduha je relativno dobra ako je odnos izlazne površine vazduha i poprečnog preseka kanala odabran korektno.

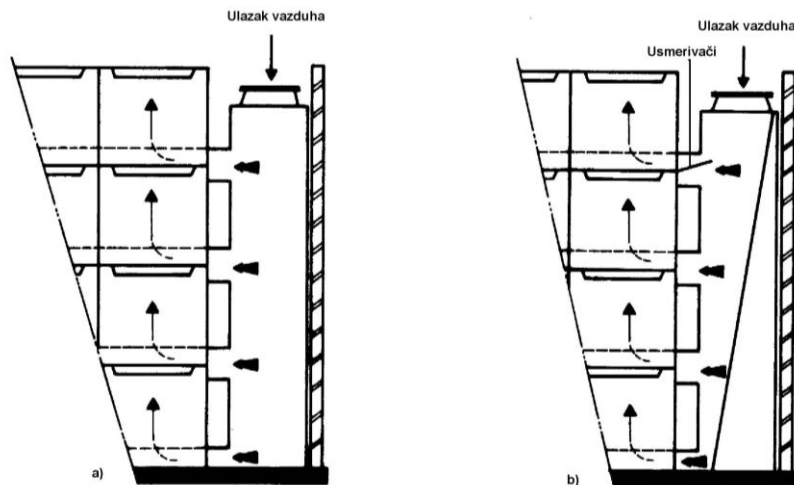
Osnovni problemi pri skladištenju u rasutom stanju odnose se na visinu skladištenja, gde visina preko 4 m može da izazove nagnećenje i pojavu crnih mrlja. Pored toga, velika visina sloja pri skladištenju uvek dovodi do izraženih problema vezanih za neuniformnu distribuciju vazduha i nedovoljnu brzinu sušenja i/ili hlađenja, što dovodi do znatnih gubitaka. Dalji problemi leže u činjenici da je skladištenje po sortama, kao i odvojeno skladištenje semenskog i konzumnog materijala, praktično nemoguće bez pregradnih zidova. Takođe, ovaj sistem ne omogućava parcijalno (zonsko) zagrevanje objekta sa ciljem ostvarivanja različitih temperatura prilikom čuvanja, sortiranja i pakovanja krompira.



Sl. 2. Teorijski poprečni presek kanala za distribuciju vazduha sa konstantnim padom pritiska

Sanduci za skladištenje semenskog krompira imaju pune stranice i perforirano paletno dno radi cirkulacije vazduha. Standardne dimenzije sanduka su 1,1x1,4x1,24 m. Slaganjem paleta po visini formira se neka vrsta kanala za distribuciju vazduha za ventilaciju. U skladu sa iskustvenim podacima, moguće je po visini složiti pet sanduka, a po dužini devet. Razmak između redova bi trebalo da bude najmanje 10 cm, da bi se obezbedio odgovarajući “slobodan presek” za strujanje vazduha.

Vazduh se uvodi sa gornje strane, pri čemu se formira zona sa nad pritiskom, pa se, odatle, vazduh potiskuje kroz kanale između sanduka (Sl. 3) [2]. Ako je ulazni prostor konstantnog poprečnog preseka, raspodela vazduha po slojevima je neravnomerna, pošto niži redovi sanduka dobijaju najveću količinu vazduha. Ovaj negativni efekat se smanjuje ugradnjom usmerivača vazduha na gornjim redovima. S druge strane, gubici usled curenja vazduha (kroz ventilacione kanale i otvore sanduka) su neizbežni, ali bi trebalo da budu minimizirani. Čak i pri korišćenju dobro profilisanih sanduka ovi gubici dostižu 20% ukupnog protoka.



Sl. 3. Ulazni plenum za raspodelu vazduha
a) konstantan poprečni presek, b) konstantan pad pritiska

2.2. Oprema za strujanje vazduha u skladištima krompira

Najvažniji element opreme u skladištima krompira je sistem za raspodelu vazduha (ventilatori i sistem za distribuciju vazduha, koji je često i deo građevinske konstrukcije skladišta), a zatim, merno-regulaciona armatura i merni senzori za praćenje i kontrolu procesa skladištenja.

2.2.1. Izbor ventilatora

Zapreminski protok vazduha ključno utiče na očuvanje kvaliteta uskladištene robe, pošto je brzina strujanja osnovni parametar intenziteta rashlađenja i neželjenog gubitka vlage uskladištenih plodova. Iz tih razloga, izbor ventilatora i opreme za strujanje vazduha treba da se sprovede sa krajnjom pažnjom. Proračun protoka vazduha [6], odnosno protoka ventilatora mora da se bazira na potrebnim brzinama rashlađivanja i dozvoljenog stepena odvođenja vlage od proizvoda. Za bezbedno skladištenje krompira potrebno je obezbediti specifični protok vazduha od 100-150 m³/m³h [2, 6]. Ovaj protok zavisi od spoljašnjih klimatskih uslova i brzine odvođenja toplote u fazi rashlađivanja plodova.

Za industrijska skladišta [2] koriste se veliki aksijalni ventilatori zapreminskog protoka od 30.000-50.000 m³/h pri naporu od oko 200 Pa. Pri izboru ventilatora mora se voditi računa ne samo o potrebnom protoku, već je od izuzetne važnosti stabilnost "radne tačke" ventilatora, kao i "efikasnost ventilatora" (zapreminski protok po jedinici instalisane snage elektromotora) nivo buke, kao i vek trajanja ventilatora.

Problem izbora radne tačke kao i mogućnosti rednog ili paralelnog sprezanja ventilatora prema potrebnom protoku ili naporu predstavlja standardnu inženjersku rutinu, i stoga ovde neće biti posebno razmatrane.

2.3. Prirodna ventilacija

Prirodna ventilacija ima veliki uticaj na ukupnu razmenu vazduha u ventilisanim sistemima. Prirodna ventilacija i infiltracija nastaju kao posledica [4]: razlike pritisaka između spoljnog i unutrašnjeg vazduha izazvanog vetrom; razlike gustina usled razlike temperatura unutrašnjeg i spoljašnjeg vazduha; rada aparata kakvi su npr. uređaji za sagorevanje. Razlika pritisaka unutrašnjeg i spoljašnjeg vazduha na nekoj lokaciji zavisi od magnitude pomenutih mehanizama, kao i od karakteristika otvora u omotaču prostorije (tj. njene lokacije i odnosa između razlike pritisaka i protoka vazduha za svaki otvor).

U stacionarnom stanju, uspostavljena razlika pritisaka kroz omotač zgrade je posledica ravnoteže masenih protoka vazduha u prostoriju i protoka vazduha iz objekta u spoljnu sredinu. Ako se uzme u obzir da je razlika gustina između spoljašnjeg i unutrašnjeg vazduha dovoljno mala, zapreminski protok vazduha koji prodire u prostoriju jednak je protoku vazduha napolje. Polazeći od ove činjenice, moguće je odrediti raspodelu i razliku pritisaka duž omotača zgrade. Međutim, takav proračun zahteva veliki broj informacija koje je u suštini nemoguće imati na raspolaganju. Kada vetar nastrojava na zgradu, uspostavljena distribuciju pritiska na spoljašnjem omotaču zgrade zavisi od smera i brzine vetra, od gustine vazduha, orijentacije površine i uslova definisanih konfiguracijom i karakteristikama okolnih objekata.

Vrednost pritiska usled vetra je, načelno, pozitivna u odnosu na statički pritisak u neporemećenoj struji (na dovoljnom rastojanju od zida, izvan graničnog sloja) vazduha na vetrovitoj strani, a negativna na strani u smeru vetra. Pritisak na ostalim stranama omotača zgrade je pozitivan ili negativan zavisno od pravca duvanja vetra i oblika zgrade. Statički pritisak usled vetra je skoro proporcionalan dinamičkom pritisku u neporemećenoj struji vazduha. Pritisak usled vetra u odnosu na statički pritisak vazduha može da se odredi na osnovu Bernoulli-jednačine pretpostavljajući da nema visinske razlike i gubitaka strujne energije, odnosno, pomoću izraza:

$$\Delta p = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_w^2$$

gde su:

C_p – koeficijent pritiska usled vetra

ρ – gustina vazduha, kg/m³

v_w – brzina vetra na meteorološki referentnoj visini, m/s

Vrednost koeficijenta C_p je zavisna od oblika omotača zgrade, smera vetra, uticaja okolnih zgrada, vegetacije i karakteristika terena. Tačne vrednosti koeficijenta C_p mogu da se dobiju samo ispitivanjem modela specifičnog objekta u vazдушnom tunelu. Za pojedinačne zgrade standardnog paralelopipednog oblika, vrednosti koeficijenta C_p mogu da se, dovoljno tačno, odrede koristeći postojeće podatke iz eksperimetalnih rezultata “tunel testa”. U opštem slučaju, koeficijent C_p raste sa visinom zgrade, a to se reflektuje na povećanje brzinskog pritiska na zgradu. Ako se smer vetra pomera od normale, oblast maksimalnog pritiska se formira bliže gornjoj ivici zgrade.

Uticaj pritiska vetra na rad mehaničkog sistema ventilacije može da bude drastičan. Da bi se ovaj uticaj sveo na prihvatljive granice, treba voditi računa da kompozicija mehaničkog sistema bude takva da je uticaj pritiska vetra minimalan.

Razlika statičkog pritiska usled razlike gustina spoljašnjeg i unutrašnjeg vazduha može da se odredi pomoću relacije:

$$\Delta p = g \cdot \Delta h \cdot (\rho_s - \rho_u)$$

gde su:

g – ubrzanje zemljine teže, m/s²

Δh – visinska razlika između ulaznog i izlaznog otvora, m

ρ_s, ρ_u – gustina spoljašnjeg i unutrašnjeg vazduha, respektivno, kg/m³

Za vreme hladne sezone (grejnog perioda), topliju unutrašnji vazduh se penje i izlazi napolje blizu tavanice. Sa donje strane prodire hladniji spoljašnji vazduh. Za vreme toplih dana smer strujanja vazduha je obrnut, pri čemu je protok vazduha, u opštem slučaju, manji pošto je razlika temperatura vazdušnih struja manja.

Za procenu vrednosti razlike pritiska usled razlike gustina može da se računa sa vrednošću

$$\Delta p = 0,04 \text{ Pa/K} \cdot$$

zanemarujući otpor strujanja u strukturi.

2.4. Strujne karakteristike sloja krompira (otpor vazduha)

Ukupni pad pritiska pri strujanju kroz sloj krompira sastoji se od sledećih otpora:

- pad pritiska na ulaznim otvorima
- pad pritiska u sistemu za distribuciju vazduha
- pad pritiska u sloju krompira
- pad pritiska na izlaznim otvorima skladišta

2.4.1. Pad pritiska na ulaznim otvorima

Pad pritiska na ulaznim otvorima može da se odredi uz pomoć sledeće jednačine:

$$\Delta p = C_{OP} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$$

gde su:

- C_{OP} – koeficijent lokalnog otpora za naglo suženje sa oštrim ivicama, /
- ρ - gustina vazduha u ulaznom otvoru, kg/m³
- v – srednja brzina strujanja vazduha u ulaznom otvoru

Prema [4], vrednost lokalnog otpora C_{OP} ima vrednost od 0,63.

2.4.2. Pad pritiska u sistemu za distribuciju vazduha

Dok prolazi kroz ulazni otvor u sloj krompira, vazduh nailazi prvo na ventilator, zatim skreće za 90° između distributivnog kanala i kanala ispod sanduka ili poda skladišta. Prva komponenta otpora nastaje skretanjem struje vazduha za 90°, i može da se odredi koristeći izraz:

$$\Delta p = C_K \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$$

gde su:

- C_K - koeficijent lokalnog otpora usled skretanja vazdušne struje za 90°.
- v - brzina u preseku struje neposredno iza skretanja.

Vrednost koeficijenta lokalnog otpora C_K , imajući u vidu geometrijske karakteristike vazdušnog trakta, iznosi 1,3 [2, 6].

Proračun raspodele statičkog i dinamičkog pritiska u kanalu za željeni zapreminski protok vazduha, odnosno proračun pada pritiska kroz sistem za distribuciju vazduha zahteva složen algoritam, pa ne može da se odredi jednostavnim pristupom zbog niza faktora koji određuju distribuciju vazduha. Prema [2, 6], za proračun efektivnog koeficijenta pada pritiska u kanalu za distribuciju vazduha, merodavan je odnos statičkog i dinamičkog pritiska na ulazu u vazdušni trakt. Uvodeći poznati izraz za *Eulerov broj*:

$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho \cdot v^2}$$

gde su:

- Δp – karakteristična promena pritiska duž struje fluida, Pa
- $\rho \cdot v^2$ – „dinamički pritisak“ (karakteriše inercijalne sile u posmatranom preseku),

Pa pad pritiska pri strujanju vazduha kroz sistem distributivnih kanala može da se, dovoljno tačno, odredi pomoću izraza [2, 6]:

$$\Delta p = (Eu + n \cdot C_K) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$$

gde je n ukupan broj promena smera vazduha pri strujanju kroz distributivni sistem vazduha. U gornjem izrazu v je karakteristična brzina vazduha u odgovarajućem porečnom preseku vazdušnog trakta.

Vrednost *Eulerovog* broja u kanalu varira u zavisnosti od tipa i dimenzija kanala. Važni faktori su broj promena poprečnog preseka, površina poprečnog preseka, koeficijent trenja na zidovima kanala i koeficijent „povraćaja statičkog pritiska“. Izračunata distribucija dinamičkog i statičkog pritiska je osnov za detaljnu evaluaciju geometrijskih karakteristika kanala.

Da bi pad pritiska duž kanala bio kontantan, površina poprečnog preseka kanala se smanjuje idući prema kraju kanala. Za kanale pravougaonog poprečnog preseka sa linearnim smanjenjem visine kanala, za proračun površine poprečnog preseka kanala može da se koristi sledeća jednačina:

$$A(I) = B_K \cdot H_{K,P} \cdot \left(1 - \frac{I-1}{N-1} \cdot (1-T) \right)$$

gde su:

- v – lokalna brzina strujanja I-tom preseku kanal, m/s
- $A(I)$ – površina poprečnog preseka na I-tom preseku, m²
- B_K – širina poprečnog preseka kanala, m
- $H_{K,P}$ – visina kanala u početnom poprečnom preseku, m
- N – ukupna broj poprečnih preseka kanala, /
- T – odnos površine poprečnog preseka na krajnjem i početnom preseku kanala.

U slučaju kružnih valovitih čeličnih kanala, površina poprečnog preseka može da se odredi uz pomoć izraza:

$$A(I) = 0,5 \cdot \pi \cdot \left(H_D \cdot \left(1 - \frac{I-1}{N-1} \cdot (1-\sqrt{T}) \right) \right)^2$$

gde je H_D visina kanala na ulaznom preseku.

2.4.3. Pad pritiska u sloju krompira

Pad pritiska u sloju krompira se može odredi uz pomoć poznastog izraza *Erguna* koji važi za pad pritiska u pakovanom sloju sferičnih elemenata:

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{1-\varepsilon}{d_p \times \varepsilon^3} \times \left(\frac{150 \times (1-\varepsilon)}{Re} + 1,75 \right) \times \rho \times v_s^2$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v_s \cdot d_p}{\mu}$$

gde su:

- Δp – pad pritiska u sloju krompira, Pa
- Re – *Reynoldsov* broj, /
- ρ - gustina vazduha, kg/m^3
- v_s – brzina strujanja vazduha u sloju krompira, m/s
- ε - poroznost sloja (krompira), $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$
- μ - koeficijet dimanamičke viskoznosti vazduha, Pas
- L – dužina sloja u smeru strujanja, m
- d_p – ekvivalentni prečnik krompira u sloju, m

Poroznost krompira pri skladištenju je zavisna od oblika i veličine krompira. Prema [7, 8, 9] za približno sferičan oblik krtole konstantnog ekvivalentnog prečnika, vrednost poroznosti od $\varepsilon=0,26$ predstavlja dobru aproksimaciju. Plodovi krompira nemaju sferični oblik pa ni stalan ekvivalentni prečnik, što znači da je stvarna poroznost nešto veća od navedene vrednosti. Prema Boel-u [7], poroznost sloja krompira se kreće u rasponu 0,33 do 0,36.

Prema istraživanjima citiranim u [2, 6], *Ergunova* jednačina je upoređena sa eksperimentalnim rezultatima ispitivanja niza bioloških materijala. U [2, 6] se preporučuje jednačina za proračun pada pritiska kroz sloj krompira u obliku

$$\Delta p = K_p \times v_s^{1,8} \times L$$

gde je K_p empirijska konstanta koja zavisi od distribucije veličine krtola krompira, oblika i količine primesa uključenih u sloj krtola krompira. Vrednost konstante K_p varira od 500 do 1500 za 0% do 10% primesa, respektivno. Upoređenje prethodno navedenih jednačina dato je u [2].

2.5. Proračun ulaznog i izlaznog poprečnog preseka kanala

Osnovni geometrijski parametar raspodele statičkog pritiska duž kanala je ukupna promena površine slobodnog preseka za strujanje (odnos ukupne izlazne površine vazduha i ulazne površine u kanale, A_0/A_1). Povećanjem odnosa A_0/A_1 povećava se varijacija statičkog pritiska u traktu vazduha, koji, nadalje deluje na uniformnost distribucije vazduha u sloju. Generalno, može da se preporuči da za različite tipove skladištenja, vrednost parametra A_0/A_1 ne treba da bude manja od 1. Utvrđeno je da je u industrijskim skladištima samo 25 do 50% otvora raspoloživo za strujanje kroz sloj krompira (ostalo je zatvoreno krtolama krompira), tako da, grubo, pomenuti može biti veći. U [2, 6] se sugeriše vrednost 2 kao relevantna vrednost za ovaj parametar.

ZAKLJUČAK

Obzirom na obim proizvodnje i veliku potrošnju krompira i njegovih prerađevina, sistemi skladištenja ovog proizvoda su od presudnog značaja za uspešnost bilo kog vida finalizacije proizvoda. Glavni faktori kvalitetnog skladištenja krompira u objektima, su niža temperatura, visoka relativna vlažnost i kontrola sastava i protoka vazduha. Sistemi ventilacije su od presudnog značaja za kvalitet uskladištenog materijala.

Za adekvatnu ventilaciju objekta preporučuje se protok vazduha od 100 – 150 m³/h po m³ prostora. U ove svrhe se koriste aksijalni ventilatori kapaciteta 30000 - 50000 m³/h. Kao praktično rešenje sistema za distribuciju vazduha u podnom sistemu skladištenja, pokazali su se kanali ispod ili iznad nivoa poda koji zahtevaju manja investiciona ulaganja a omogućavaju bolje iskorišćenje podnih površina. U cilju postizanja uniformne raspodele vazduha duž kanala, poprečni presek kanala treba da se smanjuje bez izraženih naglih promena preseka i pravca strujanja, a otvori na izlazu kanala moraju da budu što je moguće bliži podu.

Prilikom proračuna poprečnih preseka kanala neophodno je u obzir uzeti strujne karakteristike sloja krompira i to padove pritiska na ulaznim otvorima, zatim u sistemu distribucije vazduha, sloju krompira i na ulaznim otvorima skladišta.

Tehnički sistemi ventilacije, zajedno sa sistemima kontrole procesa, imaju samo jedan cilj – kvalitetno čuvanje uskladištenog materijala na duži vremenski period kako bi se za tržište ili dalju proizvodnju obezbedio kvalitetan materijal koji bi finansijski opravdao uložene investicije.

LITERATURA

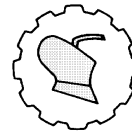
- [1] BrittanicaWorld Data: Brittanica Book of the Year, ed. D. Calhoun, Encycloepedia Brittanica, Chicago, 1997.
- [2] A. van't Ooster: Potato storage, Cigr Handbook of Agricultural Engineering, Volume IV, Agro-Processing Engineering.
- [3] 2002 ASHRAE Handbook - Refrigeration, Food Storage and Equipment, Chapter 23 Vegetables, American Society of Heating, refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2002.
- [4] 2001 ASHRAE Handbook – Fundamentals, Chapter 32, Duct Design, American Society of Heating, refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2001.
- [5] Scheer, A.: Ventilatiesystemen voor kistenbewaring aardappelen (Ventilation systems in crate stores for potatoes), Landbouwmecanisatie 47(9), pp.16–18, 1996.
- [6] Van't Ooster, A.: Engineering in arable farms: Potato storage, Lecture book, Agricultural Engineering, Wageningen Agricultural University, 1996.
- [7] Boel, R.L.A.: Validatie en uitbreiding van een bestaand model voor de simulatie van het thermisch en hygrisch gedrag van een aardappelstapelning gebaseerd op het programma BFEP (Validation and development of an existing model for simulation of the thermal and hygric behavior of a potato bulk store with BFEP), MSc-Thesis, Department of Agricultural Engineering and Physics, Wageningen Agricultural University, (not published), 1991.
- [8] Hendrikse, M.H.: Bouwfysische aspecten van aardappelbewaarplassen (Physical aspects of potato stores), MSc-Thesis Department Civil Engineering, TU-Delft, nr. C-042, Delft. (not published), 1985.
- [9] Beukema, J.J.: Heat and mass transfer during cooling and storage of agricultural products as influenced by natural convection, Ph.D. diss., Wageningen Agricultural University, Pudoc Wageningen, 1980.
- [10] Kosi, F., Đević, M., Aleksandra Dimitrijević: Tehnološki parametri i optimizacija klimatizacije industrijskih skladišta krompira, Klimatizacija, grejanje i hladenje, naučno-stručni časopis, br.2, maj 2003. god.
- [11] Đević, M., Kosi, F., Aleksandra Dimitrijević: Tehnološko-tehnički sistemi skladištenja krompira, Časopis nacionalnog značaja ptep, br. 1-2, Novi Sad, 2003. god.

AIR FLOW REGIME IN CONDITIONS OF POTATO STORAGING

Franc Kosi, Milan Đević, Aleksandra Dimitrijević

Summary: In the paper, the temperatures and relative humidity recommendations and air-distribution systems in potato stores have been presented. Classification of potato storage systems and practical systems for potato storage in bulk and crates have been analyzed. The possibilities of natural ventilation induced by thermal buoyancy (stack effect) and wind as a driving force for aeration of industrial potato stores has been presented. Design data needed for fan selection has been given including recommended air volume flow and type of fans. Special attention has been paid to system flow characteristics (air flow resistance) in potato stores. Proper equation to calculate pressure drop in channels and potato stack have been recommended.

Key words: *potato, storage, air distribution, air flow resistance.*



UDK: 631.697.329.7.

Review paper
 Pregledni rad

SOLAR ENERGY USE IN CONCEPT OF PV CELLS

Prof. dr Nicolay Mihailov

Faculty of Electrical and Electronic Engineering
 "Angel Kanchev" University of Rousse, Bulgaria

Summary: Solar energy as an alternative energy source, offers variety of application possibilities. This paper presents a summary of solar energy use fundamentals (intensity, geographical distribution, solar geometry). Principles of collection and storage of solar energy are given. Constructions of three basic types of photovoltaic cells are presented (single crystal, multicrystalline, amorphous). Analysis of application systems of solar energy is also shown (solar water heaters, solar powered water pumping).

Key words: solar energy, intensity, collectors, photovoltaic cells, crystal, application systems.

INTRODUCTION

Each year the solar radiation passing through the earth's atmosphere is about 700×10^{12} MWh. This is 13 000 times the current world energy use, but it represents only 0.5×10^{-9} of the total energy radiated by the sun.

About 30 % of the radiation reaching the earth's atmosphere is reflected back into space (Fig. 1.). About 47% is absorbed as heat by the atmosphere, land, and water. But about 30% of the solar radiation supplied to the ground is reradiated into the atmosphere. Evaporation and precipitation use 23% of the atmospheric solar radiation.

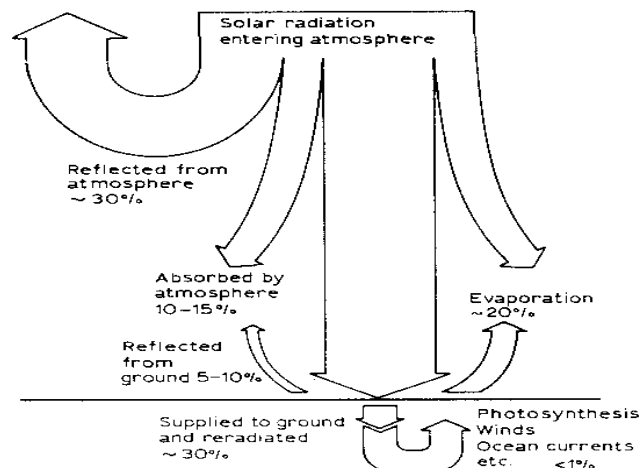


Fig. 1. Solar energy intercepted by the earth

Solar energy also produced wind and ocean currents, but they use less than 1% of the energy reaching the outer atmosphere. Only 0.03% of solar energy is used for photosynthesis.

RESULTS AND DISCUSSION

Fundamentals of solar energy

Solar intensity

The average intensity of solar energy, measured on a plane perpendicular to its path at 160 km above the earth's surface is about 1.35 kW/m^2 . This number is known as the solar constant. The maximum intensity of solar radiation at the earth's surface is about 1.2 kW/m^2 , but is encountered only near the equator on clear days at noon. Under these ideal conditions, the total energy received is from 6 to 8 kWh/m^2 per day. In an urban location, the maximum intensity normally exceeds 0.8 kW/m^2 and may reach about 1.0 kW/m^2 under standard atmospheric conditions.

Fig. 2. shows the intensity of solar energy on different settings: the desert, an urban location, and under standard sea level atmospheric conditions. Both direct (D) and scattered (S) radiations are shown.

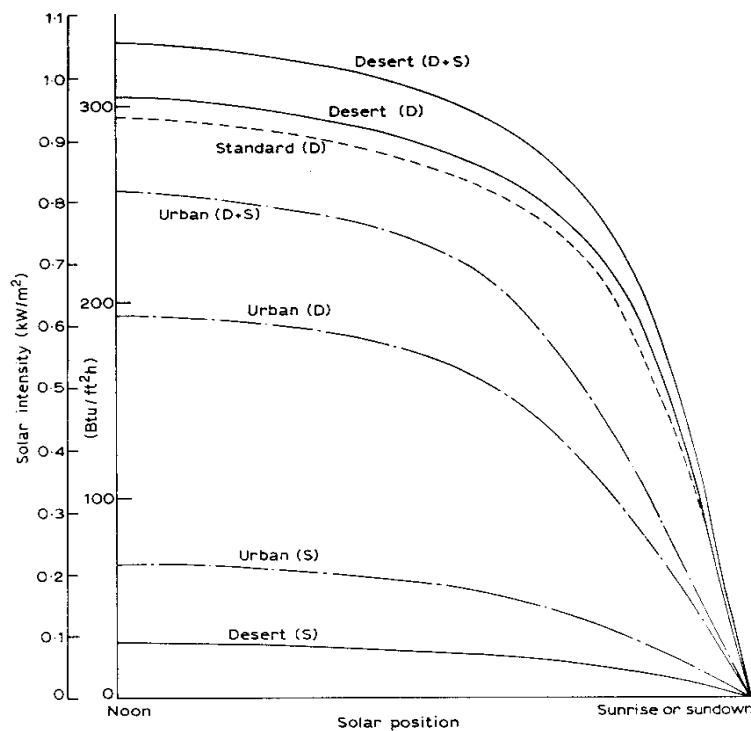


Fig. 2. Solar intensity of direct (D) and scattered (S) radiation for urban and desert locations

On clear days the radiation might be 90% direct, and on cloudy days it could be 100% diffuse. The solar radiation striking a surface will always be composed of these two components.

Geographical distribution

The sunniest regions of the earth are between, approximately, 20-30° N latitude and 20-30° S latitude. In these regions, the dry air results in few clouds and sparse rainfall most of the year. The great deserts of the earth are located in these areas. Cloudiness increases and total insolation decreases both north and south of these two bands.

Daily total and monthly average measurements of solar energy received are available from many weather stations around the world. The measurements are coordinated through the World Meteorological Organization. Fig. 3. shows the global distribution of solar energy recording and estimating stations.

The practical minimum insolation value for the use of solar collectors for heat generation is 2.2-2.8 kWh/m² per day. In southern Europe, these values are attained 80-90% of the time during the year, but only 30-35% of the time in northern areas.

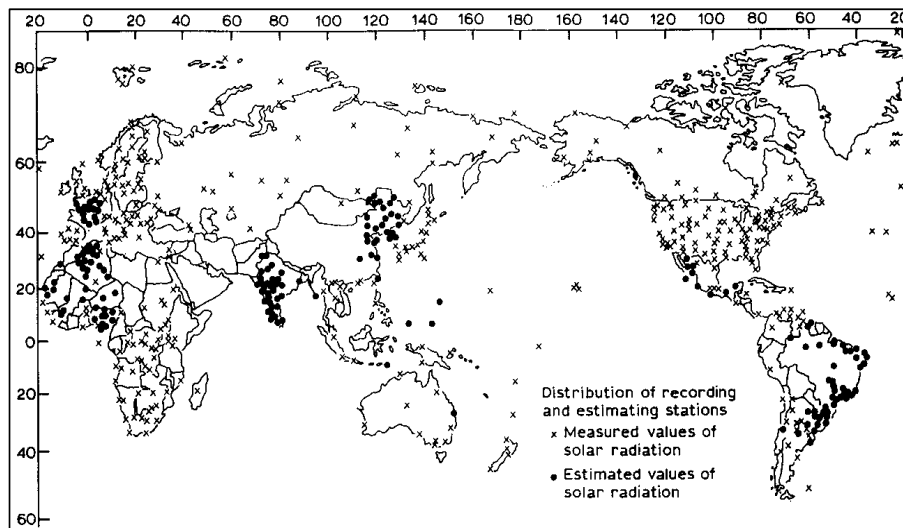


Fig. 3. Global distribution of stations where solar radiation data are collected

Solar geometry

Solar energy is not available continuously because of the day/night cycle and cloud cover. Its intensity varies according to season, geographical location, and position of the collectors. The rotation of the earth on its axis every 24h causes the day/night cycle. Fig. 4. shows the solar radiation available throughout the day. It peaks when the sun is highest in the sky and decreases proportionally before and after that time. For the location shown, the January curve is proportional to the August curve, it is just much lower.

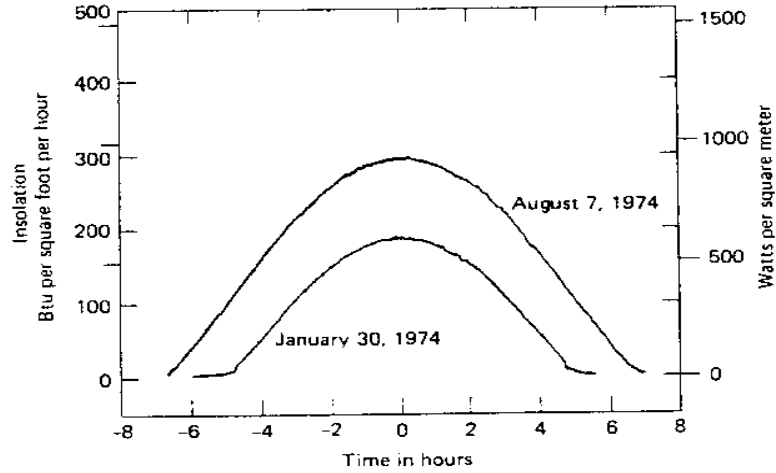


Fig. 4. Clear – day insolation measurements on a horizontal surface at Livermore, California, at two different times of the year

The seasons are a result of the earth's tilt and rotation around the sun. Fig. 5. depicts the earth's orbit around the sun. Because the earth tilts, the sun's rays strike the Northern Hemisphere more directly in June and the Southern Hemisphere more directly in December. The earth is actually further from the sun in June than in December. But, because the sun's rays strike the Northern Hemisphere more nearly perpendicular in June, it is warmer in the Northern Hemisphere in June than in December.

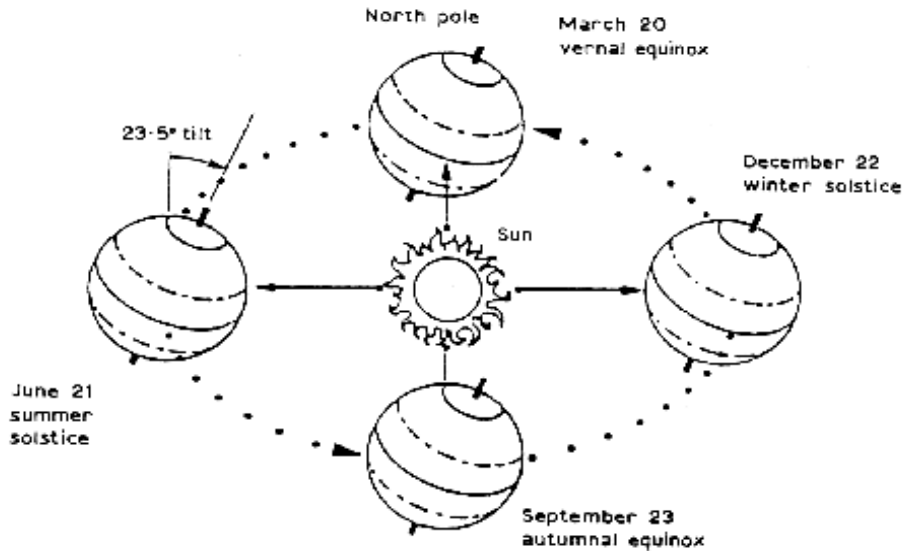


Fig. 5. Diagram of the earth's orbit around the sun

Figure 6. illustrates the monthly variation of solar radiation available on a horizontal surface at various north latitudes throughout the year. The radiation available at the equator (0°) is high throughout the year but peaks in the spring and fall when the sun is directly above the equator. Moving north from the equator, the solar radiation striking a horizontal surface decreases during the winter and peaks in the summer.

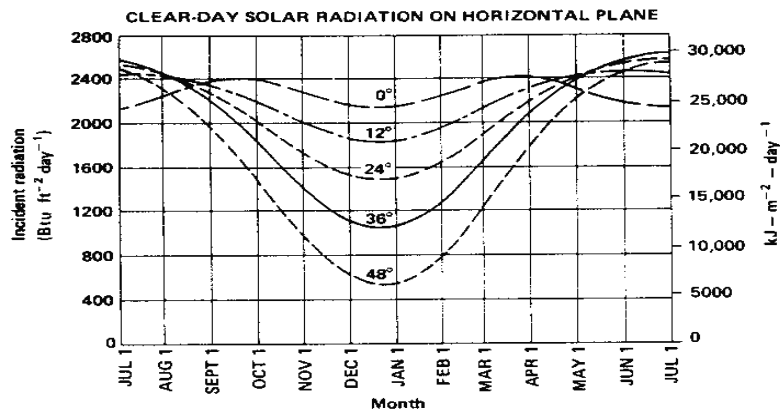


Fig. 6. Clear-day solar radiation on a horizontal plane at the earth's surface for various northern latitudes

The solar collector's position also has considerable effect on the solar radiation, or insolation that can be captured. Two primary factors to consider are: (1) collector orientation, the direction it faces, and (2) the angle from the ground at which the collector is tilted. Figure 7. shows the reasoning for these two factors. The greatest amount of solar energy is captured when the sun's rays are perpendicular to the collector surface. Because the sun is high in the sky in the summer, a collector placed almost horizontally would capture more solar radiation at that time.

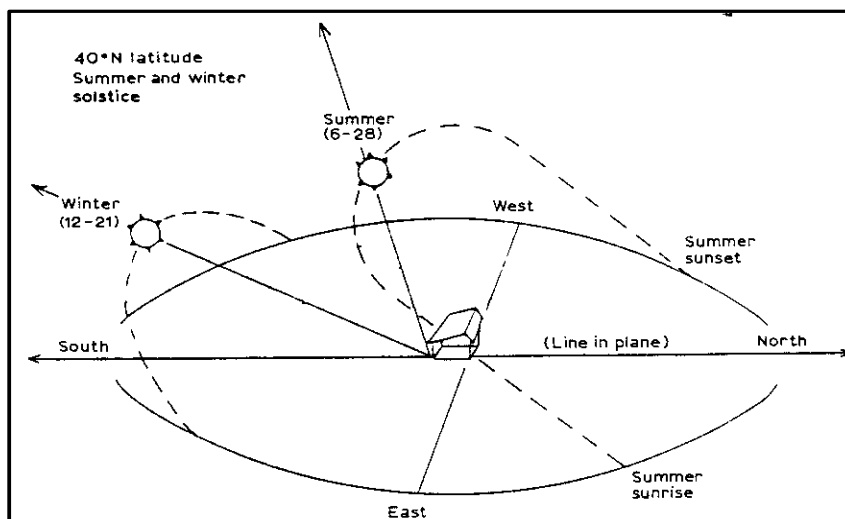


Fig. 7. The sun's path through the sky during winter and summer

In winter, however, the sun is low in the sky and a collector tilted almost vertically would capture more insolation. Ideally, the collector's tilt angle should be varied from time to time; a north-south tracking collector can accomplish this. Most flat plate solar collectors are fixed in one position, however to reduce construction costs.

Table 1. Angel describing geometrical relationships

Angle	Description	Value
Declination δ	Angular displacement of the sun from the plane of the earth's equator	$-23.45^\circ \leq \delta \leq 23.45^\circ$
Longitude ϕ	Difference between standard meridian and local meridian	north positive
Altitude of the sun α_s	Angle between the horizontal and the line of the sun	south negative
Latitude ϕ	Angular location north or south of the equator	$-180^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$
Hour angle ω	Angular displacement of the sun east or west of the local meridian (15° per hour)	north positive

Basic formulas for calculation:

Angle	Mathematical equation
Declination δ	$\delta = 23.45 \cdot \sin \left(360 \cdot \frac{284 + n}{365} \right)$
Solar time t_s	$t_s = t_{st} + 4 (\phi_{Lokal} - \phi_{st}) + E$
Equation of time E	$E = 9.87 \cdot \sin(2B) - 7.53 \cdot \cos(B) - 1.5 \sin(B)$ $B = (n - 81) \cdot 0.989$
Altitude of the sun α_s	$\alpha_s = \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \phi \cdot \sin \delta$
Solar azimuth angle γ_s	$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \cdot \sin \omega}{\cos \beta}$

Collection and storage

Flat plate collectors

The simplest and most widely used method of obtaining solar energy is the flat plate collectors, a sheet of blackened material positioned to the sun's rays shine on it. Only black absorbs all wavelengths of visible light; other colors reflect certain wavelengths.

The black material (Fig. 8.) is heated by the sun, while fluid is sent over the surface to pick up heat and carry it to where it is needed. On the bottom are three cross-sectional views of various designs:

- water is carried trough the tubes to gain heat from the black surface;
- water flows in open troughs;
- air flows beneath the metal plate to raise the air temperature.

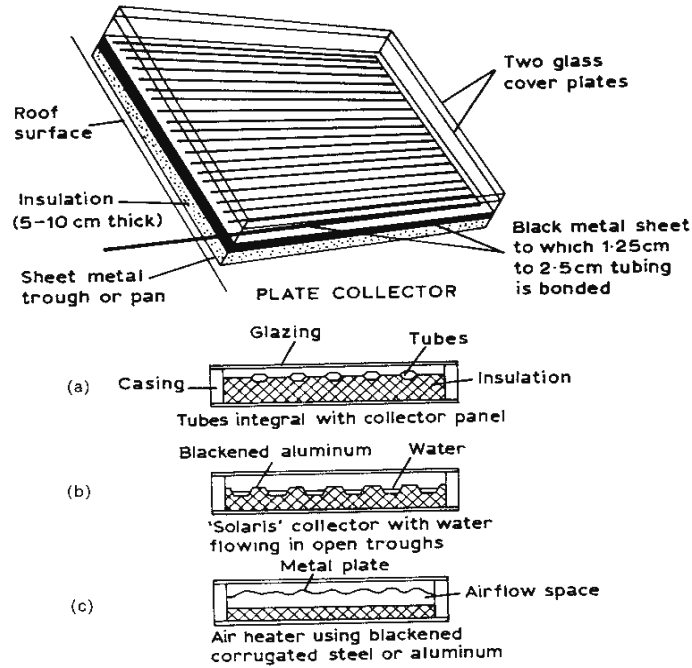


Fig. 8. Overall view and various designs of flat plate collectors

Focusing or concentrating collectors

Focusing collectors primarily use direct radiation, unlike flat plate collectors, which use both direct and diffuse radiation. A sophisticated focusing collector, however, can attain up to 3500 °C. A focusing collector concentrates solar rays by refraction (such as with a lens) or by reflection.

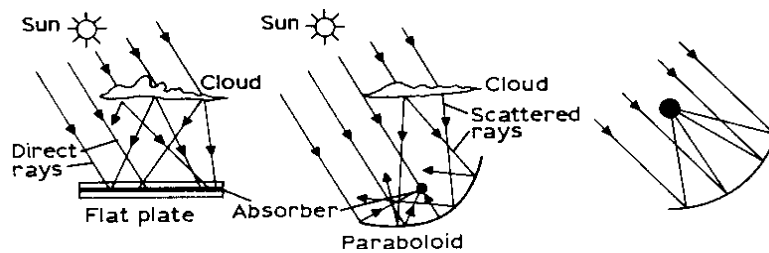


Fig. 9. Use of direct radiation by flat plate and concentrating collectors

On the right (Fig. 9.) is a cross-sectional view of a focusing collector. The sun’s rays strike the collector area and are redirect to a focal point where the absorber is positioned. The other two figures show the difference in how beam (direct) and diffuse (scattered) radiation react with flat plate and focusing collectors. The flat plate’s absorber accepts both direct and scattered rays, while the absorber on the concentrator can only utilize direct rays.

Basical principles photovoltaic cells

The photovoltaic solar cell is an electronic device that converts sunlight directly into electricity. The operation of a silicon solar cell is shown schematically in Figure 10. The maximum power that can be delivered to an external load is typically 11-15 % of the total solar energy incident on the cell (more than 15% in laboratory models).

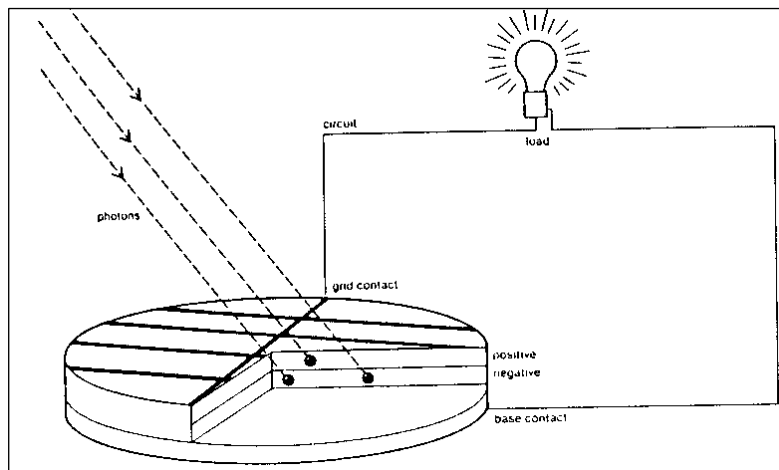


Fig. 10. Solar cell cross-section

Photovoltaic construction types

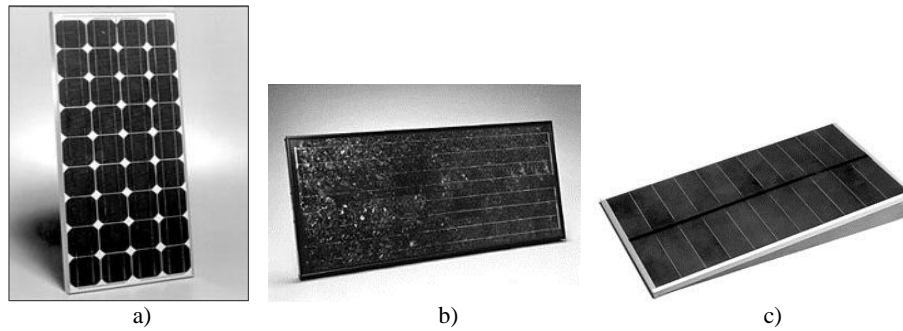
There are currently three commercial production technologies for PV cells:

- Single crystal - the oldest and most expensive technique, but it is still the most efficient sunlight conversion technology available. Boules (large cylindrical loafs) of pure single-crystal silicon are grown in an oven, then sliced into wafers, doped, and assembled. This is the same process used in manufacturing transistors and integrated circuits, so it is very well-developed, efficient, and clean. Silicon crystals are characteristically blue (because they absorb all other colours), and single crystalline cells look like deep blue glass.

- Multicrystalline - in this technique, also called polycrystalline, less monolithic loaves are grown or cast, then sliced into wafers off a large block of multicrystalline silicon. It is slightly lower in conversion efficiency compared to single crystal, but the process is less exacting, so manufacturing costs are lower. Crystals measure approximately a centimetre (two-fifths of an inch) and the multicrystal patterns can be clearly seen in the cell's deep blueness. Doping and assembly is the same as for single-crystal modules.

- Amorphous or Thin Film - the silicon material is vaporized and deposited on glass or stainless steel. This production technology costs less than the other methods, but the cells are also less efficient, so more space is required. Early production methods produced a product that faded up to 50% in output over the first few years before stabilizing. Present day technology has dramatically reduced power fading to 10% to 15%. These cells are often almost black in colour. Unlike other modules, if glass is used

on amorphous modules it is not tempered, so breakage is more of a problem. Tempered glass can't be used with this high-temperature deposition process. If the deposition layer is stainless steel and a flexible glazing is used, the resulting modules will be somewhat flexible. These are often used as marine or RV modules.



a) *Astropower AP7105*; b) *Solarex Multicrystalline Module*;
c) *Uni-Solar Amorphous Module*

Solar cells are mostly made of silicon. The photovoltaic effect was discovered in 1939, by Henri Becquerel. Basically, a solar cell is a large area semiconductor diode. Silicon is used almost exclusively today as the semiconductor in commercially available solar cell. Certain impurities deliberately introduced into the silicon to generate excess negative or positive charges which can carry electric current in the silicon. A p-n junction can be formed close to one surface by allowing boron to diffuse into the surface of an n-type single crystal wafer at high temperature. The p-n junction provides the electric field which produces the diode characteristics as well as the photovoltaic effect. Light is absorbed in the silicon generating both excess holes and electrons. If wires are connected to the n- and p-type regions, these excess charges generated by light and separated by the junction will flow through an external circuit and provide power to an external load.

Each individual pv cell is about 1/2 inch to 4 inches in size, and can produce from 1 to 2 watts of power. To produce more power, many cells are electricity wired together into a larger, weather-tight modules, which usually have an aluminium frame. These modules can be further connected to form an array. In the field of photovoltaics, the term array refers to the entire set of modules an installation uses, whether it is made up of one or several thousand modules.

PV modules produce the most power when perpendicular (at right angles) to the sun. The perfect mounting structure would follow the sun across the sky every day. Tracking mounts do this, but their mechanical complexity drives the cost up significantly. For smaller systems it's usually more cost-effective to use fixed mounts. There are two types trackers: passive and active.

Active trackers use photocells, electronics, and linear actuators like those on satellite TV dishes to track the sun very accurately. A small controller bolted to the array is programmed to keep equal illumination on the photocells at the base of an obelisk. Power comes from tapping off the PV array. Power use averages a minuscule 0.5 watt per hour. Some trackers have electronic east-west tracking with manual north-south adjustment or dual-axis option, which automatically tracks north-south as well. This

option is highly recommended with their azimuth-style tracking. Active trackers average 10% to 15% more collection per day than a passive tracker in the same location. A disadvantage of this mounting type is its initial cost. Due to fixed costs for controllers and linear actuators, active trackers are more economical for larger PV arrays. Other disadvantages are reliance on electronic gizmos and mechanical parts. Controller and actuator failures are fairly rare, but they do happen occasionally.

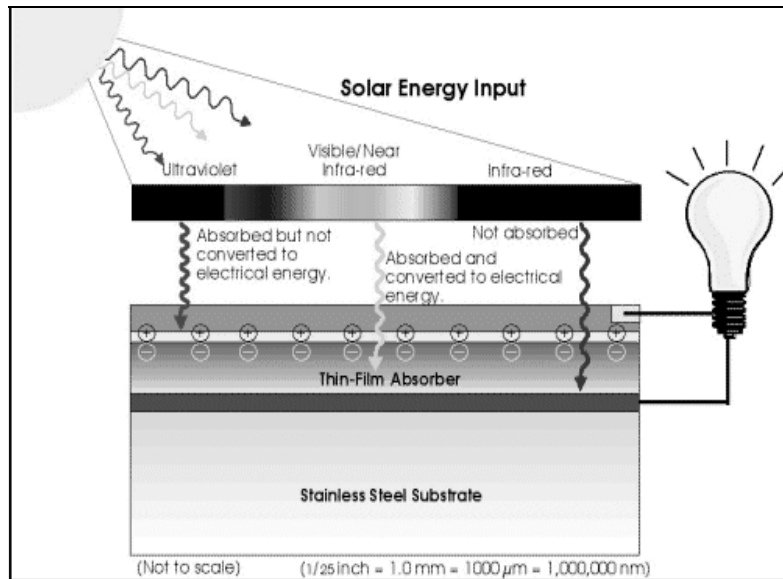


Fig. 12. How photovoltaic cells work

Passive tracking mounts will follow the sun from east to west across the sky, significantly increasing the daily power output of the modules. No extra source of electricity is needed at all; a simple, effective, and brilliant design solution. The north-south axis is seasonally adjustable manually. Maintenance consists of two squirts with a grease gun once every year. Tracking will help substantially in the summer and somewhat in the winter.



Fig. 13. Active tracker

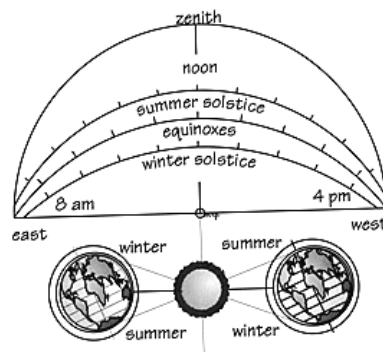


Fig. 14. The sun trajectory

Applications of solar energy

Photovoltaic systems

The basic components (Fig. 15.) of a PV system are:

- PV panels
- Batteries – typically 12-deep cycle lead acid batteries
- Charge controller – to regulate the charging of the batteries
- Inverter - converts the low voltage DC (direct current) power from the batteries into 110 volt alternating current for use by appliances

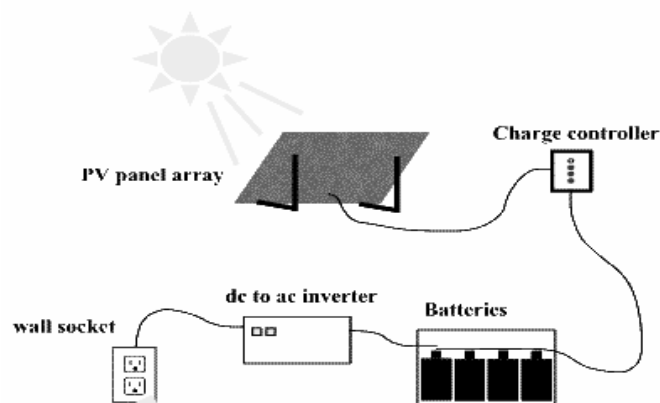


Fig. 15. Components of a PV system

Photovoltaics (PV) is one of the most fascinating technologies there is for generating electricity in an environment-friendly way.

Silently, with no moving parts and without emitting any pollutants whatever, it transforms the energy from the sun's rays directly into high-quality electricity which is then utilised by either of two different types of installation:

- Stand-alone installation
- Grid-connected installation

A **stand-alone installation** is a PV installation for providing an autonomous power supply in situations where there is no connection to the public electricity network (Fig.16.).

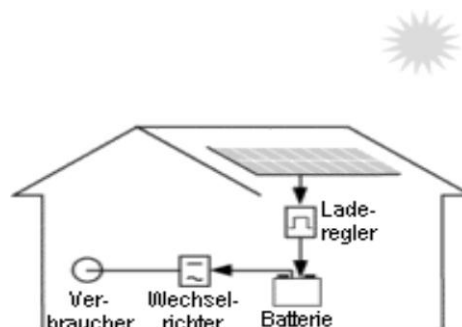


Fig. 16. Scheme of a stand-alone installation

On stand-alone installations, the electricity is stored in batteries. A special charge controller regulates the energy from the solar modules so as to ensure optimum charging of the batteries. On simple installations, the power is drawn directly from the battery by DC consumers, while on installations with normal AC consumers (230V domestic voltage) the battery voltage is converted by an inverter.

Grid-connected installations are connected to the utility transmission grid and work like a small power plant (Fig. 17.). In grid-connected installations, DC - generated in the modules - is converted into AC by a special inverter. This inverter is suited for grid-connection. There are several ways of feeding the utility transmission grid.

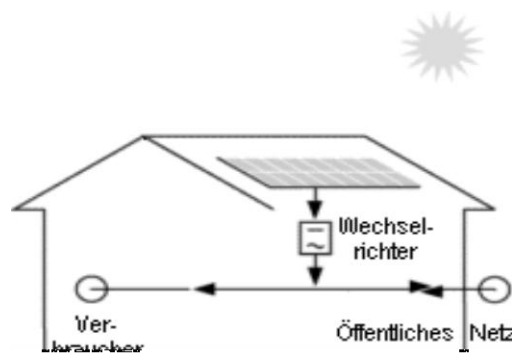


Fig. 17. Scheme of a grid-connected installation

In Germany, a photovoltaic power plant is treated like independent from the home's power circuit. The entire energy generated is fed into the utility transmission grid and then reimbursed. In both cases, the entire installation is controlled and monitored by the inverter, and feeding the grid is fully automated.

Solar water heaters

Solar water heaters include solar collectors, a storage tank, piping, controls, and a transfer medium. The system may use natural convection or forced circulation. The availability of solar energy at the building site, the efficiency and cost of solar collectors, and the availability and cost of other fuels determine whether solar energy collection units should be used as a primary heat source. Solar energy can also be used as a pre-heat for other energy sources. Care must be taken when using solar heating in climates where temperatures drop below the freezing level.

Solar heaters are divided into two basic types:

- Flat plate collectors
- Batch collectors

Flat plate collectors are as simple as putting a black metal plate in the sun, then collecting the heat (Fig 18.). Flat plate collectors circulate a small amount of fluid through little passages in a sun-exposed, blackened copper plate, which is enclosed in an insulated, glass-covered box. Heat picked up by the black plate is transferred to the fluid, which carries it to the storage tank.

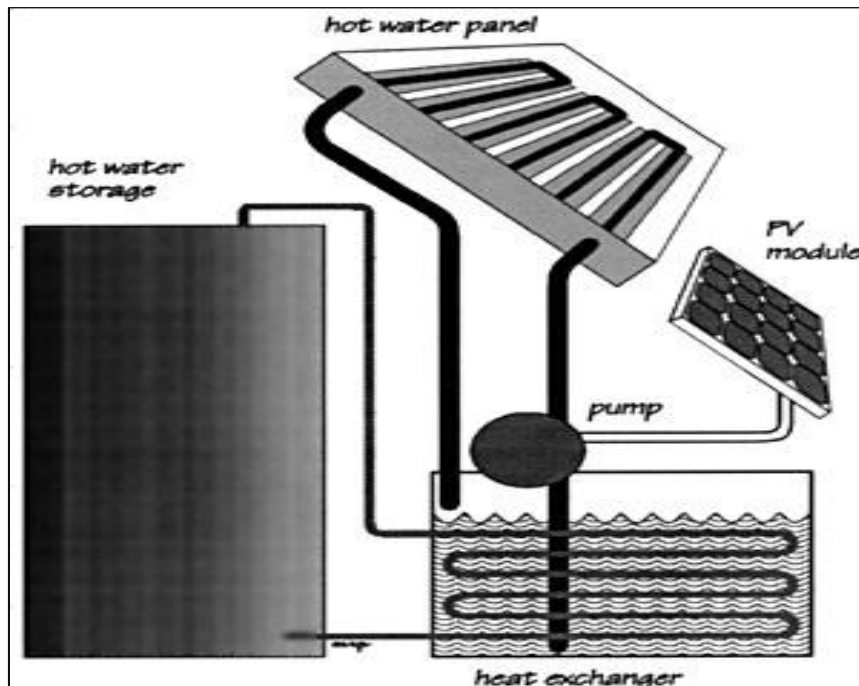


Fig. 18. A flat plate solar water system

Batch collectors are even simpler. Set a tank full of water out in the sun, then wait for it to get hot. Paint the tank black to help absorb heat, and put it into an insulated glass-covered box, and you've got a batch collector. Or for an even simpler set-up, open and close your insulated box every day as in our illustration. The batch collector is plumbed between incoming cold water and the inlet port of the back-up water heater. Any time hot water is used, the back-up heater gets preheated water from the solar collector, rather than stone-cold water.

Solar-powered water pumping

A solar-powered pump is a normal pump with an electric motor. Electricity for the motor is generated on-site through a solar panel which converts solar energy to direct-current (DC) electricity. Because the nature of the electrical output from a solar panel is DC, a solar-powered pump requires a DC motor if it is to operate without additional electrical components. If a pump has an alternating-current (AC) motor, an inverter would be required to convert the DC electricity produced by the solar panels to AC electricity. Due to the increased complexity and cost, and the reduced efficiency of an AC system, most solar-powered pumps have DC motors.

The components comprising a solar-powered pump depend on whether the pumping system is a direct-drive system or a battery-operated system.

Solar-powered pumps for livestock water supplies are available in a wide variety of configurations. If the water source is a dugout, floating pumps are available. If the water source is a well, submersible centrifugal pumps are often used.

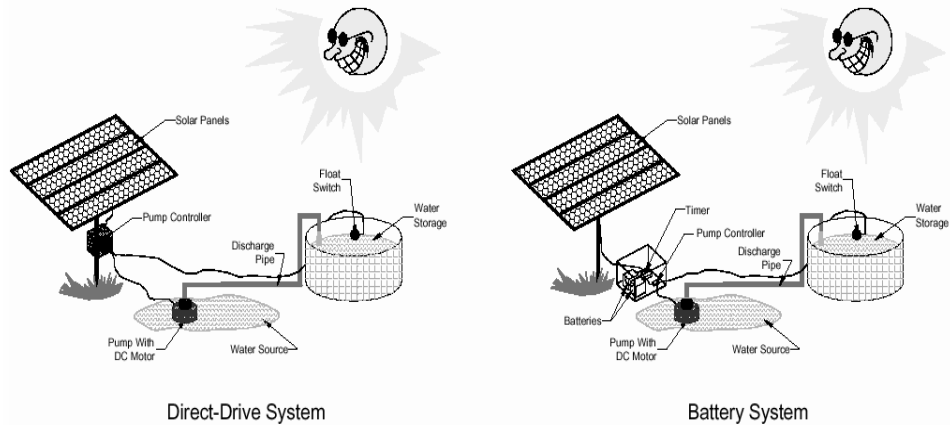


Fig. 19. Direct-drive and battery solar-powered water pumping systems

For dugouts, streams and shallow wells, self-priming surface centrifugal or positive-displacement pumps can be used. Whatever kind of pump is used, it is especially important in low-voltage applications like solar energy, that care is taken to ensure that the pump is matched to head and discharge requirements of the application.

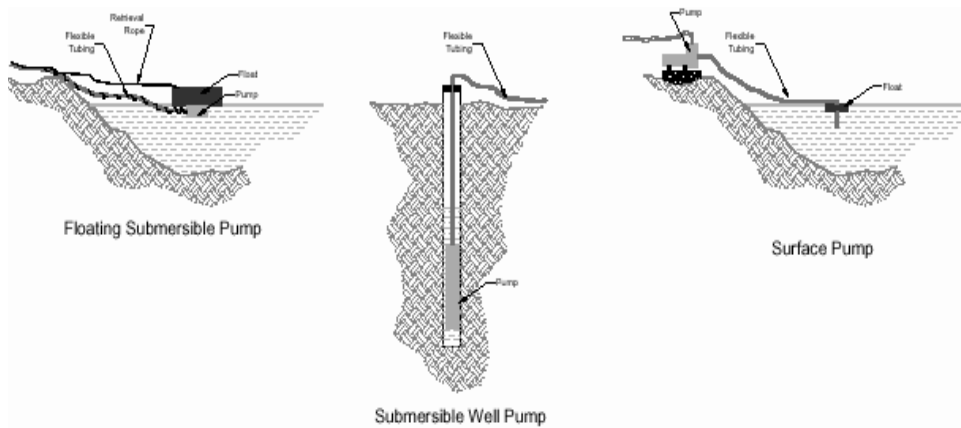


Fig. 20. Solar powered pumps for livestock water supplies

CONSLUSIONS

Solar energy is a respectable renewable energy source. Possibility of solar energy use is influenced by solar intensity, geographical distribution of referent places, as well as, solar geometry principles. Non continuous avaiability of solar energy, caused by natural cycles of day/night and clondy/sunny changes, is reality. Also, seasonal change of intensity must by mentioned.

Previous facts illustrate importance of collecting and storing of solar energy. Conservation of this kind of energy afirmates some of transducing technologies as PV cells are.

Technology of PV cells includes three types of construction: single crystal, multicrystalline and amorphous or thin film. Modules based on mentioned types could be active and passive trackers. Active trackers average 10% - 15% more collection per day than a passive tracker in the same location.

PV systems structures are utilised like two different types of installation: stand alone and grid connected installation. Possibilities of use in real conditions are: water heaters (with flat plate or batch collectors) and water pumping solar-powered.

Solar energy stays like long-term renewable energy source. Technology varieties, as well as technical systems improve availability of this kind of energy source.

LITERATURE

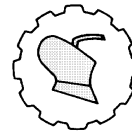
- [1] Лингова С. Слънчева радиация. Пъблиш-Сай-Сет-Агри.София.1990
- [2] Stout B. A., Handbook of energy for world agriculture. Elsevier applied science. London and Mew York.1990
- [3] Catalog of Optoelectronic Products 1985, General Instrument, AN301
- [4] www.solareco.com
- [5] www.daystartech.com
- [6] gosolarpower.com/photovoltaics
- [7] www.fronius.com/solar.electronics/focus.pv/pv_installation.htm
- [8] www.solar.tnn.ru

KORIŠĆENJE SOLARNE ENERGIJE U KONCEPTU FOTOELEKTRIČNIH ĆELIJA

Prof. dr Nicolay Mihailov

Sadržaj: Izvanredan energetska resurs u vidu solarne energije je moguće koristiti u konceptu PV ćelija (fotoelektričnih) koje kao transformer mogu biti osnova namenskog korišćenja solarne energije. Rad predstavlja sintezu osnova definisanja upotrebljivosti solarne energije (intenzitet, geografski raspored potencijala, solarnu geometriju), kao i osnovne mogućnosti skaupljanja i skladištenja. Analizirana su tri osnovna tipa PV ćelija (kristalni, multikristalni i amorfni). Analiza je obuhvatila i varijante konkretnih tehnološko-tehničkih rešenja (elektronapajanje, grejanje i toplotne pumpe).

Ključne reči: *solarna energija, intenzitet, kolektor, fotoelektrične ćelije, kristal, sistemi korišćenja.*



UDK: 631.621.313.

Pregledni rad
Review paper

UPOREDNA ANALIZA VETROENERGETSKOG POTENCIJALA I MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA ENERGIJE VETRA U SRBIJI I CRNOJ GORI

Branko M. Radičević, Đukan R. Vukić

*Institut za poljoprivrednu tehniku,
Poljoprivredni fakultet, Beograd - Zemun*

Sadržaj: Iako danas u ukupnoj proizvodnji električne energije u svetu energija vetra učestvuje sa oko 0,5 %, sudeći po svetskim trendovima ovaj procenat bi u narednih nekoliko decenija mogao i da se utridesetostuči, budući da je vetroenergetski potencijal u svetu ogroman. U Srbiji i Crnoj Gori, nažalost, još nije instalisan ni jedan moderan vetrogenerator velike snage, iako za to postoje uslovi. Dosadašnja svetska iskustva nameću potrebu da se i u našoj zemlji analiziraju tehničke mogućnosti za izgradnju vetrogeneratora i da se vetroenergetika uključi u strateški model razvoja energetike Srbije i Crne Gore (SCG). U ovom radu je analizirana raspoloživa energija vetra u svetu i u SCG. Pokazano je da je vetar energetski resurs naše zemlje čiji potencijal po procenama autora ovog rada iznosi oko 10000 MW (20 TWh/god), čijim aktiviranjem bi se značajno povećali instalisani kapaciteti i raznovrsnost energetske resursa i smanjila zavisnost od uvoza energetske sirovine. Naglašeno je takođe da je cena električne energije koju proizvode vetrogeneratori već konkurentna sa cenom mnogih klasičnih izvora i da su mogućnosti za korišćenje energije vetra mnogobrojne.

Ključne reči: energetski potencijal vetra, resursi, vetrogeneratori, električna energija

1. UVOD

Obnovljivim izvorima energije se danas u svetu posvećuje velika pažnja, jer za mnoge zemlje sveta, kao i za našu, predstavljaju veliku šansu da se smanji potrošnja konvencionalnih goriva, poboljša zaštita životne sredine i poveća korišćenje domaćih energetske potencijala. U bliskoj budućnosti obnovljivi izvori energije će se sve više koristiti kako za visokotemperaturne potrebe (proizvodnja električne energije, procesna toplota), tako i za zadovoljenje niskotemperaturnih toplotnih potreba (grejanje, priprema potrošne tople vode, sušenje, klimatizacija, itd.).

Primena obnovljivih izvora energije i racionalna upotreba energije predstavljaće osnovu za vođenje odgovorne energetske politike u budućnosti. Krajem XX veka zemlje Evropske unije (EU) su koristile oko 10 % primarne energije (toplotna + električna energija) iz obnovljivih izvora, a realne procene govore da će 2020. god. njihova zastupljenost biti oko 20 %, a sredinom ovog veka oko 40 %. Iz obnovljivih izvora

energije zemlje EU su 1997. god. zadovoljavale oko 14 % potreba za električnom energijom (337 TWh/g), a mnogobrojne analize govore da će ovaj procenat u 2010. god. biti 22 % (675 TWh/g), a 2020. god. 34 %.

Tab. 1. Instalirana snaga vetrogeneratora u svetu

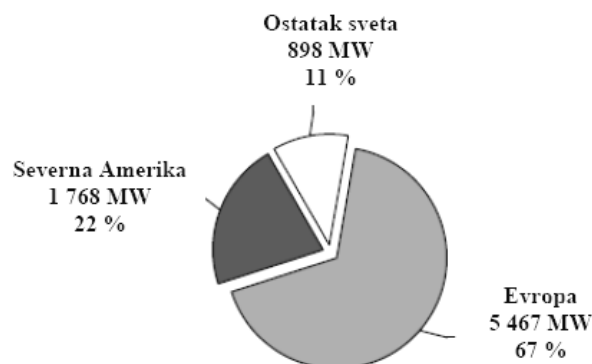
Prvih pet zemalja u svetu (samo u 2003. god.)	Instalirana snaga u 2003. god. u MW	Prvih pet zemalja u svetu (do kraja 2003. god.)	Ukupno instalirana snaga (do kraja 2003. god.) u MW
Nemačka	2.645	Nemačka	14.609
USA	1.687	USA	6.374
Španija	1.377	Španija	6.202
Indija	408	Danska	3.110
Austrija	276	Indija	2.110

Zemlja	Ukupno instalirano u 2001. god.	Ukupno instalirano do kraja 2002. god.	Ukupno instalirano u 2003. god.	Ukupno instalirano do kraja 2003. god.
NORTH AMERICA TOTAL	450 (6.5%)	4,921 (16%)	1,768 (22%)	6,691 (17%)
Canada		236	81	317
USA		4,685	1,687	6,374
EUROPE TOTAL	5,983 (87%)	23,308 (74.5%)	5,411 (67%)	28,706 (73%)
(EU 15 TOTAL)	5,871	23,098	5,411	28,440
Germany		11,994	2,645	14,609
Spain		4,825	1,377	6,202
Denmark		2,869	243	3,110
Netherlands		693	226	912
Italy		788	116	904
UK		552	103	649
Sweden		345	54	399
Greece		297	78	375
France		148	91	239
Austria		140	276	415
Portugal		195	107	299
Ireland		137	49	186
Belgium		35	33	68
Finland		43	8	51
Luxembourg		17	5	22
(ACCESSION STATES TOTAL)	29	61	41	102
Poland		27	30	57
Latvia		24	0	24
Czech Republic		3	7	10
Hungary		3	0	3
Estonia		2	1	3
Cyprus		2	0	2
Lithuania		0	0	0
Malta		0	0	0
Slovakia		0	3	3
Slovenia		0	0	0
(OTHER EUROPE TOTAL)	83	149	15	164
Norway		97	4	101
Ukraine		46	11	57
Switzerland		5	0	5
Romania		1	0	1
REST OF THE WORLD TOTAL	435 (6.5%)	2,999 (9.5%)	898 (11%)	3,897 (10%)
India	195	1,702	408	2,110 (5.4%)
China	68	468	100	568
Japan	140	414	272	686
Australia	32	105	93	198
Other countries	-	310	25	335
GRAND TOTAL	6,868	31,228	8,133	39,294

Od svih obnovljivih izvora energije dominantnu ulogu ima vetar, jer su njegove prednosti višestruke. Energija vetra je obnovljiva i čista, ne zagađuje vazduh, ne emituje ugljen-dioksid, ne prouzrokuje kisele kiše, ne zrači i ne razara ozonski omotač. Iza korišćenja energije vetra nema nepoželjnih otpadaka, a da bi se iskoristio vetar, nisu potrebni ni rudnici, ni vode reka. Tehnički iskoristiv vetroenergetski potencijal u svetu je ogroman (preko (100 000 TWh/god), višestruko je veći od hidropotencijala (oko 15 000 TWh/god), i u velikoj meri prevazilazi ukupne globalne potrebe za električnom energijom (trenutno oko 17 000 TWh/god).

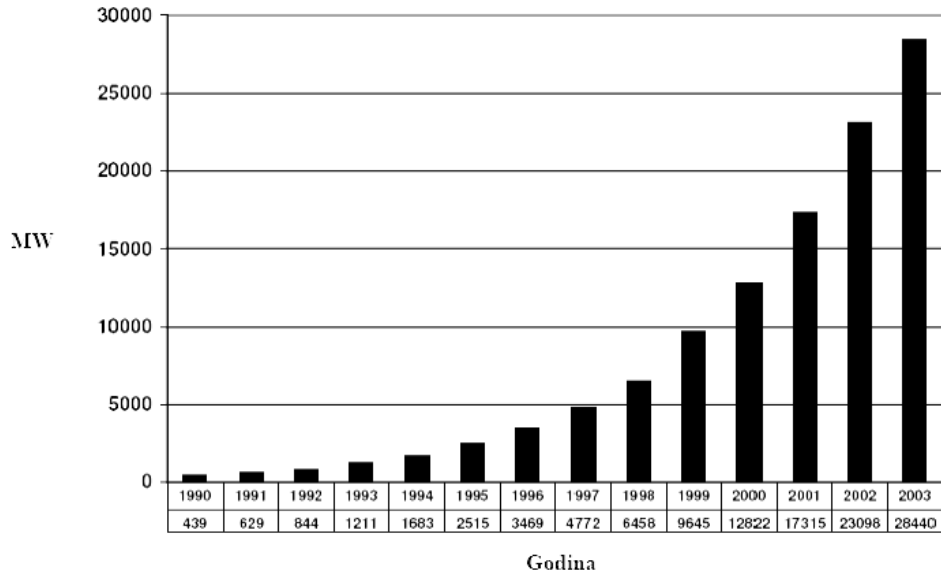
Trend porasta u korišćenju energije vetra u svetu je neverovatan. Konstrukcioni radovi na farmama vetrogeneratora su mnogo manji nego kod konvencionalnih elektrana, dok su cene ekološki čiste električne energije koja se dobija od vetra u vetrogeneratorima već danas konkurentne sa cenom električne energije koja se dobija od mnogih konvencionalnih izvora. Farme vetrogeneratora na morima postale su veoma atraktivne i naša stvarnost. Intenzivno se radi i na razvoju turbina koje bi koristile veoma niske brzine vetra, kao i podvodne morske struje, [9].

U ukupnoj proizvodnji električne energije u svetu energija vetra danas učestvuje sa oko 0,5 %. U 50 zemalja u svetu do početka 2004. godine instalisano je oko 40000 MW kapaciteta (tabela 1). U zemljama EU-15 je instalisano oko 28500 MW vetroenergetskih kapaciteta (slika 2), što je npr. dovoljno da se zadovolje potrebe za 19 miliona prosečnih domaćinstava u Evropi (oko 47 miliona ljudi) za električnom energijom. Samo u 2003. godini u svetu je instalisano 8133 MW novih kapaciteta (slika 1).



Sl. 1. Instalisani vetroenergetski kapaciteti u svetu (samo u 2003. god.)

Do sada je u vetroenergetiku u svetu uloženo oko 40 milijardi evra i to je najekspanzivnija industrija u Evropi (stopa rasta za period 1998. - 2003. je 35 %). Samo u 2003. god. u svetsku vetroenergetiku je bilo uloženo oko 8 milijardi evra, što predstavlja značajan porast u odnosu na 2002. god. (6,8 milijardi evra). Međutim, dalji planovi u razvoju vetroenergetike su još ambiciozniji. Cilj zemalja Evropske unije je da do 2010. god. bude instalisano 75 GW, a do 2020. god. 180 GW vetroenergetskih kapaciteta u EU. Dakle, sudeći po sadašnjim trendovima u 2020. godini će se od vetra zadovoljavati oko 12 % ukupnih potreba za električnom energijom u svetu (tabela 2), [4].



Sl. 2. Instalirani vjetroenergetski kapaciteti u EU-15 do početka 2004. godine

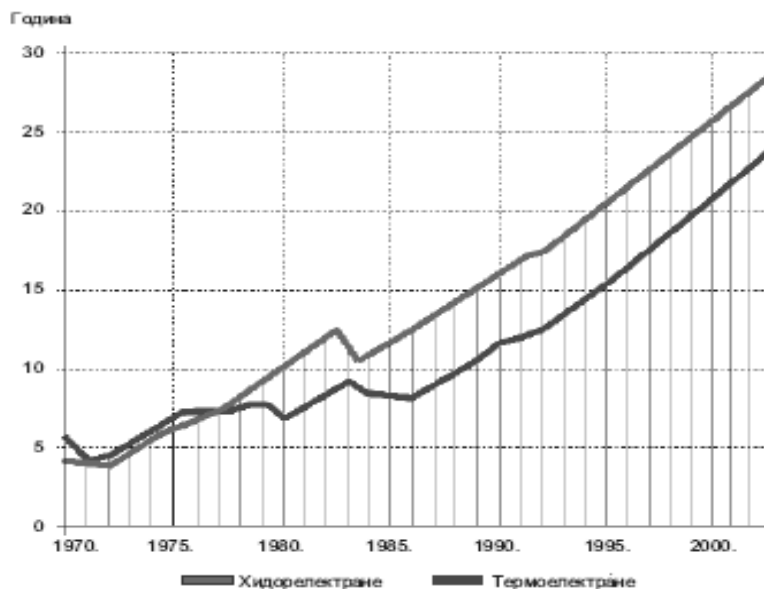
Tab. 2. Dinamika razvoja vjetroenergetike u svetu na osnovu studije Wind Force 12

Godina	Srednji godišnji porast %	Godišnji novi kapaciteti MW	Ukupni novi kapaciteti MW	Godišnja proizvodnja električne energije od vetra TWh	Projektovani zahtevi za električnom energijom u svetu TWh	Proizvodnja električne energije u svetu od vetra %
2002	25	7,227	32,037	64.5	16,233	0.40
2003	25	9,034	41,071	86.3	16,666	0.52
2004	25	11,292	52,363	110.1	17,110	0.64
2005	25	14,115	66,478	139.8	17,567	0.80
2006	25	17,644	84,122	184.2	18,035	1.02
2007	25	22,055	106,177	232.5	18,156	1.26
2008	25	27,569	133,746	292.9	19,010	1.54
2009	20	33,083	166,829	365.4	19,517	1.87
2010	20	39,699	206,528	452.3	20,037	2.26
2011	20	47,639	254,167	556.6	20,532	2.71
2012	20	57,167	311,333	763.6	21,040	3.63
2013	20	68,600	379,933	931.9	21,560	4.32
2014	20	82,320	462,253	1133.8	22,093	5.13
2015	15	94,668	556,922	1366.0	22,639	6.03
2016	15	108,868	665,790	1633.0	23,196	7.04
2017	15	125,199	790,988	1940.1	23,771	8.16
2018	10	137,718	928,707	2277.9	24,359	9.35
2019	10	151,490	1,080,197	2649.5	24,961	10.61
2020	0	151,490	1,231,687	3021.1	25,578	11.81
2030	0	151,490	2,592,424	6358.7	31,524	20.17
2040	0	151,490	3,082,167	8099.9	36,585	22.14

2. STANJE ENERGETIKE U SCG

Kada su u pitanju kvalitetna konvencionalna goriva generalno gledano naša zemlja je energetska siromašna zemlja. Domaća proizvodnja nafte pokriva svega 15 % ukupnih potreba, a proizvodnja gasa tek 20 % ukupne potrošnje. Analize pokazuju da je na godišnjem nivou potrebno izdvojiti oko milijardu evra za uvoz najneophodnijih energenata, od čega samo 800 miliona evra za uvoz nafte i naftnih derivata, [8]. Eksploatacija domaćeg uglja relativno male toplotne moći će se sve više ograničavati zbog uticaja emisije ugljen-dioksida i drugih gasova koji zbog efekta staklene bašte izazivaju promenu klime na zemlji i globalno zagrevanje. Treba imati u vidu da će u skladu sa potrebom ubrzanja industrijskog razvoja potrošnja energije u SCG nastaviti da raste u narednom periodu, uprkos povećanju energetske efikasnosti. Eksploatacija postojećih rezervi fosilnih goriva će biti sve veća, a zadovoljavanje istim energetska potreba naše zemlje sve teže.

Stanje u energetska sistemu SCG nije baš ružičasto. Poznato je da rad termoelektrana uglavnom zavisi od lignita. Međutim, kod nas nije bilo značajnih ulaganja u pronalaženje novih ležišta ovog uglja, pa je već godinama otkop otkrivke prepolovljen u odnosu na planirani obim. Osim toga, pogoršavaju se i prirodni uslovi eksploatacije, jer se ugalj pronalazi na sve većim dubinama, a to poskupljuje čitav proces. Kada je o hidropotencijalima u Srbiji reč, oni se procenjuju na oko 22000 GWh godišnje, a hidrocentrale proizvode manje od 10000 GWh godišnje (tabela 3). Iako, su i one stare u proseku 20 godina i loše su održavane, stanje u njima ipak je nešto bolje u odnosu na termoelektrane (slika 3). Prenosna elektroenergetska mreža odradila je svoj vek. Gubici u sistemu su dosta veliki, a u nekim područjima zemlje poput Pomoravlja, južne Srbije i zapadne Bačke, tokom zimskog perioda dolazi do pada napona i na 70 % od nominalnog u mreži. Distributivna mreža deli sudbinu prenosnog sistema električne energije, pri čemu i tu dolazi do izražaja dotrajnost opreme.



Sl. 3. Prosečna starost elektrana u EPS-u

Dakle, možemo zaključiti da nijedan pravi remont u našim termoelektranama, hidrocentralama i prenosnoj i distributivnoj mreži nije obavljen tokom poslednjih dvadesetak godina. Od ukupno potrebnih sredstava na godišnjem nivou u ove svrhe ulagalo se svega 15-20 %. Prosečna starost naših termoelektrana, koje u proizvodnji električne energije učestvuju sa oko 70 %, iznosi 30 godina (slika 3), pa na raspolaganju imamo tek nešto više od 50 % njihove ukupno instalisane snage. Kada bi se obavili svi potrebni remont i stepen prinudnih zastoja u termoelektranama bi se smanjio za 15 %, a istovremeno bi to bila investicija u najjeftiniji kilovatčas električne energije, [8].

Tab. 3. Ostvarenje bilansa proizvodnje (na pragu elektrana) i nabavki električne energije EES-a SCG

Raspoloživo	2003. godina						Ostvareno 2003/ Planirano 2003.		
	Planirano (GWh)			Ostvareno (GWh)			(%)		
	SCG	EPS	EPCG	SCG	EPS	EPCG	(4/1)	(5/2)	(6/3)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Proizvodnja HE	11 803	10 063	1 740	10 704,1	9 171,7	1 532,5	90,7	91,1	88,1
Proizvodnja TE	25 293	24 220	1 073	25 392,3	24 318,3	1 073,9	100,4	100,4	100,1
Sopstvena proizvodnja	37 096	34 283	2 813	36 096,3	33 489,9	2 606,3	97,3	97,7	92,7
Među republička razmena		762	1 065		876,6	1 297,1		115,0	121,8
Nabavka od drugih EES izvan SCG	2 564	1 247	1 317	4 243,8	2 834,0	1 409,8	165,5	227,3	107,0
Ukupno raspoloživo	39 660	36 292	5 195	40 340,1	37 200,6	5 313,2	101,7	102,5	102,3

	2002. godina Ostvareno (GWh)			Ostvareno 2003/ Ostvareno 2002. (%)		
	SCG	EPS	EPCG	(4/10)	(5/11)	(6/12)
	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Proizvodnja HE	11 624,4	10 528,5	1 095,8	92,1	87,1	139,8
Proizvodnja TE	23 324,7	22 225,5	1 099,2	108,9	109,4	97,7
Sopstvena proizvodnja	34 949,1	32 754,0	2 195,0	103,3	102,2	118,7
Među republička razmena		513,7	1 254,7		170,6	103,4
Nabavka od drugih EES izvan SRJ	5 507,9	4 071,9	1 436,0	77,0	69,6	98,2
Ukupno raspoloživo	40 457,0	37 339,6	4 885,8	99,7	99,6	108,7

Ukupna raspoloživa snaga na pragu elektrana u EES-u SCG je oko 9000 MW, a godišnja proizvodnja električne energije u 2003. godini je bila 40340,1 GWh/g, [7]. Na osnovu ovih podataka može se izračunati srednji faktor iskorišćenja proizvodnih kapaciteta u EES-u SCG:

$$\eta = \frac{40 \cdot 10^9 \text{ kWh}}{9 \cdot 10^6 \text{ kW} \cdot 8760 \text{ h}} \approx 0,50 \text{ (50%)} \quad (1)$$

Iako su u poslednje 2-3 godine bile preduzete intenzivnije mere u pogledu povećanja energetske efikasnosti i revitalizaciji proizvodnih i prenosnih kapaciteta, u EPS-u i EPCG permanentno se javlja deficit u električnoj energiji. Taj deficit je u 2002. god. iznosio oko 5,5 TWh što čini preko 10% ukupne nacionalne potrošnje, koja je tada iznosila oko 40 TWh, [6]. Npr. u Srbiji, iako su prisutni pozitivni efekti Tarifnog

sistema, tj. peglanje dnevnog dijagrama opterećenja, samo u 2003. godini u pojedinim trenucima zimskih opterećenja nedostajalo je cca 900 MW snage, a u proseku leti do 2, a zimi i do 20 GWh električne energije dnevno, [7]. U tabeli 3 dat je elektroenergetski bilans proizvodnje (na pragu elektrana) i nabavki električne energije EES-a SCG za 2003. godinu. Debalans u proizvodnji i potrošnji električne energije je u proteklom periodu rešavan uvozom skupe električne energije i povremeno restriktivnim merama u isporuci električne energije.

Smanjenjem gubitaka električne energije u prenosu i distribuciji, kao i u racionalnom korišćenju struje mogu se ostvariti značajne rezerve. Na početku 2003. godine ukupni gubici u prenosnoj i distributivnoj mreži EPS-a konačno su pali ispod 20 % (iznose oko 17,5 %). Od ovog procenta na nelegalno korišćenje struje (usled krađe struje) otpada 5 - 6 %. Kada se ovaj procenat prevede u električnu energiju izlazi da na komercijalne gubitke odlazi oko $1,5 \cdot 10^9$ kWh/g. Vrednost ove količine struje je oko 50 miliona evra, što približno odgovara nivou električne energije koju EPS uvozi tokom zimskih meseci.

Teško je naći zemlju u kojoj je potrošnja struje tako neravnomerna, strukturno nepovoljna i neprilagođena nivou društvenog razvoja i bogatstva kao što je SCG bila tokom poslednje decenije. Npr. domaćinstva u Srbiji su u 2002. godini potrošila oko 60 % ukupno proizvedene električne energije, a u zemljama EU domaćinstva troše manje od 30 %. Takođe, nema zemlje u kojoj se trećina domaćinstava greje na struju i to veoma velikim delom bez termoregulacije i mogućnosti upravljanja ovim segmentom potrošnje u toku dana. Iako je bruto proizvod po stanovniku u SCG oko 13 puta manji nego u EU, potrošnja električne energije po stanovniku u Srbiji je niža za samo oko 1,7 puta. Prosečno domaćinstvo u Srbiji troši više struje nego porodice u bilo kojoj neuporedivo bogatijoj zemlji, [8].

Razvoj tehnologija, komercijalizacija specifičnih komponenata opreme i širenje korišćenja obnovljivih izvora energije, danas u svetu, su ušle u fazu zrelosti i ekonomičnosti što je rezultiralo značajnim povećanjem učešća obnovljivih izvora energije u sistemu energetike. Proizvodnja električne energije i u SCG bi mogla da se poveća ukoliko bi počeli da se značajnije koriste obnovljivi izvori energije - prvenstveno energija vetra, sunčeva energija, geotermalna energija, energija biomase i drugi ekološki izvori. Možda ni u jednoj sferi nije postignuto sadejstvo tri E: energija – ekonomija – ekologija koliko u proizvodnji električne i toplotne energije. Jer, do bilo koje intervencije da dođe u oblasti energetike, njeni efekti se direktno odražavaju na ekonomiju i na ekologiju.

Jasno je da se bez novih energetske izvora ne može računati na uspešno prevazilaženje elektroenergetske krize. S obzirom da je energetske problem globalni svetski problem, koji neke evropske države uspešno rešavaju, prirodno je da pri definisanju našeg modela energetske razvoja proučimo svetska, a pre svega evropska kretanja iz oblasti energetike. Pozitivna iskustva evropskih zemalja treba da budu smernica našem energetske razvoju. Jedan od zaključaka autora ovog rada je da je svetska vetroenergetika danas sasvim sposobna da zadovolji deo čovekovih potreba za električnom energijom i na taj način je otključala novu eru ekonomskog rasta, tehnološkog progressa i zaštite životne sredine. Prevazilaženje energetske problema u našoj zemlji moglo bi se rešiti instaliranjem vetrogeneratora ukupne snage (2000-2500) MW, s obzirom da je vetar obnovljivi izvor energije koji u SCG ima najveću raspoloživost.

3. MODELI ZA PROCENU VETROENERGETSKOG POTENCIJALA

Vetar je neiscrpan izvor energije, ali su njegovi kapaciteti po snazi ograničeni. Da bi se mogao tačno odrediti tehnički iskoristiv vetroenergetski potencijal nekog regiona potrebno je precizno poznavati histogram brzina vetra na visini na kojoj se postavlja vetroturbina. S obzirom da je na visinama na kojima se instaliraju savremeni vetrogeneratori (do 120 m) lokalnost pojave vetra jako izražena, za precizno određivanje vetropotencijala bi bio potreban ogroman broj mernih sistema za kontinualno merenje na dužem vremenskom horizontu (2-3 godine). Praktično je ovakva merenja na širem regionu nemoguće sprovesti pa se često u praksi vrše procene na osnovu meteoroloških podataka. S obzirom da meteorološke stanice daju parametre za relativno mali broj lokacija u regionu, razvijeni su različiti kompleksni matematički modeli koji imaju za cilj da na osnovu meteoroloških podataka i topografije terena simuliraju vetrove na širem području. Ovi modeli su, u pogledu određivanja vetroenergetskog potencijala, pokazivali velike razlike, pa su se javljale razlike u procenama vetroenergetskog potencijala određenog regiona (zemlje) i do 100 puta. Osnovni razlog za ovakve razlike u procenama leži u visokoj senzitivnosti energije vetra od brzine koja je funkcija velikog broja kako meteoroloških tako i topografskih parametara. Pogrešna procena nekog od parametara može dovesti do višestruke greške u proceni vetropotencijala. Ovde će biti ukratko spovedena analiza visinskog profila brzine vetra i njegov uticaj na procenu snage vetra, [1].

Usled trenja između struje vazduha i tla, kao i unutrašnjeg viskoznog trenja brzina vetra raste sa povećanjem visine iznad tla. Jasno je da na profil brzine vetra utiče hrapavost terena, prisustvo prirodnih i veštačkih prepreka kao i drugi topografski elementi. S obzirom da se ovi parametri generalno razlikuju od lokacije do lokacije to je i profil brzine različit za različite lokacije. U teoriji se visinski profil brzine najčešće analitički opisuje eksponentnom funkcijom oblika, [3]:

$$v(h) = v(h_0) \left[\frac{h}{h_0} \right]^\alpha \quad (2)$$

gde je:

$v(h)$ - brzina vetra na visini h ;

$v(h_0)$ - brzina vetra na visini h_0 ;

α - faktor hrapavosti terena.

S obzirom da snaga vetra zavisi od trećeg stepena brzine vetra, promena snage vetra sa visinom se može izraziti sledećom relacijom:

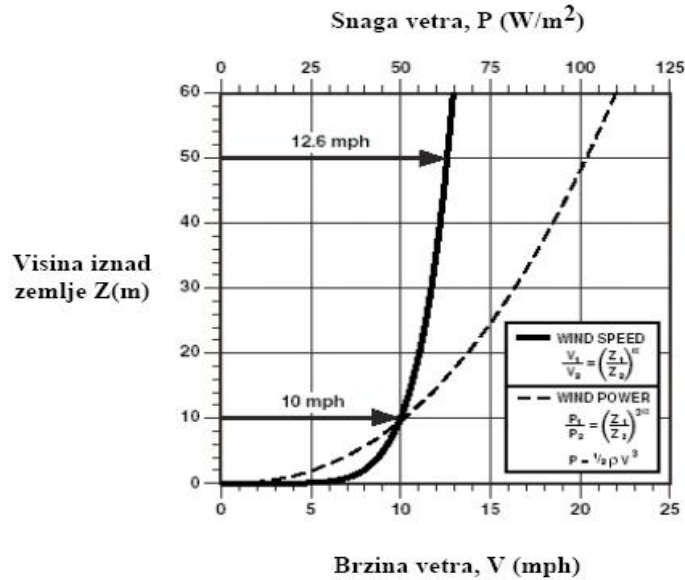
$$P(h) = P(h_0) \left[\frac{h}{h_0} \right]^{3\alpha} \quad (3)$$

gde je :

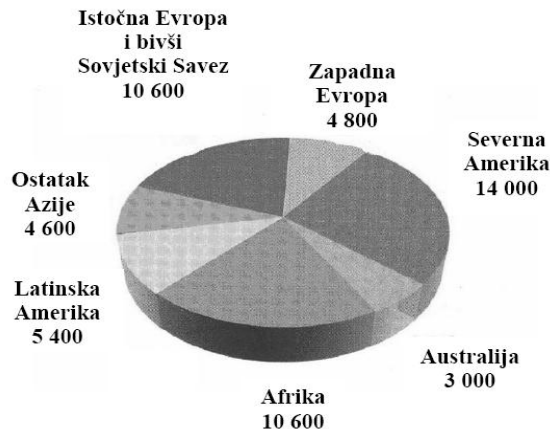
$P(h)$ - snaga vetra na visini h ;

$P(h_0)$ - snaga vetra na visini h_0 .

Na slici 4 je prikazan visinski profil brzine i snage vetra za faktor hrapavosti terena $\alpha = 1/7 = 0,143$.



Sl. 4. Zavisnost brzine i snage vetra od visine



Sl. 5. Svetski vetroenergetski resursi na kopnu, izraženi u TWh/god ekvivalentne električne energije (ukupno 53000 TWh/god)

Standardni meteorološki podaci o brzini vetra odgovaraju visini od $h_0 = 10 \text{ m}$. Ekstrapolacijom, shodno relacijama (2) i (3), može se proceniti brzina i odgovarajuća snaga vetra na visini postavljanja vetroturbine, odnosno visini koja je merodavna za procenu vetroenergetskog potencijala. Neka je to npr. $h = 50 \text{ m}$ (tipična visina za vetrogenaratore snage 1 MW), onda je:

$$v(50) = v(10) \cdot 5^{1/7} = 1,26 \cdot v(10) \tag{4}$$

$$P(50) = P(10) \cdot 5^{3/7} = 2 \cdot P(10) \tag{5}$$

Dakle, na visini od 50 metara, za usvojeni faktor $\alpha=1/7$, brzina vetra je oko 26% veća nego na standardnoj visini od 10 m, dok je snaga vetra duplo veća. Iz ove kratke analize može se konstatovati da je za precizno određivanje snage vetra neophodno precizno znati visinski profil brzine vetra, odnosno faktor α . Praktična merenja su pokazala da faktor hrapavosti varira u relativno širokom opsegu vrednosti, i to: $0,1 < a < 0,3$, što se u pogledu procene opsega snage P vetra na visini od 50 m odražava višestruko, odnosno:

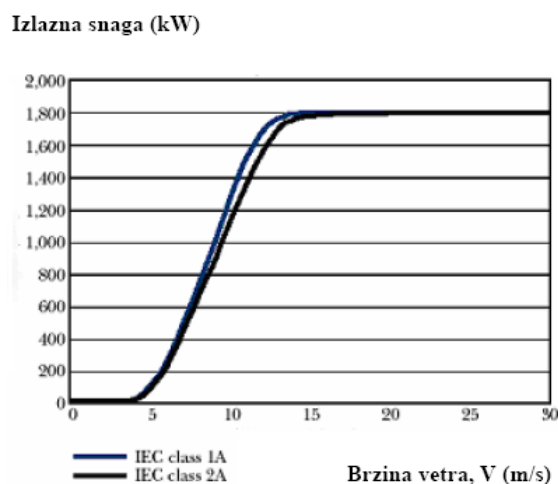
$$P(50) \approx [1,6 \div 4,3] \cdot P(10) \quad (6)$$

Zaključujemo da se pogrešnim izborom samo jednog parametra može napraviti greška u proceni snage vetra od 200%. Dodatni problem predstavlja zavisnost faktora α od pravca duvanja vetra, jer su u opštem slučaju prepreke različite za pojedine pravce. Takođe je moguća zavisnost faktora α od brzine vetra, jer neke prepreke unose turbulentnost u strujanju pri određenim brzinama vetra. Treba imati u vidu i moguću promenu faktora α sa vremenom, jer se npr. vegetacija menja u toku godine što svakako utiče na promenu hrapavosti terena. Osim toga neke analize su pokazale da za određene uslove ne važi analitička forma data relacijom (2). Prethodna analiza je sprovedena pod pretpostavkom da nam je tačno poznata brzina $v(10)$. Međutim, takva merenja postoje samo na mestima meteoroloških stanica, koje za ovakve procene ne pokrivaju u dovoljnoj meri teritoriju te se vrše aproksimacije i u pogledu procene brzine na osnovnoj visini $h=10$ m, što svakako dodatno doprinosi nesigurnosti u proceni vetropotencijala. Ta nesigurnost je veća ukoliko je meteorološka stanica udaljenija od analizirane mikrolokacije. Takođe treba napomenuti da su i merenja standardnim meteorološkim anemometrima nedovoljne tačnosti za procenu snage vetra. *Greška od 10 % u merenju brzine unosi grešku od preko 30 % u proračunu snage vetra.* Pored brzine vetra, potrebno je imati podatke i o atmosferskom pritisku, temperaturi, padavinama i slično. Takođe, na određenim lokacijama je uz pogodnu konfiguraciju terena moguća pojava efekta tunela, koji može i višestruko da poveća snagu vetra na određenoj mikrolokaciji.

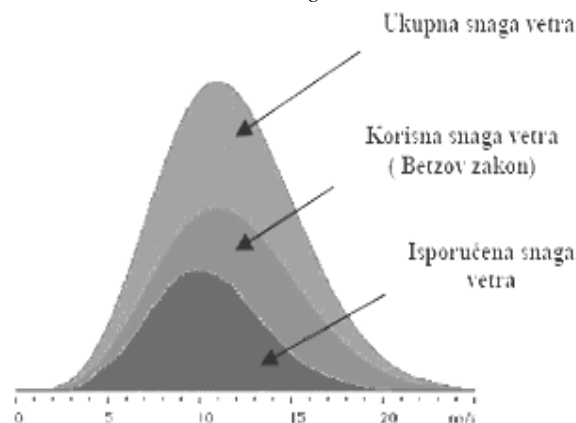
Prethodna analiza se odnosi na nesigurnosti, odnosno greške koje se čine u proceni snage vetra. Greške u proceni snage se kumulativno preslikavaju na estimaciju električne energije koja se može dobiti iz vetra na godišnjem nivou. Osim toga, dodatni problem, odnosno dodatni izvor grešaka u proceni energije vetra predstavlja nepoznavanje učestanosti pojave vetra određene brzine na određenom vremenskom horizontu (npr. godišnjem intervalu). Naime, zbog nelinearne zavisnosti snage vetra od brzine, energija vetra se ne može računati na osnovu srednje brzine vetra, već je potrebno da se praktično poznaje dijagram raspodele vetra po brzinama, odnosno histogram brzina vetra. Standardna meteorološka merenja daju srednje brzine vetra na petnaestominutnom ili satnom nivou, što se pokazalo da je nedovoljna rezolucija za pouzdanu estimaciju električne energije. Osim toga savremeni vetrogeneratori rade u opsegu brzina vetra od 3,5 m/s do 25 m/s, pri čemu efikasnost elektromehaničke konverzije energije vetra nije ista pri svim brzinama, već zavisi od projektovanih karakteristika vetroturbine i vetrogeneratora. Tipična ulazno - izlazna karakteristika vetrogeneratora je prikazana na slici 6 [1].

Dakle, za estimaciju električne energije neophodno je pored karakteristika vetra poznavati i tehničke karakteristike vetrogeneratora, kao i visinu tornja na kojem se on instalira. Uvažavanjem svih parametara koji utiču na elektromehaničku konverziju energije vetra u električnu, može se konstatovati da se samo jedan manji deo ukupne

kinetičke energije vetra može praktično konvertovati u električnu energiju (maksimalni stepen iskorišćenja vetro turbine je oko 0,40). Ovo je u literaturi poznato kao Betz-ov zakon i ilustrovano je na slici 7 (Veibul-ova kriva), [2].



Sl. 6. Ulazno - izlazna karakteristika vetrogeneratora nominalne snage 1800 kW



Sl. 7. Ilustracija iskorišćenja snage vetra i njena distribucija po brzini vetra

Na osnovu prethodne analize senzitivnosti vetropotencijala od samo nekoliko parametara može se konstatovati da najbitniji parametri nisu jedinstveni, niti vremenski i prostorno stabilni, zavise od praktičnih rešenja, a za analitičko modelovanje zahtevaju precizna i složena merenja na dužem vremenskom horizontu. *Konačan zaključak autora ovog rada je da su procene globalnog vetropotencijala koje se baziraju na standardnim meteorološkim podacima i teorijskim modelima koji se oslanjaju na te podatke nepouzdanе.* Primena različitih modela dovodi do različitih zaključaka o globalnom vetroenergetskom potencijalu. I najpoznatiji radovi iz ove oblasti u svetskoj literaturi su

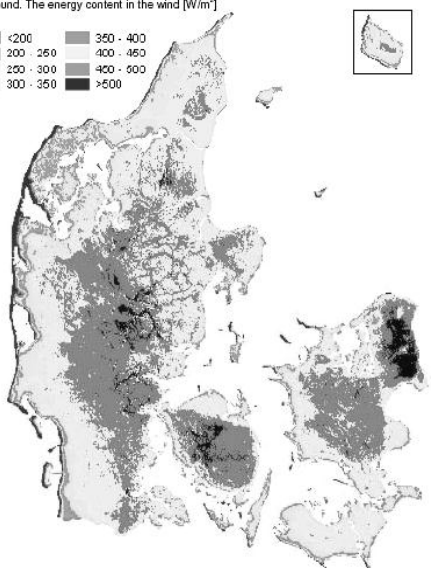
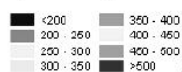
takođe u određenoj meri kontradiktorni, što govori da ne postoji pouzdan teorijski model za procenu vetropotencijala. U prilog ovoj konstataciji ide i činjenica da zemlje u kojima je vetroenergetika najrazvijenija višestruko koriguju početne procene svog vetropotencijala (slika 5). Tako npr. studija koju je sproveo 1993. Univerzitet iz Utrehta (Holandija) o globalnom vetroenergetskom potencijalu zemalja Evropske Unije se pokazala u praksi veoma konzervativnom, iako je u njoj procenjeno da je globalni vetroenergetski potencijal višestruko veći od potreba za električnom energijom. Prema ovoj studiji ukupan vetropotencijal Nemačke na kopnu je 24 TWh/god (oko 12 GW instaliranih kapaciteta). Međutim, Nemačka je po instaliranim kapacitetima već prešla 14 GW, a detaljne studije koje je sproveo Ministarstvo za ekonomiju Nemačke pokazuju da je vetropotencijal na kopnu Nemačke oko 124 TWh/god (64 GW instaliranih kapaciteta), što je preko pet puta više od prvobitne procene, [4]. Slično važi i za Dansku, Španiju, Englesku, Indiju, SAD i druge zemlje.

4. UPOREDNA ANALIZA VETROENERGETSKOG POTENCIJALA SCG

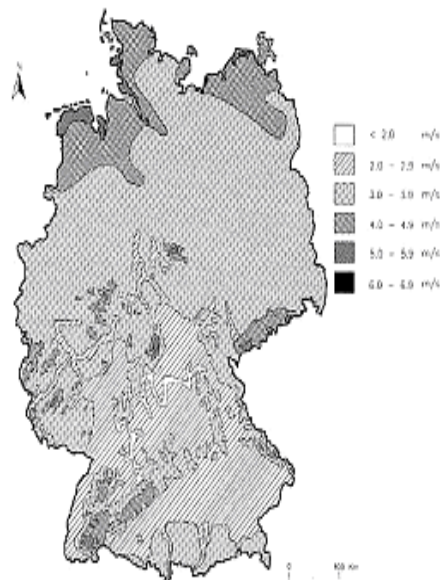
S obzirom da je početkom 2004. godine Danska bila zemlja koja je prva u svetu po učešću vetroenergije u ukupnoj proizvodnji električne energije - oko 20 % (instalirano oko 3100 MW kapaciteta), a Nemačka zemlja koja je bila prva u svetu kada su u pitanju instalirani vetroenergetski potencijali (oko 14600 MW kapaciteta i trenutno 5 % ukupne potrošnje električne energije se dobija iz vetrogeneratora), ideja u ovom radu je da analiziramo njihova iskustva, pokušamo da uspostavimo određenu geografsku, topološku i demografsku sličnost i na osnovu takve analize procenimo vetroenergetski potencijal SCG. Ovakav pristup je relativno jednostavan i površan, ali se temelji na rezultatima koji su verifikovani u praksi, što daje, za razliku od teorijskih matematičkih modela, određenu sigurnost. Pošto Danska i Nemačka imaju najveće iskustvo u oblasti vetroenergetike, kao i verifikovane procene svog globalnog vetroenergetskog potencijala kroz značajna izgrađena vetroenergetska postrojenja, autori ovog rada su u toku svog istraživanja pokušali da uspostave određenu sličnost između vetroenergetskog potencijala u ove dve zemlje, koji se može smatrati dovoljno pouzdanim, i vetroenergetskog potencijala SCG. Poznato je da lokalnost pojave vetra uzrokuje greške koje su u ovakvim poređenjima neizbežne. S obzirom da je osnovni cilj ovog rada procena globalnog vetropotencijala SCG, ovakav pristup omogućava pouzdaniju procenu od onog koji se bazira samo na meteorološkim podacima i teorijskim modelima.

Raspoloživa energija vetra u SCG varira u velikoj meri od regiona do regiona i bitne razlike su prisutne čak i na malim udaljenjima. Energija vetra u Srbiji više je raspoloživa u nižim predelima nego u višim. Severoistočni deo Srbije karakteriše jak lokalni jugoistočni vetar - košava. Ovaj vetar sa silaznom komponentom je jači od uzlaznog vetra koji se istovremeno javlja. Košava se najčešće javlja u toku hladnijeg dela godine, zbog čega je sprega korišćenja sunčeve energije i energije vetra u košavskoj oblasti važna za Srbiju. U toku toplijeg dela godine dominantniji uticaj može se prepisati zapadnim vetrovima - severozapadnom i jugozapadnom (koji je jednom prilikom pre tridesetak godina na Zlatiboru dostigao za naše prilike rekordnih 170 km/h). Raspoloživa energija vetra u ovom periodu godine je znatno manja nego zimi, ali tada je manja i potrošnja električne energije. Samo izuzetno se dešava da nad našim prostorima prostruji neka varijanta tornada, a to se desilo u leto 1977. god. u selu Negbine kod Nove Varoši.

Map showing the wind resource at 45 meter above the ground. The energy content in the wind [W/m^2]



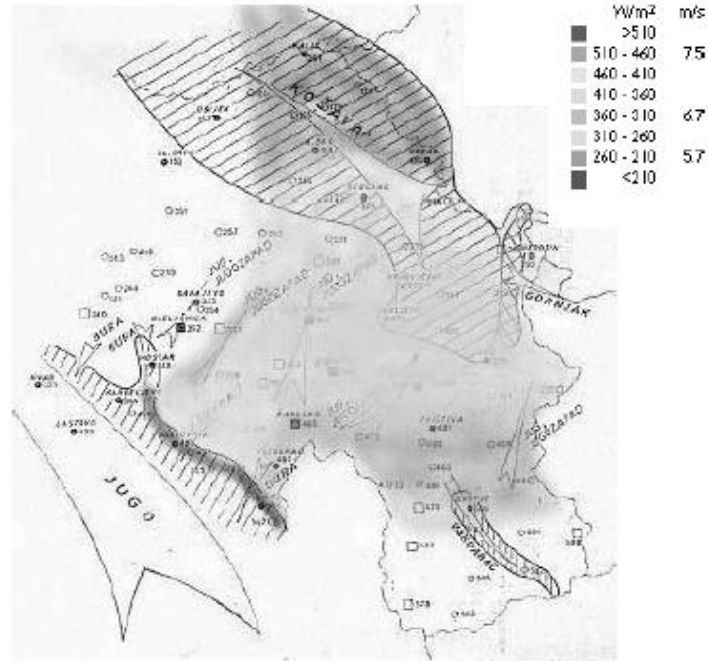
Sl. 8. Mapa vetrova Danske



Sl. 9. Mapa vetrova Nemačke

U SCG nema instaliranih vetrogeneratorskih kapaciteta veće snage, niti su korekno sprovedena opsežnija namenska merenja vetra u cilju određivanja globalnog vetropotencijala. Malobrojne analize i studije o vetropotencijalu SCG su u potpunosti bazirane na anemografskim podacima iz hidrometeoroloških stanica. Pošto smo zaključili da se takvi podaci ne mogu direktno koristiti za globalnu procenu vetropotencijala, u ovom radu je sproveden sasvim drugačiji pristup u kojem su hidrometeorološki podaci o vetru iskorišćeni za procenu stepena sličnosti naših vetrova sa vetrovima u Danskoj i Nemačkoj. Uporedna analiza svakako unosi greške i one su posledice same metode, kao i činjenice da se tehnički iskoristiv veroenergetski potencijal odnosi samo na vetrove čija je srednja godišnja brzina na 10 m iznad tla veća od 5,1 m/s, pa je u uporednoj analizi bilo potrebno sagledavati samo takve vetrove. Ovakav pristup, odnosno model, omogućava samo globalnu procenu vetropotencijala, dok je za identifikaciju pogodnih mikrolokacija neophodno vršiti specijalna merenja u SCG. U tabeli 4 data je uporedna analiza relevantnih parametara za Dansku, Nemačku i SCG.

Vetropotencijal Danske je sadržan u kopnenim (*onshore*) i morskim priobalnim (*offshore*) vetrovima. Pored izgrađenih preko 3000 MW u vetrogeneratorima, Vlada Danske je odobrila gradnju novih 4000 MW do 2010. god., a dugoročni planovi (do 2020. god.) su izgradnja ukupno 10000 MW, koji bi proizvodili oko 50 % nacionalnih potreba za električnom energijom. Na osnovu ovih planova, koji se temelje na realnim vetroenergetskim resursima, može se zaključiti da su vetroenergetski resursi Danske oko 20000 MW ($VP_{(D)} = 20 \text{ GW}$), od čega je oko 50% koncentrisano u morskima, a 50% u kopnenim vetrovima. Ovaj podatak se može uzeti kao pouzdan, jer je rezultat dugogodišnjeg iskustva i opsežnih merenja koja su korigovana na osnovu praktičnih iskustava, [2].



Sl. 10. Mapa vetroenergetskih resursa vetrova Srbije i Crne Gore

Analizirajući mape vetrova Danske (slika 8) i SCG (slika 10) može se konstatovati da su kopneni vetrovi u SCG oko (20-30) % manji, tj.:

$$v_{sr(SCG)} \sim (0,7 \div 0,8) \cdot v_{sr(D)} \Rightarrow P_{sr(SCG)} \sim (0,7^3 \div 0,8^3) \cdot P_{sr(D)} \quad (7)$$

$$P_{sr(SCG)} \square (0,343 \div 0,512) \cdot P_{sr(D)} \sim 0,4 \cdot P_{sr(D)}$$

Broj vetrogeneratora koji se može izgraditi u određenom regionu zavisi od slobodnog prostora na povoljnim lokacijama. Iz razloga međusobne kompatibilnosti neophodno je obezbediti potrebno rastojanje između vetrogeneratora, tako da je broj vetrogeneratora na 1 km² slobodnog prostora maksimalno (8-12) zavisno od prečnika vetroturbine, što odgovara oko 10 MW instalisane snage po km² slobodnog prostora (slika 11). Po kriterijumu slobodnog prostora ako Danska ima 10 GW tehnički iskoristivog vetropotencijala na kopnu, tada bi SCG imala oko 25 GW na kopnu ako bi vetrovi bili istog kvaliteta kao u Danskoj. Uporedna analiza energetskog potencijala vetra u SCG i Danskoj je izvršena na osnovu sledeće formule:

$$VP_{(SCG)} = VP_{(D)} \cdot \frac{A_{(SCG)}}{A_{(D)}} \cdot \left(\frac{v_{sr(SCG)}}{v_{sr(D)}} \right)^3 = 10 \text{ GW} \cdot \frac{102000 \text{ km}^2}{43000 \text{ km}^2} \cdot (0,75)^3 \approx 10 \text{ GW} \quad (8)$$

Dakle, može se proceniti da je tehnički iskoristiv vetropotencijal na kopnu SCG oko 10 GW.



Sl. 11. Rastojanje između vetrogeneratora

Analizirajući karte vetrova Nemačke (slika 9) i SCG (slika 10) može se konstatovati da su intenziteti srednjih godišnjih brzina vetrova jako slični. Pod pretpostavkom da su brzine vetrova u SCG (10-20) % manje nego u Nemačkoj, dobijamo:

$$v_{sr(SCG)} \sim (0,8 \div 0,9) \cdot v_{sr(N)} \Rightarrow P_{sr(SCG)} \sim (0,8^3 \div 0,9^3) \cdot P_{sr(N)} \quad (9)$$

$$P_{sr(SCG)} \square (0,512 \div 0,729) \cdot P_{sr(N)} \sim 0,6 \cdot P_{sr(N)}$$

Ministarstvo za ekonomiju Nemačke je u studiji o vetroenergetskom potencijalu kopnenih vetrova u Nemačkoj iznelo podatak da je ukupni tehnički iskoristivi vetropotencijal kopnenih vetrova u Nemačkoj oko 64000 MW instalisane snage vetrogeneratora ($VP_{(N)} = 64 \text{ GW}$). Na osnovu ovog podatka i prethodne uporedne analize može se zaključiti da je vetroenergetski potencijal kopnenih vetrova u SCG:

$$VP_{(SCG)} = VP_{(N)} \cdot \frac{A_{(SCG)}}{A_{(N)}} \cdot \left(\frac{v_{sr(SCG)}}{v_{sr(N)}} \right)^3 = 64 \text{ GW} \cdot \frac{102000 \text{ km}^2}{357000 \text{ km}^2} \cdot (0,85)^3 \approx 11,2 \text{ GW} \quad \dots(10)$$

Dakle, na osnovu dve potpuno nezavisne analize dobijeni su slične procene globalnog vetroenergetskog potencijala na kopnu u SCG. Prema podacima iz European wind atlas-a [5], južni Jadran spada u srednje vetrovita mora, tako da bi se u SCG sa aspekta vetra mogli instalirati i značajni kapaciteti na moru (*offshore*).

Može se zaključiti da je globalni tehnički iskoristiv vetroenergetski potencijal (kopno + more) u Srbiji i Crnoj Gori: $VP_{(SCG)} = (8000 \div 15000) \text{ MW} = (8 \div 15) \text{ GW}$.

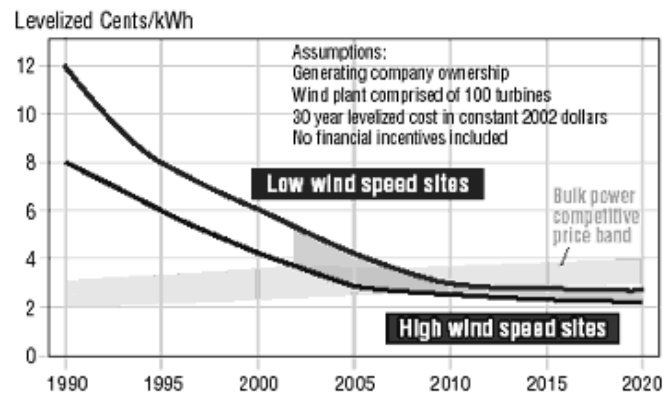
Ako bi vetrogeneratori radili sa srednjim faktorom iskorišćenja $\eta_{sr} = 0,23$ mogli bi proizvesti električnu energiju:

$$W = \eta_{sr} \cdot P \cdot t = 0,23 \cdot 10 \text{ GW} \cdot 8760 \text{ h} \approx 20 \text{ TWh/ god.} \quad (11)$$

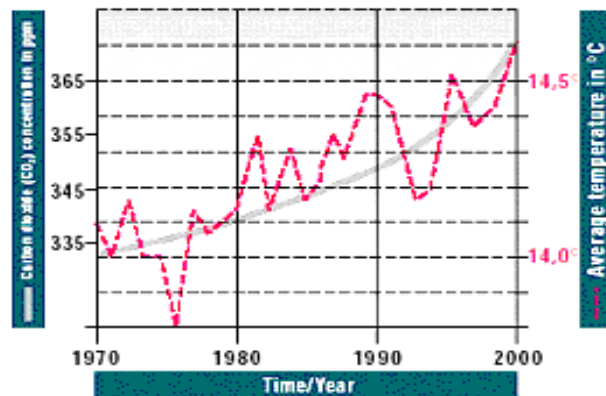
što čini oko 50 % sadašnjih potreba za električnom energijom u SCG. Važno je reći da su već na sadašnjem stupnju razvoja, vetrogeneratori postali konkurentni klasičnim izvorima električne energije, kako po ceni (slika 12), tako i po kvalitetu električne energije koju proizvode.

Tab. 4. Usporedna analiza relevantnih parametara za analizu vetroenergetskog potencijala za Dansku, Nemačku i za SCG

	Danska	Nemačka	Srbija i Crna Gora
Površina [km ²]	43 000	357 000	102 000
Gustina naseljenosti [st./km ²]	120	230	100
Srednja brzina vetra [m/s]	(5+8)	(4+7)	(4+6)
Ukupna instalisana snaga elektroenergetskog sistema [MW]	10 000	120 000	9 000
Ukupna proizvodnja električne energije [MWh]	36 500	504 000	35 000
Ukupna potrošnja električne energije [MWh]	35 500	500 000	40 500
Instalisana snaga u vetrogeneratoriman [MW]	3 000	13 000	0
Učešće energije vetra u ukupnoj proizvedenoj električnoj energiji [%]	20	5	0



Sl. 12. Cena ekološki čiste električne energije koja je proizvedena pomoću vetrogeneratora

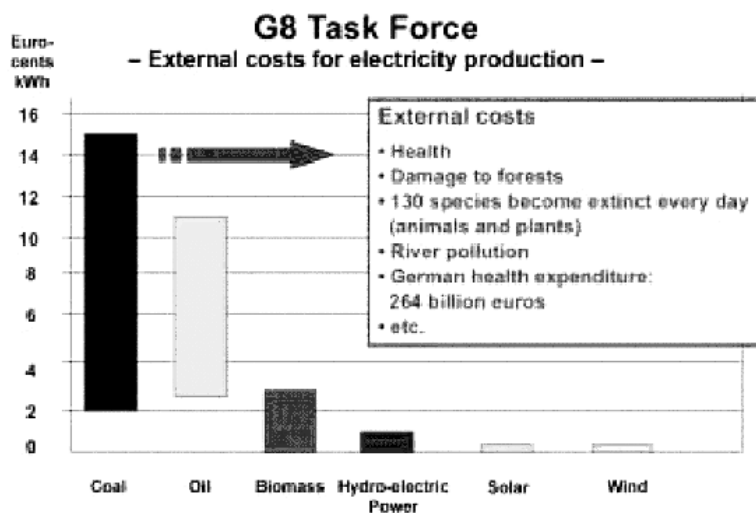


Sl. 13. Povećanje temperature na zemlji zbog globalnog zagrevanja

Globalne klimatske promene, ozonske rupe i efekat staklene bašte su jedan od najozbiljnijih problema koji prete čovečanstvu, [10]. I najoptimističnije prognoze govore da će se čovečanstvo vrlo brzo suočiti (a u mnogim krajevima se već suočava) sa problemima koji su posledica globalnog zagrevanja (slika 13). Upravo zbog toga svedoci smo činjenice da je poslednjih godina u svetu instalisano više novih MW u vetroelektranama nego u nuklearnim elektranama.

Ekologija je bitan aspekt pri definisanju cene električne energije. Veoma često cene električne energije ne uključuju eksterne troškove, odnosno troškove koji su vezani za zagađenje životne sredine i ugrožavanje zdravlja stanovništva. Univerzitet u Štuttgartu je, pod pokroviteljstvom Evropske Unije, pokrenuo opsežan program - ExternE u kojem su detaljno analizirani negativni uticaji različitih izvora električne energije na okolinu. U analizi su definisani koeficijenti kojima su penalisani različiti negativni uticaji proizvodnje električne energije iz pojedinih primarnih izvora. Kao rezultat takve analize definisani su eksterni troškovi odnosno eksterna (dodatna) cena generisanja svakog kWh električne energije (slika 14). Sabiranjem eksternih troškova sa direktnim troškovima dobili bi se ukupni troškovi. Ako bi se cena električne energije formirala na osnovu ovako formiranih troškova, što se u svetu sve više potencira, onda bi energije vetra bila konkurentnija od klasičnih izvora, a pre svega fosilnih goriva.

Treba napomenuti da u ovoj analizi eksterni troškovi kod konverzije nuklearne energije procesom fisije u električnu energiju nisu obuhvatili sigurnost ove konverzije, odnosno opasnost od havarije, tako da kod sagledavanja eksternih troškova ovog izvora treba analizirati i ovaj parametar. U međuvremenu je počela realizacija mnogih sličnih projekata.



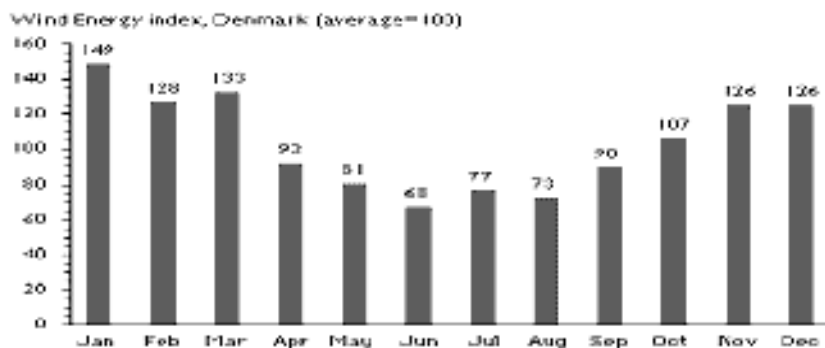
Sl. 14. Eksterni troškovi koji se trebaju uzeti u obzir prilikom proizvodnje električne energije

5. ANALIZA REGIONA POGODNIH ZA IZGRADNJU VETROGENERATORA I MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA ENERGIJE VETRA U SCG

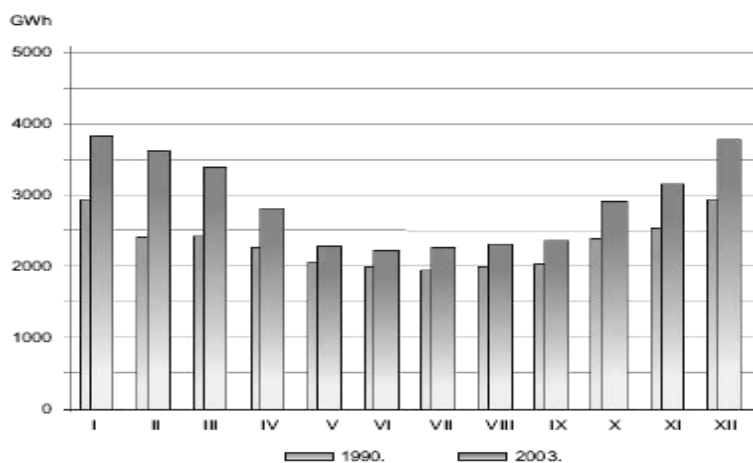
Elektroenergetski sistemi SCG su strukturno povoljni za integraciju vetrogenaratora. Postojanje reverzibilne hidroelektrane Bajina Bašta omogućava preuzimanje viška električne energije u uslovima pojačanog vetra odnosno proizvodnje vetrogeneratora. Takođe, stabilni hidropotencijali (Đerdapske hidroelektrane) mogu obezbediti efikasnu regulacionu rezervu i time stabilan rad sistema i u uslovima velike varijacije u proizvodnji vetrogeneratora. Što se tiče prenosnog sistema, on bi priključenjem vetrogeneratora bio u značajnoj meri rasterećen, jer se vetrogeneratori priključuju po pravilu na distributivne sisteme. Osim rasterećenja bili bi smanjeni i gubici u prenosnoj mreži na račun decentralizacije proizvodnje. Takođe bi bile poboljšane i naponske prilike, jer distributivni sistemi bi imali mogućnost upravljanja proizvodnjom aktivne i reaktivne energije vetrogeneratora koji se praktično nalaze na pragu potrošnje. U našoj zemlji vetra prosečno najviše ima onda kada su zahtevi za električnom energijom najveći (slike 15 i 16), a analize varijacija vetra na dnevnom nivou pokazuju da i dnevne varijacije vetra prate dijagram potrošnje (slike 17 i 18). Dakle i na dnevnom i na godišnjem nivou energija dobijena iz vetra bi u našim uslovima imala karakter vršne energije.

Regioni u našoj zemlji u kojima postoje potencijalno pogodne lokacije za izgradnju vetrogeneratora su:

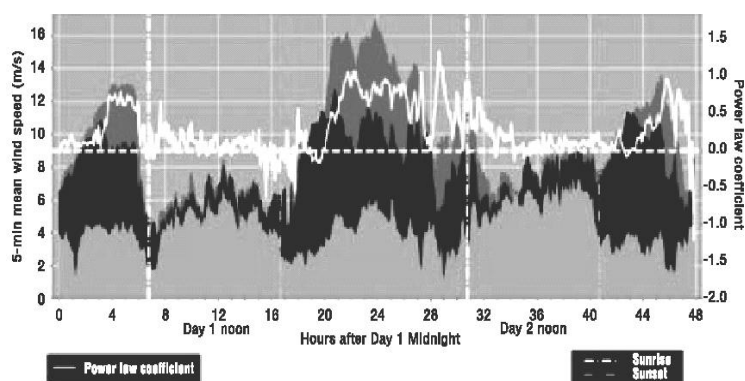
- Panonska nizija, severno iznad Dunava, odnosno šira oblast košavskog područja je takođe bogata vetrom. Ova oblast pokriva oko 2000 km² i pogodna je za izgradnju vetrogeneratora, jer je izgrađena putna infrastruktura, postoji električna mreža, blizina velikih centara potrošnje električne energije i slično. U budućnosti bi se moglo instalirati oko (1500÷2000) MW vetrogenratorskih proizvodnih kapaciteta;
- Istočni delovi Srbije - Stara Planina, Ozren, Vlasina, Rtanj, Deli Jovan, Crni Vrh itd. U ovim regionima postoje lokacije čija je srednja brzina vetra $v_{sr} > 6$ m/s, što odgovara snazi $P_{sr} = (300÷400)$ W/m². Ova oblast prostorno pokriva oko 2000 km² i u njoj bi se u perspektivi moglo izgraditi oko 2000 MW instalisane snage vetrogeneratora;
- Pešter, Zlatibor, Žabljak, Bjelasica, Kopaonik, Divčibare su planinske oblasti bogate vetrom, gde bi se merenjem mogle utvrditi pogodne mikrolokacije (na visinama preko 800 m) za izgradnju vetrogenereatora;
- Crnogorsko primorje, odnosno pojas morske obale od Ulcinja do Herceg Novog širine oko 20 km, odnosno površine od oko 1000 km². U ovoj oblasti su vetrovi srednje brzine $v_{sr} > 7$ m/s i snage $P_{sr} = (400-600)$ W/m². Takođe je ova oblast pogodna za izgradnju vetrogeneratora i sa drugih aspekata (nije šumovita, blizina električne mreže, nemaju se problemi vizuelnog uticaja na sredinu i slično) i ovde bi se moglo izgraditi oko (1000 -1500) MW vetrogeneratora. Duž Crnogorskog primorja postoji dosta lokacija sa visokim grebenima i brdima (lokacije iznad Budve, Tivta, Kotora i slično) u kojima srednja snaga vetra na visinama od 50 m može biti i preko 1000 W/m². Takođe, u zapadnim delovima Crne Gore ima dosta područja potencijalno pogodnih za korišćenje energije vetra.



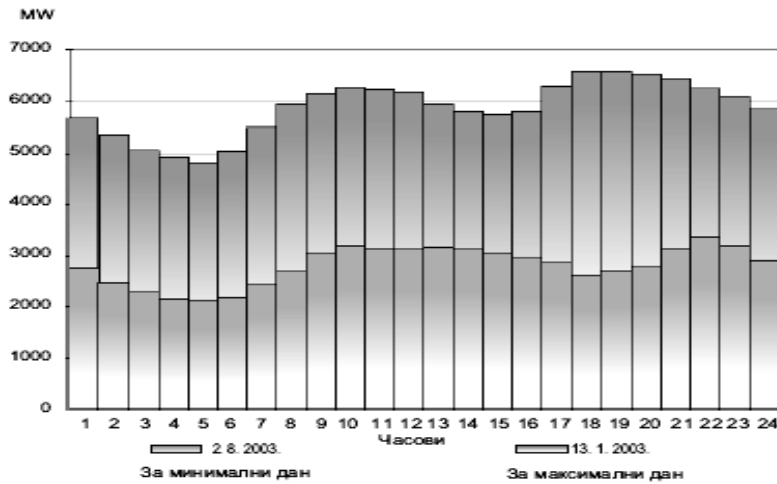
Sl. 15. Tipična mesečna varijacija srednje brzine vetra za karakterističnu lokaciju u SCG (vrednosti označavaju procenete od srednje godišnje brzine vetra)



Sl. 16. Mesečna potrošnja električne energije u EPS-u u 1990. i 2003. godini



Sl. 17. Tipična dnevna varijacija srednje brzine vetra za karakterističnu lokaciju u SCG



Sl. 18. Dnevni dijagram bruto potrošnje u EPS-u za minimalni i maksimalni dan u 2003. godini

Vetrogeneratori bi u našoj zemlji mogli da imaju ogromnu primenu, jer su mogućnosti korišćenja energije vetra zaista mnogobrojne. Može se napraviti podela na sisteme velikih vetrogeneratora koji su priključeni na distributivnu mrežu (danas su to sistemi vetrogeneratora snage do 4,5 MW, a najčešće od 1 - 2,5 MW), zatim srednje velikih vetrogeneratora u hibridnim energetske sistemima koji su kombinovani sa drugim izvorima (fotonaponskim, hidro, dizel) i koji se mogu koristiti npr. u poljoprivredi za navodnjavanje/odvodnjavanje, za napajanje vodenih pumpi, punjenje akumulatora itd). Njihova snaga je do 300 kW, a najčešće od 10 do 150 kW. Ovakva snaga nije isplativa za povezivanje na električnu mrežu. Treću grupu čine mali samostalni vetrogeneratori snage ispod 10 kW, koji se koriste za punjenje akumulatora, napajanje vodenih pumpi, grejanje itd. Važno je napomenuti da je nivo buke i vibracija kod modernih vetrogeneratora danas sveden na minimum, što otvara nove mogućnosti njihove primene. Pitanje je vremena kada će se u SCG instalirati prvi savremeni vetrogeneratori većih snaga za proizvodnju električne energije. Međutim, prethodno je potrebno da se ispune neki uslovi: država mora da definiše jasnu politiku prema obnovljivim izvorima energije, zakoni moraju da dozvole i uključivanje individualnih pravnih i fizičkih lica na polju proizvodnje električne energije.

ZAKLJUČAK

Elektroenergetski sistemi SCG su strukturno jako povoljni za izgradnju vetrogeneratora. Ta izgradnja bi trebala biti etapna, pri čemu bi se stalno pratila tehnička efikasnost i ekonomičnost izgrađenih kapaciteta i prema tome vršile korekcije dalje dinamike gradnje vetrogeneratora. Koristeći uporednu analizu sa vetroenergetskim

potencijalom Danske i Nemačke i saglasno formuli $VP_{sr(2)} = VP_{sr(1)} \cdot \frac{A_{(2)}}{A_{(1)}} \cdot \left(\frac{v_{sr(2)}}{v_{sr(1)}} \right)^3$ u radu je pokazano da je vetroenergetski potencijal SCG oko 10 GW (20 TWh/god.).

Takođe je naglašeno da u SCG postoji veliki broj lokacija za postavljanje pojedinačnih vetrogeneratora srednje i velike snage i bar 50 dobrih lokacija za instaliranje farmi vetrogeneratora snage oko 20 MW ($50 \times 20 \text{ MW} = 1000 \text{ MW}$), što bi moglo da se uradi u narednih 10-15 godina (Nemačka ovo uradi za oko šest meseci, uz trošak oko milijardu evra). Jedan od mogućih scenarija izgradnje vetrogeneratora u SCG je da se instalira u prvih petnaest godina 100 MW/god, što bi obezbedilo, na kraju ovog perioda, oko 10 % električne energije na ekološki najprihvatljiviji način. Ovaj scenarij je dosta skroman ako se uzme u obzir da Danska koja je dva puta manja od SCG samo u svojoj zemlji instalira godišnje oko (300-400) MW vetrogeneratorskih proizvodnih kapaciteta. Nemačka, koja je 3,5 puta veća od SCG, u 2001. i 2002. godini je instalirala oko 6000 MW, a samo u 2003. godini 2650 MW novih vetrogeneratorskih kapaciteta.

Bez obzira kakav strateški model razvoja elektroenergetike se izabere uvek će se javljati potreba, a verovatno i obaveza za korišćenjem ekološki čistih izvora ("green energy"). Ako je naš globalni cilj integracija u Evropsku Uniju, onda je jasno da se reforma energetskog sektora mora sprovoditi na način da se prate svi procesi razvoja energetike u EU, a upravo iskustva većine evropskih zemalja ukazuju na neophodnost uključivanja vetroenergetike u nacionalnu strategiju razvoja energetike SCG. U tom pogledu, prvi korak je utvrđivanje vetroenergetskog potencijala i određivanje pogodnih lokacija za izgradnju budućih modernih vetrogeneratora za proizvodnju električne energije u SCG.

LITERATURA

- [1] Mikičić D., Đurišić Ž., Radičević B.: Vetrogeneratori - perspektivni izvori električne energije, Elektroprivreda br. 4, str. 46-57, Beograd, 2002.
- [2] Radičević B., Mikičić D., Đurišić Ž.: Energetski potencijali vetra - Svet - Evropa - Srbija i Crna Gora, III Naučni skup - Alternativni izvori energije i budućnost njihove primjene u zemlji, Budva 9. i 10. oktobar 2003. god., Crnogorska Akademija nauka i umjetnosti;
- [3] T. Burton, et al: Wind Energy Handbook, John Wiley and Sons Ltd, September 2001.
- [4] Wind Force 12, Preparatory meeting of the "Earth Summit - Greenpeace", Bali, Indonesia, May, 2002.
- [5] Troen I., Petersen E.L.: European Wind Atlas, Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark, 1989.
- [6] Bošković B.: Ostvarenje elektroenergetskog bilansa jugoslovenskog elektroenergetskog sistema u 2002. godini, Elektroprivreda, br. 1, str. 80-93, Beograd, 2003.
- [7] Bošković B.: Ostvarenje elektroenergetskog bilansa Državne zajednice Srbija i Crna Gora u 2003. godini, Elektroprivreda, br. 4, str. 59-72, Beograd, 2004.
- [8] Đajić N.: Energija za održivi svet, Rudarsko - geološki fakultet, Beograd, 2002.
- [9] Đurović M. i dr.: Alternativni izvori energije i budućnost njihove primjene u zemlji, Crnogorska akademija nauka i umjetnosti, Podgorica, 2002.
- [10] Đurić D., Petrović Lj.: Zagađenje životne sredine i zdravlje čoveka, Velarta, Beograd, 1996.
- [11] Požar H.: Opšta energetika, Zagreb, 1978;
- [12] Nelson V.: Wind Energy and Wind Turbines, Alternative Energy Institute West Texas, A&M University, 1996.
- [13] Radičević B., Vukić Đ., Đurišić Ž.: Vetroenergetski potencijal i mogućnosti korišćenja energije vetra za proizvodnju električne energije u našoj zemlji, Traktori i pogonske mašine, Vol.8, No.3, p.99-104, Novi Sad, 2003.

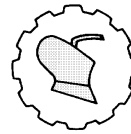
**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE WIND ENERGY POTENTIAL
AND THE POSSIBILITIES OF THE USE OF WIND ENERGY
IN SERBIA AND MONTENEGRO**

Branko M. Radičević, Đukan R. Vukić

Abstract: Today, wind energy participates by not more than 0.5 % in the gross world production of electric energy. However, according to the presently existing world trends and due to the fact that the world's wind energy potential is immense, it can be predicted that in the following decades this low percentage might become thirty times larger. Unfortunately, not one modern wind generator has yet been installed in our country, although conditions are favourable in this respect. Experiences the world has had so far impose the necessity of analyzing technical possibilities for the construction of wind generators and the necessity to incorporate wind energy into the strategic model of the development of energetics in Serbia and Montenegro (SM). In this paper we analyze the availability of wind energy on the global scale, in Europe and in SM. We show in this paper that in SM wind is the energy resource about 10000 MW (20 TWh/year) whose activation would greatly enlarge already installed capacities, increase the diversity of types of energy sources and reduce the dependance on the importation of raw energy sources. In this paper special emphasis is put on the fact that the price of electric energy which is produced by wind generators is already competitive to the prices of energy produced by classical sources.

Key words: *wind energy potential, resources, wind generators, electric energy.*





UDK: 621.3.044.

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

ELEKTROMAGNET SA POKRETNIM JARMOM ZA MAGNETNU OBRADU VODE

Zoran Stajić¹, Nebojša Milčić¹, Marija Vukić², Đukan Vukić³¹⁾ Elektronski fakultet - Niš, ²⁾ Saobraćajni institut CIP - Beograd,³⁾ Poljoprivredni fakultet - Beograd

Sadržaj: U radu su prikazani osnovni elementi konstrukcije i karakteristike specijalnog elektromagneta MOV-2 za magnetnu obradu zauljenih otpadnih voda iz stacionarnih željezničkih objekata kao i za magnetnu obradu vode radi njene dalje primene u poljoprivredi, industriji i medicini. Elektromagnet je originalno tehničko rešenje koje svojom konstrukcijom omogućava dobijanje visokih vrednosti magnetne indukcije i kontinualno podešavanje optimalne dužine vazdušnog zazora u kome se nalazi cev sa vodom koja se magnetno obrađuje.

Ključne reči: *elektromagnet, voda, magnetna obrada, magnetna indukcija*

1. UVOD

Elektromagnet MOV-2 za magnetnu obradu vode rezultat je istraživanja u okviru Projekta tehnološkog razvoja MHT.2.08.0116B i prvenstveno je namenjen za magnetnu obradu zauljenih otpadnih voda iz željezničkih stacionarnih objekata, koji inače spadaju u izuzetno kompleksne zagađivače životne sredine. Dosadašnja istraživanja u okviru realizacije navedenog projekta, [1] kao i iskustva drugih autora, [2], [3], pokazala su da se pri propuštanju vode kroz elektromagnetno polje menjaju neke njene karakteristike: gustina, viskoznost, elektroprovodljivost, površinski napon, pH vrednost, dielektrična konstanta, dijamagnetizam, optička svojstva, hidratacija dijamagnetnih jona (smanjenje) i paramagnetnih jona (povećanje) itd. Osim toga, pri magnetnom tretmanu vode javljaju se i fizičko-hemijski efekti: ubrzavanje i pojačavanje koagulacije, ubrzavanje rastvaranja čvrstih materija u vodi, promena koncentracije rastvorenih gasova, omekšavanje vode, smanjenje korozivnih svojstava, istaložavanje minerala i kamenca u obliku mulja (umesto čvrstih naslaga) itd. Svi navedeni efekti i promene ukazuju na moguće pozitivne efekte na povećanje efikasnosti prečišćavanja otpadnih voda od ulja i masti što su dosadašnja istraživanja i pokazala. Primena magnetisane vode već je pokazala dobre efekte kod otklanjanja kamenca u postrojenjima i cevovodima, kod povećanja brzine flotacionih procesa mineralnih sirovina (20-40 %), u industriji betona, boja, sintetičkog kaučuka itd.

Posebnu pogodnost ima primena magnetisane vode u poljoprivredi, [4]. Istraživanja su pokazala da primena magnetisane vode ima pozitivan uticaj na rast biljaka, kvašenje semena pre setve, odsoljavanje zemljišta. Pozitivni efekti su uočeni i u oblasti živinarstva i stočarstva.

Nakon konstrukcije elektromagneta MOV-1, [5] i istraživanja koja su uz njegovu primenu sprovedena, ukazala se potreba za konstrukcijom novog elektromagneta MOV-2, čije se karakteristike izlažu u ovom radu i koji omogućava dobijanje jačih magnetnih polja i kod koga je znatno poboljšano rešenje pokretnog jarma, smanjeno magnetno rasipanje i dodatni gubici i ugrađena efikasna zaštita od preteranog zagrevanja. Sve aktivnosti oko projektovanja, izrade i ispitivanja elektromagneta MOV-2 obavljene su u Laboratoriji za električne mašine i elektromotorne pogone Elektronskog fakulteta u Nišu.

2. OSNOVNI ZAHTEVI

Osnovni zahtevi od kojih se pošlo prilikom projektovanja i konstrukcije elektromagneta MOV-2, a koji su određeni iskustvom stečenim korišćenjem elektromagneta MOV-1 i karakteristikama narednih istraživanja sastojali su se u sledećem:

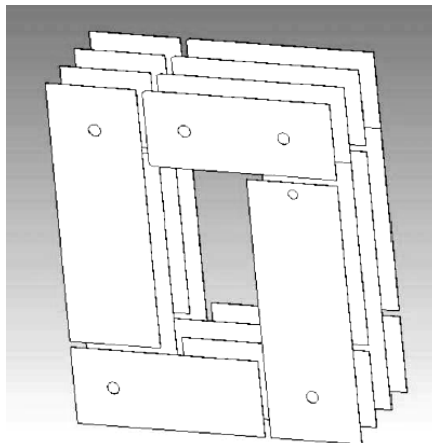
- a) za izradu elektromagneta treba upotrebiti magnetni materijal koga karakteriše visoka vrednost magnetne indukcije u oblasti zasićenja, a izolaciju namotaja izvesti materijalom koji pripada klasi F;
- b) za maksimalnu dužinu vazdušnog zazora elektromagneta magnetna indukcija treba da iznosi više od 1 T;
- c) dužina vazdušnog zazora treba da iznosi 50 mm, a širina treba kontinualno da se menja od 0 do 10 mm;
- d) magnetno rasipanje u okolini vazdušnog zazora svesti na što manju meru;
- e) elektromagnet treba da ima termičku zaštitu od preteranog zagrevanja;
- f) pogodnim izvođenjem priključnih krajeva na priključnu ploču omogućiti više različitih mogućnosti vezivanja namotaja elektromagneta.

3. KONSTRUKCIJA ELEKTROMAGNETA MOV-2

Osnovni elementi konstrukcije elektromagneta sa pokretnim jarmom MOV-2 su magnetno kolo, pokretni jaram i električno kolo (namotaj).

3.1. Magnetno kolo

Magnetno kolo elektromagneta sa pokretnim jarmom MOV-2 izrađeno je od toplo valjanog lima, čija je oznaka MT-93. Upotrebljeni limovi su debljine 0,35 mm i obostrano su izolovani lakiranjem. Dimenzije limova za jezgro (stub) su 280 x 75 x 0,35 mm³. Zbog specifičnih zahteva u pogledu oblika i funkcije jezgra neophodna je određena korekcija limova. Zato je 1/4 od ukupnog broja limova za jezgra skraćena za 65 mm. Na taj način je formirano jezgro sa stubovima nejednake visine čime je obezbeđeno da gornji pokretni jaram nesmetano klizi duž vrha kraćeg stuba. Način formiranja (pakovanja) jezgra prikazan je na slici 1.



Sl. 1. Formiranje jezgra elektromagneta

Postojanje pokretnog jarma neminovno dovodi do pojave dodatnih gubitaka zbog hrapavosti klizne površine, odnosno postojanja neželjenog vazdušnog zazora između kliznih površina. Taj problem je rešen na taj način što je pre brušenja obezbeđena kompaktnost i čvrstoća paketa limova koji čine pokretni jaram i kraći stub. To je ostvareno na taj način što su na udaljenosti 10 mm od vrha stuba limovi koji čine stub jezgra međusobno zavareni u zaštitnoj atmosferi (MAG postupak).

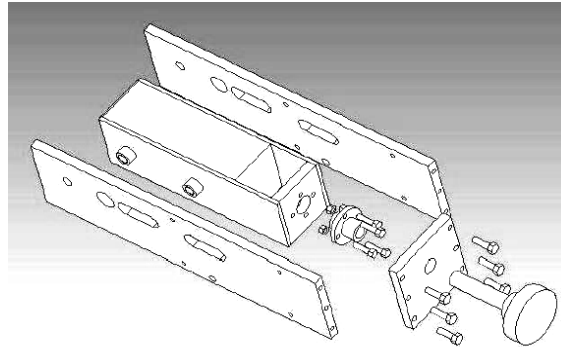
3.2. Pokretni jaram i sistem za pokretanje

Osnovni zahtev koji se postavio pred izradom pokretnog jarma sastojao se u tome što je bilo neophodno konstruisati takav mehanički sistem koji će obezbediti da u celom opsegu kretanja pokretnog jarma gornja, brušena površina kraćeg stuba, sve vreme bude priljubljena uz brušenu površinu pokretnog jarma, kako bi se otklonila opasnost od pojave vazdušnih zazora između kliznih površina.

Zbog rešavanja problema magnetnog rasipanja neophodno je da mehanički sistem za pokretanje pokretnog dela jarma bude izrađen od neferomagnetnog materijala, [6]. Zato je kao materijal za njegovu izradu izabran mesing, odnosno mesingane trake debljine 10 mm i 4 mm. Mesingane trake debljine 10 mm upotrebljene su za međusobno povezivanje stubova jezgra i istovremeno kao vodice između kojih klizi jaram. Na jednom kraju ove trake su spojene preko dodatne trake iste debljine na kojoj postoji otvor kroz koji prolazi navojno vreteno pomoću koga se vrši kontinualno pomeranje jarma.

Mesingane trake debljine 4 mm upotrebljene su za stezanje paketa limova koji čine pokretni jaram. Pomeranje pokretnog jarma radi dobijanja željene dužine vazdušnog zazora vrši se pomoću navojnog vretena na kome se nalazi točak pomoću koga se vrši ručno obrtanje vretena. Na mesinganim trakama debljine 10 mm načinjeni su otvori kružnog oblika prečnika 17 mm koji služe za povlačenje creva sa vodom koja se magnetno obrađuje, uz mogućnost da crevo zauzima optimalan, simetričan položaj u vazdušnom zazoru.

Na slici 2 prikazan je pokretni jaram sa mehanizmom za pokretanje.

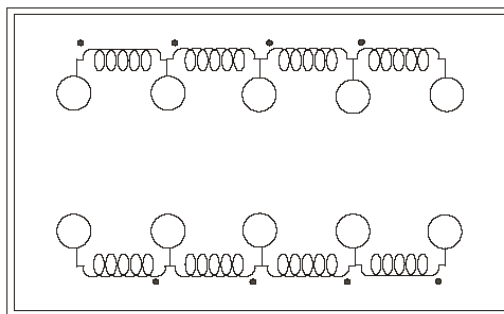


Sl. 2. Pokretni jaram sa mehanizmom za pokretanje

3.3. Električno kolo

Na osnovu matematičkog modela elektromagneta MOV-2 i izvršenih proračuna, [6], kao i specifičnih zahteva koje ovaj elektromagnet treba da ispuni, usvojeno je da gustina struje iznosi $\Delta = 1,3 \text{ A/mm}^2$ i da provodnik od koga će biti izrađen namotaj elektromagneta bude tipa TERMODUR H 180 °C L 2/5 (lakirana žica klase H) čija površina poprečnog preseka iznosi $S=0,9852 \text{ mm}^2$. Proračunom je dobijeno da je potreban broj navojaka $N=7651$, pri čemu je taj broj navojaka dobijen uz zanemarenje rasutog magnetnog fluksa i magnetnog pada napona u gvožđu magnetnog kola. Radi uzimanja u obzir i tih efekata usvojeno je da broj navojaka elektromagneta bude $N=8000$. Taj broj navojaka raspoređen je u dva polunamotaja sa po 28 sloja od kojih svaki ima po 143 navojaka. Svaki polunamotaj je montiran na po jedan stub magnetnog kola, što znači da se svaki polunamotaj sastoji od po 4000 navojaka, pri čemu je na svakih 1000 navojaka izveden poseban izvod koji je doveden do priključne ploče, čime je omogućeno kako redno ili paralelno vezivanje jednog i drugog polunamota, tako i različito povezivanje pojedinih delova polunamota.

Priključna ploča je izrađena od pertinaksa debljine 6 mm i njene dimenzije su 150 x 90 mm. Na slici 3 prikazana je šema veze delova namotaja na priključnoj ploči.



Sl. 3. Priključna ploča

Iako će pri nominalnom radu elektromagneta temperatura biti u opsegu od 60⁰C do 80⁰C, zbog činjenice da će elektromagnet MOV-2 biti korišćen u razne eksperimentalne svrhe kada može doći do znatno većeg zarenjanja, upotrebljena žica i kalemska tela (izolacija u odnosu na magnetno kolo i izolacija između dva polunamotaja) predviđeni su za mnogo više temperature. Zato je kao materijal za kalemska tela izabran vitroplast kataloške oznake „F4”, debljine 1,5 mm.

4. TERMIČKA ZAŠTITA

Korišćenje elektromagneta MOV-2 u eksperimentalne svrhe kada se zahtevaju velike vrednosti jačine magnetnog polja i magnetne indukcije može dovesti do preteranog zagrevanja i oštećenja izolacionog sistema i skraćenje njegovog veka trajanja. Zato je prilikom projektovanja i konstrukcije elektromagneta MOV-2 predviđena termička zaštita koja obezbeđuje njegovo odvajanje od izvora napajanja kada temperatura pređe zadatu vrednost. U tom smislu prilikom namotavanja u oba polunamotaja ugrađena je jedna temperaturna sonda. Temperaturne sonde čine otpornici sa pozitivnim temperaturnim koeficijentom (PTC otpornici) za temperaturu od 120⁰C koji su povezani sa odgovarajućim upravljačkim kolom koje se sastoji od niskonaponskih automatskih osigurača MC 32 6 A, dvopolnog polužnog prekidača sa signalnom sijalicom H₀, temperaturnog zaštitnog relea TZR 220 i energetskog kontaktora CNM 16.

5. KONAČNI IZGLED

Na slici 4 prikazan je konačni izgled elektromagneta sa pokretnim jarmom MOV-2 sa izvorom za napajanje.



Sl. 4. Elektromagnet MOV-2

Pored osnovnih konstrukcionih elemenata o kojima je napred bilo reči, elektromagnet je snabdeven i pomoćnim konstruktivnim elementima koji omogućavaju njegov transport i koji se vide na slici 4.

6. ZAKLJUČAK

Elektromagnet sa pokretnim jarmom MOV-2 predstavlja potpuno originalno tehničko rešenje koje omogućava magnetnu obradu vode u širokom intervalu promene vrednosti jačine magnetnog polja i magnetne indukcije. Prvenstveno je namenjen za magnetnu obradu zauljenih otpadnih voda iz stacionarnih železničkih objekata, ali se može upotrebiti i za magnetnu obradu vode radi njene dalje primene u poljoprivredi, industriji i medicini. Upotrebljeni materijal za izradu magnetnog i električnog kola omogućava rad elektromagneta sa visokim vrednostima gustine magnetnog fluksa i gustine električne struje, što mu obezbeđuje vrlo široku primenu. Konstruktivno rešenje pokretnog jarma sa mehanizmom za njegovo pokretanje omogućava kontinualnu promenu dužine zazora u kome se nalazi cev sa vodom koja se magnetno obrađuje i rešava problem magnetnog rasipanja. Ugrađena termička zaštita štiti elektromagnet od preteranog zagrevanja prilikom ispitivanja raznih ekstremnih radnih režima.

Napomena: Ovaj rad je urađen u okviru realizacije Naučno istraživačkog projekta tehnološkog razvoja br. MHT.2.08.0116B koji je finansiran od starne Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Srbije i Železničko-transportnog preduzeća Beograd.

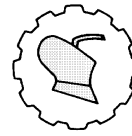
LITERATURA

- [1] Vukić M. i dr.: Istraživanje i razvoj metoda za prečišćavanje zauljenih otpadnih voda iz železničkih stacionarnih objekata u Srbiji, Projekat tehnološkog razvoja MNTR, MHT.2.08.0116.B, Beograd (2002–2004).
- [2] Klassen B.I.: Omagnichivanie vodnnih sistem, „Himia”, Moskva (1982).
- [3] Veselinović D.S., Gašparov I.A., Dolinga L.T.: Uticaj magnetne obrade rastvora na pH i provodljivost, XIII Jugoslovenski simpozijum iz elektrohemije sa međunarodnim učešćem, prošireni izvodi radova, SHD, str. 101-104, Vrnjačka Banja (1995).
- [4] Vukić M., Ercegović Đ., Vukić Đ.: Pogodnosti primene magnetisane vode u poljoprivredi, Traktori i pogonske mašine br. 3, str. 129-136, Novi Sad (2003).
- [5] Vukić Đ., Stajić Z., Vukić M.: Konstrukcije i karakteristike elektromagneta za magnetnu obradu zauljenih otpadnih voda, Poljoprivredna tehnika, br. 1/2, str. 45-52, Beograd (2002).
- [6] Milčić N.: Projektovanje izrada i ispitivanje specijalnog elektromagneta sa pomičnim jarmom, diplomski rad, Elektronski fakultet, Niš (2003).
- [7] Vukić M., Veselinović D., Rajaković L.J.: Karakteristike zauljenih otpadnih voda iz železničkih stacionarnih objekata u Srbiji, Monografija, Saobraćajni Institut CIP, Beograd (2003).
- [8] Mlakar F., Kloar I.: Mali transformatori i prigušnice, Elektrotehnički vjesnik, Ljubljana (1980).
- [9] Vukić Đ., Milčić Ž., Stajić Z.: Transformatori - Zbirka zadataka, Elektrotehnički fakultet - Priština (1996).
- [10] Stajić Z., Vukić Đ., Nikolić D., Vukić M., Veselinović D., Radovanović N., Radosavljević S., Radičević B.: Konstrukcija i ispitivanje karakteristika elektromagneta transformatorskog tipa za magnetnu obradu zauljenih otpadnih voda, Saobraćajni Institut CIP, Projekat, Knjiga 3, T 101, Beograd (2002).
- [11] Ternovcev V.E.: Magnetnie ustanovki v sistemah oborotnoga vodosnabženia, Budivelnik, Kiev (1976).
- [12] Krištoforova B.V.: Primenenie magnitnih polej v medicine, biologiji i seljskom hozjajstve, Saratovskij universitet Saratov (1978).

**ELECTRO-MAGNET WITH MOVING YOKE FOR
THE MAGNETIC TREATMENT OF WATER****Zoran Stajić, Nebojša Milčić, Marija Vukić, Đukan Vukić**

Abstract: In this paper we present basic elements of the construction of special electro-magnet MOV-2 and its characteristics. This electro-magnet is intended for the magnetic treatment of oiled waste water from stationary railway objects, as well as for the magnetic treatment of water for the purpose of making it usable in agriculture, industry and medicine. This electro-magnet represents an original technical solution which, by means of its construction, makes possible the obtaining of high values of magnetic induction and the continuous adjustment of the length of air-gap in which the tube containing the water which is being treated magnetically is located.

Key words: *electro-magnet, water, magnetic treatment, magnetic induction.*



UDK: 631.372.001.67

*Pregledni rad
Review paper*

ZNAČAJ I MOGUĆNOSTI PRIMENE SISTEMA KVALITETA PRI LABORATORIJSKIM ISPITIVANJIMA POLJOPRIVREDNIH MAŠINA

Milan Veljić, Velimir Velemir
Mašinski fakultet u Beogradu

Sadržaj: Uvođenje sistema kvaliteta pri ispitivanju poljoprivrednih mašina predstavlja jedan od osnovnih zadataka kako pri terenskim tako i pri laboratorijskim uslovima. U radu su date i analizirane mogućnosti uvođenja međunarodnog sistema kvaliteta, prema ISO standardima u rad laboratorija za ispitivanje poljoprivrednih mašina. Date su mogućnosti koje treba da doprinesu lakšem i boljem pristupanju i rešavanju ovog problema. Prednosti se odnose na standardizaciju, kako postupka ispitivanja, tako i svih relevantnih činilaca što omogućava da se dođe do traženog kvaliteta rezultata ispitivanja.

Ključne reči: *poljoprivredne mašine, sistem kvaliteta, laboratorije za ispitivanje, akreditacija, sertifikacija.*

1. UVOD

Sagledavanje potencijala industrije poljoprivrednih mašina Srbije i Crne Gore i analiza trenutnog stanja, ukazuje na očigledne finansijske probleme, ali i na mogućnost povećanja tržišta, odnosno obezbeđenje konkurentnosti na razvijenim tržištima. Posedovanje sertifikata o usklađenosti proizvoda, usluge, organizacije, procesa ili nekog drugog entiteta, sa zahtevima odgovarajućeg ISO standarda danas je međunarodno priznata garancija kvaliteta.

Paralelnim sagledavanjem potencijala i mogućnosti razvoja poljoprivrede, dolazi se do sličnih zaključaka o potrebi povećanja konkurentnosti na međunarodnom tržištu. Većina razvijenih zemalja pri uvozu hrane zahteva da bude dokazano, putem odgovarajuće dokumentacije, njeno poreklo, kvalitet i način proizvodnje- od njive do uvoza. U ovu proveru često je uključen i kvalitet tehničko tehnoloških sistema u poljoprivredi koji su korišćeni, što se prvenstveno odnosi na ispunjavanje odgovarajućih normi ISO standarda.

Uvođenje sistema menadžmenta kvalitetom, odnosno kraće sistema kvaliteta, u rad laboratorija za ispitivanje poljoprivrednih mašina, posebno u širem kontekstu akreditacije i imajući u vidu potrebu za usaglašavanjem standarda i zakonskih normi sa zemljama članicama EU, polazna je osnova za rešavanje navedenih problema.

2. POJAM I NAČINI PRIMENE SISTEMA KVALITETA

U opšte osnovne pojmove koji egzistiraju u postupku uvođenja sistema kvaliteta spadaju: **kvalitet, sistem menadžmenta i sistem menadžmenta kvalitetom**. Prema standardu JUS ISO 9000:2001, Sistemi menadžmenta kvalitetom- Osnove i rečnik:

- **kvalitet** je nivo do kojeg skup svojstvenih karakteristika ispunjava zahteve,
- **sistem menadžmenta** je sistem za uspostavljanje politike i ciljeva i za ostvarivanje tih ciljeva,
- **sistem menadžmenta kvalitetom** je sistem menadžmenta kojim se sa stanovišta kvaliteta, vodi organizacija i njome upravlja.

Pored opštih, za postupak uvođenja sistema kvaliteta mogu biti relevantni i sledeći posebni pojmovi: **akreditovanje, akreditovana pravna lica i akreditovana laboratorija**.

- **akreditovanje** je postupak u kome se kod akreditacionog tela pribavlja dokaz o osposobljenosti i kompetentnosti preduzeća i drugih pravnih lica za obavljanje poslova i zadataka sertifikacije, ispitivanja proizvoda ili kontrole usaglašenosti.

- u **akreditovana pravna lica** spadaju: sertifikaciona tela, akreditovane laboratorije i kontrolne organizacije. Akreditovana pravna lica moraju da ispunjavaju organizacione, kadrovske, tehničke i druge propisane uslove. Ti zahtevi proizilaze iz zahteva odgovarajućih ISO standarda, a ponekad se javljaju i dodatni zahtevi nacionalnih standarda, koji uzimaju u obzir i zakonsku regulativu države u kojoj akreditovano pravno lice radi.

- **akreditovana laboratorija** je laboratorija koja radi samostalno ili kao deo pravnog lica, koja je od strane akreditacionog tela ovlašćena za ispitivanje određenih proizvoda.

Rukovodstvo laboratorije za ispitivanje poljoprivrednih mašina, ili organizacije čiji je ona deo, se ako želi da uvede sistem kvaliteta saglasan međunarodnim normama, nalazi pred izborom jedne od sledeće dve mogućnosti:

- uvođenje i sertifikacija sistema kvaliteta prema zahtevima standarda JUS ISO 9001:2001 Sistemi menadžmenta kvalitetom- zahtevi,
- akreditacija laboratorije u skladu sa zahtevima standarda JUS ISO/IEC 17025:2001 Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i laboratorija za etaloniranje.

Akreditovana laboratorija ima pravo i mogućnost da po obavljenom ispitivanju izda uverenje o ispitivanju, na osnovu kojeg odgovarajuće sertifikaciono telo izdaje sertifikat za ispitivanu poljoprivrednu mašinu. Laboratorija koja poseduje sertifikovan sistem kvaliteta nema tu mogućnost, ali se obzirom na to da je uvođenje sistema kvaliteta sastavni deo procesa akreditacije laboratorije, uvođenje sistema kvaliteta prema zahtevima JUS ISO 9001:2001 može smatrati krupnim početnim korakom ka akreditaciji laboratorije. Treba međutim napomenuti da je zbog nešto drugačije strukture i obima zahteva koji se odnose na sistem kvaliteta, a koje postavljaju standardi JUS ISO 9001:2001 i JUS ISO/IEC 17025:2001, uvođenje sistema kvaliteta prema JUS ISO 9001:2001 u cilju olakšavanja kasnije akreditacije, duži put ka akreditaciji od direktnog ispunjavanja onih zahteva standarda JUS ISO/IEC 17025:2001 koji se odnose na sistem kvaliteta.

Zahtevi standarda JUS ISO 9001:2001 primenjivi su na širok spektar organizacija i to su: opšti zahtevi, zahtevi koji se odnose na dokumentaciju, zahtevi koji se odnose na odgovornost rukovodstva (gde spadaju obaveze i delovanje rukovodstva, usredsređenost

na korisnika, politika kvaliteta, planiranje, odgovornosti, ovlašćenja i komuniciranje i preispitivanja), zahtevi koji se tiču menadžmenta resursima (kao što su obezbeđenje resursa, ljudski resursi, infrastruktura i radna sredina), zahtevi koji se odnose na realizaciju proizvoda i merenje, analizu i poboljšanja. Sa druge strane, zahtevi standarda JUS ISO 17025:2001 primenjivi su samo na laboratorije i podeljeni su samo na dve velike grupe: zahtevi koji se odnose na menadžment i tehnički zahtevi. Za većinu laboratorija, odnosno njihovih rukovodilaca, značajnije je razmatranje uvođenja sistema kvaliteta kroz proces akreditacije laboratorije.

Da bi se pristupilo akreditaciji laboratorije, potrebno je najpre odrediti obim akreditacije.

3. ODREĐIVANJE OBIMA AKREDITACIJE

Obim akreditacije određuje metode ispitivanja i vrste ispitivanja koja će se obavljati u laboratoriji. Nakon orijentacionog utvrđivanja obima akreditacije, npr. ispitivanje mašina za hemijsku zaštitu bilja, treba pronaći standarde koji opisuju standardne metode ispitivanja. Na primer, za ispitivanje mašina za hemijsku zaštitu bilja, prema ISO katalogu iz 2001. godine, raspoložive su sledeće standardne metode:

- ISO 5682-1: 1996 Oprema za zaštitu bilja- oprema za prskanje, Deo 1: Metode ispitivanja rasprskivača prskalica,
- ISO 5682-2:1997 Oprema za zaštitu bilja- oprema za prskanje, Deo 2: Metode ispitivanja hidrauličkih prskalica,
- ISO 5682-3:1996 Oprema za zaštitu bilja- oprema za prskanje, Deo 3: Metode ispitivanja uređaja za podešavanje odnosa zapremina/hektar poljoprivrednih hidrauličkih prskalica,
- ISO 8524:1986 Oprema za razbacivanje pesticida i herbicida u granuliranom obliku- metode za ispitivanje,
- ISO 9898:2000 Oprema za zaštitu bilja- metode ispitivanja orošivača za zaštitu žbunastog bilja i krošnji drveća.

Ako ne postoje standardne metode za željena ispitivanja, laboratorija ima pravo da predloži i dokumentuje sopstvene, validne metode ispitivanja. Prednost imaju metode ispitivanja preuzete iz međunarodnog, regionalnog ili nacionalnog standarda, metode koje je objavila ugledna tehnička institucija, metode koje su objavljene u relevantnim naučnim radovima, tj. metode koje odredi proizvođač ispitivane mašine. Ako proizvođač predloži metodu koja se smatra zastarelom ili nepogodnom za određenu primenu, laboratorija je dužna da ga o tome zvanično obavesti.

Nacrt obima akreditacije za navedeni primer ispitivanja mašina za hemijsku zaštitu bilja može da izgleda kao što je prikazano u tabeli 1.

Tab. 1. Nacrt obima akreditacije laboratorije za ispitivanje poljoprivrednih mašina koja se bavi ispitivanjem mašina i opreme za hemijsku zaštitu bilja

Proizvodi koji se ispituju	Vrste ispitivanja/karakteristike koje se mere	Standard
Rasprskivači: nošenih, vučenih i samohodnih hidrauličkih prskalica za hemijsku zaštitu i đubrenje bilja	Ravnornost protoka rasprskivača	ISO 5682-1:1996
	Promena protoka u zavisnosti od pritiska	
	Distribucija mlaza	
	Promena protoka i distribucije zavisno od habanja	
	Ugao mlaza	
	Veličina kapi	

4. TIPSKI PLAN AKTIVNOSTI PRI AKREDITACIJI LABORATORIJE

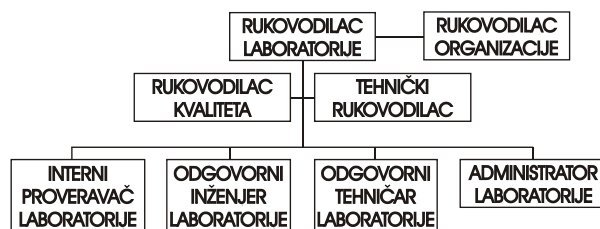
Laboratorija ili preduzeće čiji je laboratorija deo može se odlučiti da ceo postupak pripreme za akreditaciju obavi samostalno, ili da za tu svrhu unajmi jednog ili više konsultanata. Laboratorija će od konsultanta, ako ga angažuje, biti u prilici da dobije tipski plan aktivnosti za primenu standarda JUS ISO/IEC 17025:2001. Opšti gantogram tipskog plana prikazan je u tabeli 2.

Tipski plan se dalje razbija na aktivnosti i vrši se terminiranje, npr. faza broj 1 može se opisati sledećim aktivnostima: analiza ekonomske opravdanosti akreditacije, koju čine orjentacioni proračun investicionih i eksploatacionih troškova, zatim analiza naučnih i društvenih razloga za akreditovanje laboratorije i donošenje odluke o akreditaciji.

Tab. 2. Gantova karta tipskog plana aktivnosti pri radu na akreditaciji laboratorije za ispitivanje poljoprivrednih mašina

R. broj	Naziv faze	Vremenski period ¹												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1.	Izrada elaborata ekonomske, naučne, i društvene opravdanosti akreditacije	■												
2.	Podizanje nivoa svesti zaposlenih o razlozima i posledicama akreditacije	■	■											
3.	Formiranje organizacione strukture laboratorije		■	■										
4.	Izrada dokumentacije				■	■	■	■	■	■	■			
5.	Nabavka opreme i usvajanje načina etaloniranja							■	■	■	■			
6.	Implementacija i integracija svih činilaca rada uz stalne provere, praćenje i poboljšanja											■		
7.	Akreditacija kod akreditacionog tela													■

Sa aspekta uvođenja sistema kvaliteta posebno je interesantno formiranje organizacione strukture i projektovanje i izrada dokumentacije sistema kvaliteta. Na slici 1. prikazana je jedna od mogućih organizacionih struktura laboratorije, imajući u vidu zahteve standarda JUS ISO/IEC 17025:2001.



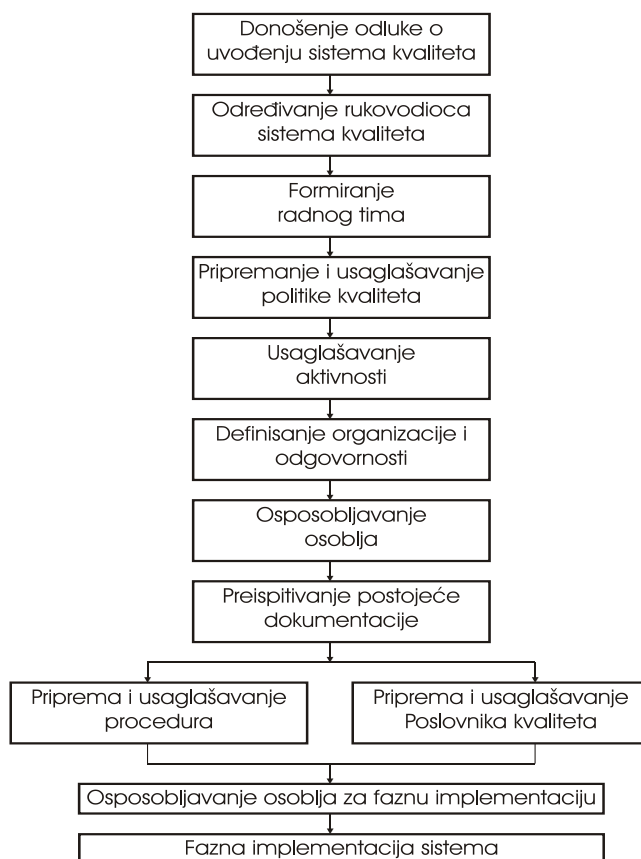
Sl. 1. Primer organizacione strukture laboratorije za ispitivanje poljoprivrednih mašina

¹ Koeficijent vremenskog perioda usvaja se primereno procenjenom obimu posla, npr. 1 jedinica = 30 dana

Formiranje organizacione strukture, u većini slučajeva može se posmatrati kao skup sledećih aktivnosti: rešavanja pitanja pravne odgovornosti (laboratorija, ili organizacija čiji je ona deo mora biti pravno lice), izbora funkcija i raspodele resursa i odgovornosti, analize razlika između postojećeg i željenog stanja, imenovanja vršilaca pojedinih funkcija, upoznavanja vršilaca funkcija sa raspoloživim resursima, obavezama i odgovornostima prema laboratoriji i klijentima i upoznavanje zaposlenih sa usvojenim metodama ispitivanja i svim zahtevima standarda i zakonske regulative koji su primenjivi na njihove funkcije.

Pri formiranju organizacione strukture treba znati da jedan zaposleni može da vrši više funkcija, ako između tih funkcija ne postoji konflikt interesa. Za sve vitalne funkcije, zbog zahteva standarda, moraju se imenovati i zamenici.

Koraci procesa uvođenja sistema kvaliteta u laboratorije za ispitivanje mogu se predstaviti šemom [1] prikazanom na slici 2.



Sl. 2. Koraci uvođenja kvaliteta u laboratoriji za ispitivanje

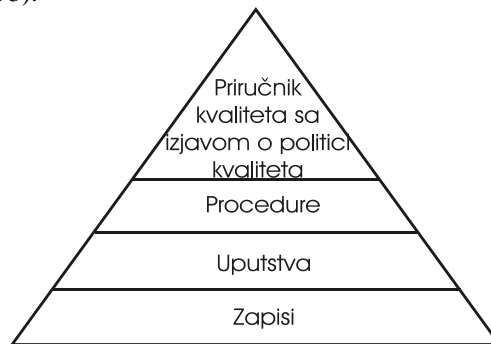
Pored već opisanog formiranja organizacione strukture laboratorije sa aspekta uvođenja sistema kvaliteta neophodno projektovati i izraditi odgovarajući sistem dokumentacije.

5. DOKUMENTACIJA SISTEMA KVALITETA

Zbog uske povezanosti dokumentacije sa osmišljenim, tj. željenim sistemom kvaliteta, uspešno sprovođenje faze izrade dokumentacije (prema tabeli 2) predstavlja jedan od najbitnijih zadataka u postupku uvođenja sistema kvaliteta u rad laboratorije.

Ako je laboratorija, ili njena matična organizacija, pre ulaska u postupak akreditacije posedovala sertifikovan sistem menadžmenta kvalitetom faza izrade dokumentacije je znatno olakšana, iako se zahtevi koji se odnose na dokumentaciju, a postavljaju ih standardi JUS ISO/IEC 17025:2001 i JUS ISO 9001:2001, razlikuju po svojoj strukturi i obimu. To praktično znači da će sistem dokumentacije koji zadovoljava uslove standarda JUS ISO 9001:2001, uz odgovarajuće izmene i dopune zadovoljiti i zahteve navedene u standardu JUS ISO/IEC 17025:2001.

Dokumentacija sistema kvaliteta može se sažeto predstaviti preko tzv. piramide dokumentacije (slika 3).



Sl. 3. Piramida dokumentacije sistema kvaliteta

Kompletan proces izrade dokumentacije može se obaviti putem sledećih aktivnosti:

1. detaljna obuka zaposlenih o dokumentaciji i obuka internih proverivača laboratorije
2. izrada matrice odgovornosti
3. izrada izjave o politici kvaliteta
4. popis postojećih procedura i uputstava odnosno aktivnosti laboratorije koje treba dokumentovati
5. izrada priručnika kvaliteta
6. izrada procedura i uputstava
7. potpuno usklađivanje dokumentacije sa zahtevima standarda
8. analiza svega sprovedenog i preduzimanje potrebnih preventivno-korektivnih mera

1. Pod detaljnom obukom o dokumentaciji podrazumeva se da zaposleni budu upućeni u vrste i nazive dokumenata koji im pri radu mogu biti potrebni, da orijentaciono poznaju sadržaj tih dokumenata, gde ih mogu naći, a potrebno je da znaju i načine zaštite (pečati, potpisi i sl.). Ako zaposleni pri radu stvaraju dokument potrebno je da poseduju odgovarajući nivo znanja o načinu na koji se dokument započinje (postojeći obrasci, tabele, ili popunjavanje praznog lista papira), stvara zaštićuje i čuva. Potrebno je odrediti koje se greške i u kojoj meri mogu, a koje se ne mogu tolerisati.

Obuka internih proverivača laboratorije obavlja se na posebnim kursevima i seminarima. Obično se ovi kursevi organizuju u prostorijama neke od organizacija koje žele da se akredituju, ili da dobiju sertifikat.

2. Matrica odgovornosti treba da bude takva da zadovoljava zahteve standarda (JUS ISO/IEC 17025, tačka 4.1.5. pod f), odnosno da prikazuje odgovornosti i ovlašćenja celokupnog osoblja koje upravlja, obavlja ili verifikuje rad koji utiče na kvalitet ispitivanja. Matricu odgovornosti za kvalitet ispitivanja sastavlja rukovodstvo laboratorije.

U većini slučajeva najcelishodnije je matricu odgovornosti predstaviti u formi tabele čije su kolone: tačka standarda u kojoj se pominje uočeni zahtev standarda koji treba zadovoljiti sa naznačenim nazivom standarda, kratak opis zahteva, odgovorna funkcija (tj. radno mesto) i prostor za komentar. Opisana forma matrice odgovornosti, odnosno njenog dela koji se odnosi na tačku 4.2 standarda JUS ISO/IEC 17025:2001 prikazana je u tabeli 3. Može se primetiti da ta tačka postavlja 3 zahteva koji su dokumentovani u matrici odgovornosti i da za zadovoljavanje pojedinih zahteva može biti i često jeste odgovorno više funkcija, ali se u tom slučaju mora nedvosmisleno označiti nosilac primarne odgovornosti.

Tab. 3. Deo matrice odgovornosti koji se odnosi na tačku 4.2 standarda JUS ISO/IEC 17025:2001

JUS ISO/IEC 17025:2001	Zahtevi- aktivnosti	Odgovornost- funkcija/radno mesto, po redosledu odgovornosti	Komentar
4.2	Sistem menadžmenta kvalitetom laboratorije: uspostavljanje, primena, održavanje i stalno poboljšavanje efektivnosti sistema kvaliteta laboratorije	- Rukovodilac kvaliteta - Rukovodilac laboratorije	Rukovodilac kvaliteta ima prvenstvenu odgovornost za ove zahteve
	Utvrđivanje politike i ciljeva kvaliteta sistema menadžmenta kvalitetom laboratorije	- Rukovodilac laboratorije (prvenstvena odgovornost) - Tehnički rukovodilac laboratorije	Saopštavanje i upoznavanje celokupnog osoblja laboratorije sa dokumentacijom sistema kvaliteta, radi sprovođenja politike, ciljeva i procedura
	Priručnik kvaliteta laboratorije	- Rukovodilac kvaliteta	Uspostavljanje, promene i održavanje priručnika kvaliteta laboratorije

3. Izjavu o politici kvaliteta sastavlja odgovorni izvršni rukovodilac laboratorije (prema zahtevu JUS ISO/IEC 17025:2001, tačka 4.2.2). Ona treba da bude kratka, a osmišljena i napisana tako da ostavlja pozitivan utisak na stranke i zaposlene u laboratoriji. Ako je laboratorija deo veće organizacije koja ima sertifikovan sistem menadžmenta kvalitetom, a samim tim i sopstvenu izjavu o politici kvaliteta, treba voditi računa o međusobnoj usklađenosti tih ciljeva i politika kvaliteta. Ciljevi kvaliteta treba da budu merljivi.

4. Pre započinjanja izrade priručnika kvaliteta, procedura i uputstava, treba pažljivo razmotriti mogućnost upotrebe ili prilagođavanja postojećih dokumenata. Moguće je da neki od dokumenata u potpunosti zadovoljavaju zahteve standarda, npr. uputstva za korišćenje merne opreme koja se koristi pri ispitivanju, koja su dobijena od proizvođača ili laboratorije za etaloniranje.

5. Priručnik kvaliteta laboratorije sa izjavom o politici kvaliteta i ciljevima kvaliteta je relativno obiman dokument koji na jasan, pregledan i zvaničan način prikazuje kompletan sistem kvaliteta laboratorije. Priručnik kvaliteta treba da posluži kao izvor informacija iz kojih klijent laboratorije može da stekne poverenje u rad laboratorije. Pored toga priručnik kvaliteta treba da posluži kao polazna osnova za proveru, preispitivanje i ocenjivanje sistema kvaliteta laboratorije. Ravnopravni nazivi koji su u upotrebi za priručnik kvaliteta su poslovnik o kvalitetu i poslovnik kvaliteta.

6. Često je pogodno uočiti grupe procedura. Kriterijumi [2] za razvrstavanje procedura prema hijerarhijskim nivoima u sistemu kvaliteta jednog poslovnog sistema su:

- vertikalna veza,
- stepen razrade (opštost),
- način pisanja,
- subjekat na koji se odnose,
- namena (funkcija).

Svaka procedura i radni dokument mora da sadrži potrebne i dovoljne podatke čiji je cilj da se obezbedi poverenje u kvalitet rada laboratorije i rezultate njenih ispitivanja u navedenoj fazi ispitivanja (na navedenom mestu ili uz učešće navedenih vršilaca funkcija) na koju se dati dokument odnosi. To znači da ne treba dokumentovati sve aktivnosti već samo one koje su od značaja za kvalitetan rad laboratorije i sticanje pomenutog poverenja.

Koncepcija pisanja procedura i radnih dokumenata može da bude takva da obezbedi unificirani izgled, a to se može postići formiranjem odgovarajućih zaglavlja i sastavnica koje će sadržati "rep" dokumenta (naziv dokumenta, broj tekuće strane sa ukupnim brojem strana, datum, mesta za pečate i potpise, priloge, napomene itd.) Mogući set procedura laboratorije dat je u tabeli 4.

Tab. 4. Spisak procedura laboratorije za ispitivanje poljoprivrednih mašina

Oznaka	Naziv procedure
PR01	Podugovaranje ispitivanja
PR02	Ocenjivanje i izbor podugovarača
PR03	Rešavanje žalbi
PR04	Upravljenje neusaglašenim ispitivanjima
PR05	Sprovođenje laboratorijskih ispitivanja
PR06	Postupak u slučaju kvara laboratorijske opreme
PR07	Uzimanje uzoraka
PR08	Rukovanje uzorcima za ispitivanje
PR09	Međulaboratorijska uporedna ispitivanja
PR10	Izveštavanje o rezultatima ispitivanja
PR11	Postupak izrade uputstava za rukovanje laboratorijskom opremom
PR12	Oblikovanje dokumenata sistema menadžmenta kvalitetom
PR13	Upravljanje dokumentima
PR14	Upravljanje zapisima
PR15	Preispitivanje od strane rukovodstva

Nastavak Tab. 4.

Oznaka	Naziv procedure
PR16	Obuka
PR17	Utvrdjivanje i preispitivanje zahteva koji se odnose na proizvode i usluge laboratorije
PR18	Proces nabavke
PR19	Ocenjivanje i izbor isporučioaca
PR20	Upravljanje mernom opremom
PR21	Obavljanje internih provera
PR22	Sprovođenje korektivnih i preventivnih mera

7 i 8. Imajući u vidu obim posla, postoji realna mogućnost da se detaljnim pregledom izrađene dokumentacije sistema kvaliteta uoče greške, odnosno međusobne neusaglašenosti između pojedinih dokumenata, ili sa zahtevima standarda. Analizu uspešnosti faze izrade dokumentacije može, na primer obaviti interni proveravač laboratorije u saradnji sa rukovodiocem kvaliteta.

6. ZAKLJUČAK

Uvođenje i primena sistema kvaliteta koji je u skladu sa međunarodnim normama u laboratoriju za ispitivanje poljoprivrednih mašina je kompleksan problem koji između ostalog iziskuje:

- projektovanje i primenu odgovarajuće organizacione strukture i sistema dokumentacije,
- specijalizaciju zaposlenih u laboratoriji za obavljanje određenih vrsta delatnosti i
- dokumentovano preuzimanje potpune i pojedinačne odgovornosti zaposlenih za obavljanje posla.

S obzirom na široko međunarodno priznavanje sertifikata o usklađenosti sa ISO standardima, očekivani rezultat uvođenja sistema kvaliteta u laboratoriju je uspostavljanje višeg stepena poverenja u rad i rezultate ispitivanja laboratorije, što će se dalje ogledati i kroz povećanje tržišta za ispitane proizvode. To se posebno odnosi na laboratorije koje sistem kvaliteta uvode u sklopu akreditovanja laboratorije.

Imajući u vidu razmotrene elemente sistema kvaliteta, treba očekivati sledeće efekte uvođenja sistema kvaliteta, na laboratoriju i društvo: bolje iskorišćenje sopstvenih potencijala, stalno ispunjenje zakonskih normi, modernizacija kroz praćenje svetskih trendova, povećanje sigurnosti zaposlenja, poboljšanje radnih uslova, povećanje morala i zadovoljstva zaposlenih i smanjenje zagađenja okoline.

LITERATURA

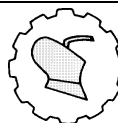
- [1] Aćamović Nikola: Kako akreditovati laboratoriju, Evropa jugoinspekt, Beograd 1994. god.
- [2] Milić Radović sa koautorima: Kako uvesti sistem kvaliteta, Kultura, Beograd 1996. god.
- [3] Vujanović Nikola sa koautorima: Priručnik seminara-kompletna uputstva za akreditovanje laboratorija prema standardu JUS ISO/IEC 17025, Q-expert international, Beograd, 2003. god.
- [4] Jean-Marie Gogue: Upravljanje kvalitetom, Poslovna politika, Beograd 1994. god.
- [5] Sistemi menadžmenta kvalitetom - Osnove i rečnik, standard JUS ISO 9000:2001, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd, 2001. god.
- [6] Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i laboratorija za etaloniranje, standard JUS ISO/IEC 17025:2001, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd 2001. god.
- [7] Oprema za zaštitu bilja - Oprema za prskanje, deo 1: Metode ispitivanja rasprskivača prskalica, standard ISO 5682-1: 1996, ISO organizacija, 1996. god.

**IMPORTANCE AND POSSIBILITIES FOR QUALITY MANAGEMENT
SYSTEM APPLYING IN LABORATORY TESTING
OF AGRICULTURAL MACHINES**

Milan Veljić, Velimir Velemir

Abstract: Quality Management System applying in process of testing agricultural machines is one of the basic tasks in both field and laboratory conditions. Possibilities for applying Quality Management System in laboratories for agricultural machines testing, according to international ISO standards are given and considered in this paper. Given possibilities should help in easier and better Quality Management System application and solving of that problem. Advantages refer to standardization of testing process and all relevant factors, which enables quality of testing results.

Key words: *agricultural machines, Quality Management System, laboratories for testing, accreditation, certification.*



Predmet i namena *Poljoprivredna tehnika* je naučni časopis koji objavljuje rezultate osnovnih i primenjenih istraživanja značajnih za razvoj u oblasti biotehnike, poljoprivredne tehnike, energetike, procesne tehnike i kontrole, kao i elektronike i informatike u biljnoj i stočarskoj proizvodnji i odgovarajućoj zaštiti, doradi i preradi poljoprivrednih proizvoda, kontroli i očuvanju životne sredine, revitalizaciji zemljišta, prikupljanju otpadaka i njihovom recikliranju odnosno korišćenju za proizvodnju goriva i sirovina.

UPUTSTVO ZA AUTORE

Zahvaljujući vam na interesovanju za časopis *Poljoprivredna tehnika* molimo vas da se obratite Uredništvu ako ova uputstva ne odgovore na sva vaša pitanja.

Četiri kopije rada treba poslati na adresu Uredništva

Časopis *Poljoprivredna tehnika*

Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku

11080 Beograd-Zemun, Nemanjina 6, P. P. 127

U prapratnom pismu ili na samom radu navesti ime autora za dalju komunikaciju: važeća adresa, broj telefona i e-pošta.

Mada svi radovi podležu recenziji za originalnost, kvalitet i verodostojnost podataka i rezultata odgovaraju isključivo autori. Podrazumeva se da rad nije publikovan ranije i da je autor regulisao objavljivanje rada s institucijom u kojoj je zaposlen.

Tip rada

Traže se originalni naučni radovi i pregledni članci. Pregledni radovi treba da daju nove poglede, uopštavanje i unifikaciju ideja u odnosu na određeni sadržaj i ne bi trebalo da budu prevashodno izvodi ranije objavljenih radova. Pored toga, traže se i preliminarni izveštaji istraživanja u formi kraćih priloga. Ova vrsta priloga mora da sadrži neka nova saznanja, metode ili tehnike koji očigledno predstavljaju nove domete u odgovarajućoj oblasti. Kratki prilozi objavljivaće se u posebnom delu časopisa. U časopisu je predviđen prostor za prikaze knjiga i informacije o naučnim i stručnim skupovima.

Rad treba da bude napisan na srpskom jeziku, po mogućstvu ćirilicom. Budući da su oblasti poljoprivredne tehnike interdisciplinarne, potrebno je da bar uvod bude pisan razumljivo za širi krug čitalaca, ne samo za one koji rade u određenoj užoj oblasti. *Naučni značaj rada i njegovi zaključci trebalo bi da budu jasni već u samom uvodu* - to znači da nije dovoljno dati samo problem koji se izučava već i njegovu istoriju, značaj za nauku i tehnologiju, specifične pojave za čiji opis ili ispitivanje mogu biti upotrebljeni rezultati, kao i osvrt na opšta pitanja na koja rad može da da odgovor. Odsustvo ovakvog prilaza može da bude razlog neprihvatanja rada za objavljivanje.

Postupak revizije

Svi radovi podležu rigoroznoj reviziji sem ako urednik ne utvrdi odmah da sadržaj rada nije prikladan za časopis. U tom slučaju se vraća autoru. Uredništvo će ulagati napore da se odluka o radu donese u periodu kraćem od dva meseca i da prihvaćeni rad bude objavljen u istoj godini kada je prvi put podnet.

Priprema rada

Rad treba da bude štampan na hartiji standardnog A4 formata, s duplim proredom. Dužina rada je ograničena na 20 a najmanje na 10 strana teksta uključujući slike, tabele, literaturu i ostale priloge. Maksimalan broj slika je 10.

Naslov - Naslov rada treba da bude kratak, opisan i da odgovara zahtevima indeksiranja. Ispod naslova navesti ime svakog od autora i ustanove u kojoj radi.

Apstrakt - U izvodu treba dati kratak sadržaj onoga šta je u radu dato, glavne rezultate i zaključke koji slede iz njih. Izvod ne treba da bude duži od polovine strane kucane s duplim proredom. U izvodu ne treba koristiti skraćenice, matematičke formule ili navode literature.

Literatura - Listu literature dati na posebnom listu i tako je s dvostrukim proredom. Reference treba da sadrže autora(e), naslov, tačno ime časopisa ili knjige i dr., broj strana od-do, izdavača, mesto i datum izdavanja.

Zahvalnice - Zahvalnice za tehničku pomoć, savet, itd. treba dati u posebnom delu na kraju rada, pre literature.

Tabele - Tabele treba brojati po redu pojavljavanja. Svaka tabela mora da ima označene sve redove i kolone, uključujući i jedinice u kojima su veličine date, da bi se moglo razumeti šta je u tabeli predstavljeno. Svaka tabela mora da bude citirana u tekstu rada.

Slike - Slike treba da budu dobrog kvaliteta uključujući oznake na njima. Sve slike mora da imaju legendu. Legende treba da budu date s dvostrukim proredom na posebnom listu. Objašnjenja simbola i merne jedinice treba da se daju u legendama slika. Sve slike mora da budu citirane u tekstu. U slučaju posebnih zahteva treba se obratiti Uredništvu. Ranije publikovane slike mogu se poslati samo ako ih prati i pismena saglasnost autora.

Matematičke oznake - Sve promenljive treba pisati kurzivom. U eksponentu treba koristiti razlomke umesto korena. Razlomke u tekstu pisati isključivo s kosom crtom a u jednačima kad god je to moguće. Jednačine obeležavati počinjući s jednačinom (1), pa dalje redom do kraja rada.

Poljoprivredna tehnika izlazi dva puta godišnje u izdanju Instituta za poljoprivrednu tehniku Poljoprivrednog fakulteta u Beogradu. Pretplata za 2003. godinu iznosi 500 dinara za institucije, 150 dinara za pojedince i 50 dinara za studente.

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

.....
Naruxbenica - pretplata

časopis

Poslati na adresu:

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku
Nemanjina 6, 11080 Beograd

**POLJOPRIVREDNA
TEHNIKA**

Molim da me uvrstite u pretplatnike vašeg časopisa za 2004. godinu. Iznos pretplate je:

500 dinara za ustanove 150 dinara za pojedince 50 dinara za studente

Ime _____

Adresa _____

Potpis _____

Zajedno sa popunjenom naruxbenicom poslati dokaz o uplati odgovarajućeg iznosa pretplate na žiro račun br. 840-1872666-79 sa naznakom - pretplata za časopis *Poljoprivredna tehnika* za 2004. god.

.....
Naruxbenica - pretplata

časopis

Poslati na adresu:

Poljoprivredni fakultet
Institut za poljoprivrednu tehniku
Nemanjina 6, 11080 Beograd

**POLJOPRIVREDNA
TEHNIKA**

Molim da me uvrstite u pretplatnike vašeg časopisa za 2004. godinu. Iznos pretplate je:

500 dinara za ustanove 150 dinara za pojedince 50 dinara za studente

Ime _____

Adresa _____

Potpis _____

Zajedno sa popunjenom naruxbenicom poslati dokaz o uplati odgovarajućeg iznosa pretplate na žiro račun br. 840-1872666-79 sa naznakom - pretplata za časopis *Poljoprivredna tehnika* za 2004. god.

.....
Za preporuku časopisa *Poljoprivredna tehnika*, popunite ovaj formular i predajte ga svojoj biblioteci.

.....
Biblioteci _____

Na osnovu proučenog sadržaja časopisa *Poljoprivredna tehnika* preporučujem ga za nabavku biblioteci.

Potpis _____

Datum _____

.....

MOGUĆNOSTI I OBAVEZE SUIZDAVAČA ČASOPISA

U određivanju fizionomije časopisa, *Poljoprivredna tehnika* pripremi sadržaja i finansiranju njegovog izdavanja, pored saradnika i pretplatnika (pravnih i fizičkih lica), značajnu podršku fakultetu daju i suizdavači - radne organizacije, preduzeća i druge ustanove iz oblasti na koje se misija časopisa odnosi.

Poljoprivredna tehnika je naučni časopis koji objavljuje rezultate osnovnih i primenjenih istraživanja značajnih za razvoj u oblasti biotehnike, poljoprivredne tehnike, energetike, procesne tehnike i kontrole, kao i elektronike i informatike u biljnoj i stočarskoj proizvodnji i odgovarajućoj zaštiti, doradi i preradi poljo-privrednih proizvoda, kontroli i očuvanju živo-tne sredine, revitalizaciji zemljišta, priku-pljanju otpadaka i njihovom recikliranju odnosno korišćenju za proizvodnju goriva i sirovina.

Prava suizdavača

Suizdavač časopisa može biti svako pravno lice odnosno građansko-pravno lice, preduzeće ili ustanova koje je zainteresovano za širenje i plasiranje informacija u oblasti poljoprivre-dne tehnike odnosno nauke, struke i drugih dela-tnosti od značaja za modernu poljoprivrednu proizvodnju i proizvodnju hrane ili modernije rečeno - za uspostavljanje i razvoj održivog lanca hrane.

Firma koja želi da postane suizdavač, uplatom, jednom godišnje, na račun izdavača sume koja je jednaka otprilike iznosu 10 godišnjih pretplata stiće sledeća prava:

- Stiće pravo na delegiranje svoga predstavnika - stručnjaka u Savet časopisa;
- U svakom broju časopisa - dodatka koji izlazi 2 puta godišnje, na oko 150 + 40 (dodatak) strana, u tiražu od 800 primeraka, ima pravo na besplatno objavljivanje po 1 cele strane svog oglasa, a jednom godišnje ta strana može da bude u punoj boji; Napominjemo ovde da cena jedne reklamno-informativne strane u punoj boji u jednom broju iznosi 4.500,00 dinara.
- Od svakog broja izašlog časopisa besplatno dobija po 3 primerka;
- U svakom broju časopisa-dodatka mu se objavljuje, puni naziv, logotip, adresa, brojevi telefona i faksa i dr., među adresama suizdavača;

- Ima pravo na besplatno objavljivanje stručno-informativnih priloga, proizvodnog programa, informacija o proizvodima, stručnih članaka, vesti i dr.;

Ovde treba reći i to da se novac izdvojen za suizdavaštvo ne oporezuje ni po jednoj osnovi.

Kako se postaje suizdavač "POLJOPRIVREDNE TEHNIKE"

Pošto firma izrazi želju da postane suizdavač, od POLJOPRIVREDNOG FAKU-LTETA dobija četiri primerka ugovora o suizdavanju potpisana i overena od strane izdavača. Nakon potpisivanja sa svoje strane, suizdavač vraća dva primerka fakultetu, posle čega prima fakturu na iznos suizdavačkog novčanog dela. Ugovor se sklapa sa važnošću od jedne (kalendarske) godine, tj. odnosi se na dva broja časopisa.

Prilikom vraćanja potpisanih ugovora suizdavač šalje uredništvu i svoju adresu, logotip, tekst oglasa i rukopise priloga koje želi da mu se štampaju, kao i ime svog predstavnika u Savetu časopisa. Na njegovo ime stižu i besplatni primerci časopisa i sva druga pošta od izdavača.

Suizdavački deo za časopis u 2003. godini iznosi 7.500,00 dinara. Napominjemo, na kraju, da suizdavački status jednoj firmi pruža moguć-nost da sa fakultetom odnosno uredništvom časopisa, razgovara i dogovara i druge poslove, posebno u domenu izdavaštva.

Naučno-stručno-informativni medijum u pravim rukama

Kada se ima na umu da časopis, sa dva obimna broja sa informativno-stručnim dodatkom, dobija blizu hiljadu firmi i pojedinaca, a da ih, prema nekim anketama uredništva, čita preko 2000 stručnjaka, treba verovati u veliku moć ovog sredstva komuniciranja sa stručnom i poslovnom javnošću.

Naš časopis stiže u ruke onih koji poznaju oblasti časopisa i njima se bave, te je svaka ponuda koju on sadrži upućena na prave osobe. Već ta činjenica osmišljava brojne napore i trajne rezultate koji stoje iza poduhvata zvanog izdavanje časopisa.

Za sva detaljnija obaveštenja o časopisu, suizdavaštvu, ugovaranju i dr., čeka da joj se obratite:

Uredništvo časopisa
POLJOPRIVREDNA TEHNIKA
Poljoprivredni fakultet,
Institut za poljoprivrednu tehniku
11080 Beograd-Zemun, Nemanjina 6, P. Fah 127
tel. (011)199-621 faks: 3163317.