ISSN 1849-0638

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS

13. SKUP O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI
13th NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

6. MEĐUNARODNI SKUP O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI
6th INTERNATIONAL NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

HEP-Group
HEP-Plin Ltd.
HR-31000 Osijek, Cara Hadrijana 7

J. J. Strossmayer University of Osijek
Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod
HR-35000 Slavonski Brod, Trg I. B. Mažuranić 2

University of Pécs
Pollack Mihály Faculty of Engineering
H-7624 Pécs, Boszorkány u. 2

PLIN2015
www.konferencija-plin.com

Suorganizatori
Co-organizers

HEP TRGOVINA d.o.o.

HERA

Uz potporu
Supported by
Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske
Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia

Osijek, 23.- 25.09.2015.

PLIN 2015

ZBRONIK RADOVA 6. MEĐUNARODNOG SKUPA O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI

PROCEEDINGS OF 6th INTERNATIONAL NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

Izdavač / Publisher: Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu

Email: plin@sfsb.hr
URL: http://www.konferencija-plin.com/

Urednici / Editors:

Pero RAOS, glavni urednik
Tomislav GALETA
Dražan KOZAK
Marija RAOS
Josip STOJŠIĆ
Zlatko TONKOVIĆ

PLIN 2015 Organizacijski odbor / PLIN 2015 Organization committee:

Marija RAOS, Hrvatska, predsjednica organizacijskog odbora
Tomislav GALETA, Hrvatska
Miroslav DUSPARA, Hrvatska
Renata ĐEKIĆ, Hrvatska
Nada FLANJAK, Hrvatska
Ismeta HASANBEGOVIĆ, BiH
Miroslav MAZUREK, Hrvatska
Ana RADONIĆ, Hrvatska
Pero RAOS, Hrvatska
Josip STOJŠIĆ, Hrvatska
Zlatko TONKOVIĆ, Hrvatska

Strukovna potpora / Professional support:

Hrvatska komora arhitekata
Hrvatska komora inženjera strojarstva
Hrvatska komora inženjera elektrotehnike
Hrvatska komora inženjera građevinarstva

Sponzori / Sponsors

PLIN 2015 Počasni odbor / PLIN 2015 Honor committee:

Ivan SAMARDŽIĆ, predsjednik, Hrvatska
Bálint BACHMANN, Mađarska
Zvonko ERCEGOVAC, Hrvatska
Perica JUKIĆ, Hrvatska
Tomislav JUREKOVIĆ, Hrvatska
Damir PEĆUŠAK, Hrvatska
Božo UDOVIČIĆ, Hrvatska

PLIN 2015 Znanstveni odbor / PLIN 2015 Scientific committee:

Dražan KOZAK, predsjednik, Hrvatska
Antun STOIĆ zamjenik pred., Hrvatska
Darko BAJIĆ, Crna Gora
Károly BELINA, Mađarska
Milorad BOJIĆ, Srbija
Ivan BOŠNJAK, Hrvatska
Aida BUČO-SMAJIĆ, BiH
Zlatan CAR, Hrvatska
Robert ČEP, Češka
Majda ČOHODAR, BiH
Ejub DŽAFEROVIĆ, BiH
Tomislav GALETA, Hrvatska
Antun GALOVIĆ, Hrvatska
Nenad GUBELJAK, Slovenija
Sergej HLOCH, Slovačka
Nedim HODŽIĆ, BiH
Željko IVANDIĆ, Hrvatska
Željka JURKOVIĆ, Hrvatska
Ivica KLADARIĆ, Hrvatska
Milan KLJAJIN, Hrvatska
Janez KOPAČ, Slovenija
Grzegors KROLCZYK, Poljska
Stanislaw LEGUTKO, Poljska
Leon MAGLIĆ, Hrvatska
Damir MILJAČKI, Hrvatska
Ferenc ORBÁN, Mađarska
Branimir PAVKOVIĆ, Hrvatska
Denis PELIN, Hrvatska
Antun PINTARIĆ, Hrvatska
Miroslav PLANČAK, Srbija
Marko RAKIN, Srbija
Pero RAOS, Hrvatska
Alessandro RUGGIERO, Italija
Aleksandar SEDMAK, Srbija
Marinko STOJKOV, Hrvatska
Igor SUTLOVIĆ, Hrvatska
Tomislav ŠARIĆ, Hrvatska
Mladen ŠERCER, Hrvatska
Damir ŠLJIVAC, Hrvatska
Vedran ŠPEHAR, Hrvatska
Zlatko TONKOVIĆ, Hrvatska
Zdravko VIRAG, Hrvatska
Nikola VIŠTICA, Hrvatska
Jurica VRDOLJAK, Hrvatska
Marija ŽIVIĆ, Hrvatska

Pozvana predavanja / Key lectures

Damir Fekete, Zlatko Tonković, Pero Raos

UTJECAJ MJERNE POGREŠKE PLINOMJERA NA OBRAČUN POTROŠNJE PLINA / THE EFFECT OF MEASUREMENT ERROR OF THE GAS METER TO THE CALCULATION OF GAS CONSUMPTION

Marija Živić, Marinko Stojkov, Dalibor Bukvić

ANALIZA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI CENTRALIZIRANOG SUSTAVA ZA PROIZVODNJU I DISTRIBUCIJU TOPLINSKE ENERGIJE / ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS OF DISTRICT HEATING SYSTEM

SADRŽAJ / CONTENTS

UTJECAJ MJERNE POGREŠKE PLINOMJERA NA OBRAČUN POTROŠNJE PLINA
D. Fekete, Z. Tonković, P. Raos 1

ANALIZA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI CENTRALIZIRANOG SUSTAVA ZA PROIZVODNJU I DISTRIBUCIJU TOPLINSKE ENERGIJE
M. Živić, M. Stojkov, D. Bukvić 11

POSTROJENJE ZA KONTINUIRANU PRERADU OTPADNOG MOTORNOG ULJA U DIZELSKO GORIVO
M. Stojčević, D. Kozak 21

REHABILITACIJA CJEVOVODNIH SUSTAVA
M.Šavar, H. Wolf, I. Sutlović 33

A NEW APPROACH IN PREVENTION OF DEPOSITS FORMATION ON THE STEAM GENERATING SURFACES
S. Vidojkovic, M. Rakin, B. Janackovic 42

IZNALAŽENJE OPTIMALNE DEBLJINE ETICS SUSTAVA
B. Perković, T. Barić, H. Glavaš 51

KOORDINACIJA ZAŠTITE FOTONAPONSKE ELEKTRANE SNAGE 500 KW NA DISTRIBUCIJSKU MREŽU
S. Nikolovski, G. Knežević, A.Wolf 58

REVIZIJA NORME ISO 9001:2015
L. Maglić, O. Maglić 69

EDUKACIJA U SVRHU IMPLEMENTACIJE TEHNIČKE REGULATIVE
H. Škufca, J. Osmanković 76

ULOGA UTILIZATORA U POSTIZANJU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI
T. Grizelj, J. Hrnjica Bajramović 86

RAZVOJ PLINIFIKACIJE I DOPRINOSI ENERGETSKOJ STABILNOSTI U SLAVONSKOJ REGIJI - 40 GODINA HEP PLINA D.O.O. OSIJEK
Z. Tonković, M. Ivanović 94

METODOLOGIJA IZRAČUNA EMISIJE UGLJIKOVOG DIOKSIDA
D. Tumara, I. Sutlović, P. Raos 108

ZAVARIVANJE POLIMERNIH MATERIJALA U STRUJI VRUĆEG ZRAKA
M. Horvat, K. Pisačić, P. Raos, I. Samardžić 118

MALA HIDROELEKTRANA (MHE) „PLETERNICA“
Mihael Bošnjak, M. Stojkov, D. Šljivac, D. Topić, A. Čikić, D. Pelin 131

KNOW HOW RJEŠENJA ZA EFIKASNO ISKORIŠTENJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE KROZ ENERGETSKU EFIKASNOST/UČINKOVITOST
J. Hrnjica Bajramović, T. Grizelj 140

PRAVNI TEMELJI GOSPODARENJA PLINOM
S. Franjić 148

RAČUNALNA IZRADA DIJAGRAMA CJEVOVODA I INSTRUMENTACIJE
D. Štrbac, T. Galeta 155

KORIŠTENJE PRIRODNOG PLINA U SLAVONIJI I BARANJI OD 1972. DO 2014. GODINE
M. Ivanović, Z. Tonković 165

ENERGETSKI UČINCI KORIŠTENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE PRI INTENZIVNOJ PROIZVODNJI POVRĆA U PLASTENICIMA
A. Čikić, Z. Janković, M. Stojkov, R. Končić, B. Hršak 183

RENEWABLE ENERGY SUPPORT SCHEMES – FOR ENVIRONMENT AND/OR FOR INVESTORS?
V. Varjú 193

FRICTION IN METAL MICROFORMING
B. Grizelj, D. Grizelj 203

PRIMJENA PLAZMA TEHNOLOGIJE U POSTUPCIMA BOJADISANJA TEKSTILA
S. Ercegović Ražić, J. Peran, A. Sutlović 212

KAKO SAZNAJEMO I KOLIKO ZNAMO O ENERGIJI, PRIRODNOM PLINU I OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE?
K. Hornung, M. Stojkov, E.Hnatko, M.Hornung 220

USPOREDBA APROKSIMACIJA RAZNIH REGRESIJSKIH MODELA PRI PROGNOZIRANJU POTROŠNJE PRIRODNOG PLINA
I. Svalina, G. Šimunović, K. Šimunović, T. Šarić, R. Lujić, D. Pezer, S. Havrlišan 229

LOKALNI ZAHTJEVI PRIMJENE STANDARDNE SOFTVERSKE APLIKACIJA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI KORIŠTENJA ENERGIJE MALIH VODOTOKA
Em. Trožić, En. Trožić, Ed. Smajić 239

MODELIRANJE KONTAKTA KLIZNIH POVRŠINA I PODZEMNOG VODOOPSKRBNOG CJEVOVODA
Ed. Smajić, Em. Trožić, En. Trožić 246

PRIMJENA TELEMETRIJSKIH MODULA U NADZORU VODOOPSKRBNIH SUSTAVA
En. Trožić, Em. Trožić, Ed. Smajić 252

PROVOĐENJE VELIKIH RIJEČNIH VODA
S. Maričić 261

IZRADA INTERNIH NORMATIVA VREMENA I MATERIJALA
D. Vidaković, V. Moser, I. Gušić 273

PREDNOSTI PRIMJENE SCRUM AGILNE METODOLOGIJE SOFTVERSKOG INŽENJERINGA I UPRAVLJANJA IT PROJEKTIMA U KJKP SARAJEVOGAS D.O.O.
J. Dizdarević, V. Karahodžić 287

UNAPRIJEĐENJE ODNOSA SA PRIVREDNIM SUBJEKTIMA (UGOVORNI IZVOĐAČI) KROZ USPOSTAVU I VOĐENJE CENTRALNOG ELEKTRONSKOG REGISTRA UGI
J. Dizdarević, M. Halilagić 296

Utjecaj mjerne pogreške plinomjera na obračun potrošnje plina

The effect of measurement error of the gas meter to the calculation of gas consumption

D. Fekete[1*], Z. Tonković[2], P. Raos[3]

[1]HEP-Plin d.o.o., Osijek, Hrvatska
[2]HEP-Plin d.o.o., Osijek, Hrvatska
[3]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: damir.fekete@hep.hr

Sažetak

Prirodni plin postao je jedan od važnijih energenta modernog doba. Plinovodni sustavi provode plin od nalazišta do krajnjeg korisnika, mjerila protoka i njihova točnost važni su čimbenici u tim sustavima. U radu se istražuju pogreške mjerenja kod mjerila s mjehovima veličine G4. Ispitivanje je provedeno na plinomjerima koji su instalirani na kućanstvima na području grada Osijeka, plinomjeri su podijeljeni u dvije grupe ovisno o proizvođaču. Statističkom obradom ispitan je utjecaj tipa mjerila, starosti mjerila, stanja brojčanika te ispitnih protoka na mjernu pogrešku. Utvrđeno je da je najutjecajnija varijabla na iznos mjerne pogreške tip plinomjera. Istraživanje pokazuje kako plinomjer tipa 2 ima manju pogrešku od plinomjera tipa 1.

Abstract

Natural gas has become one of the most important energy source of the modern era. Gas transmission systems carry out gas from the site to the end user, flow meters and their accuracy are important factors in these systems. This paper examines the measurement error in measuring bellows size G4. Testing was conducted on a gas meter installed in households in the city of Osijek, gas meters are divided into two groups depending on the manufacturer. Statistical analysis examined the impact of measuring type, age scale, face status and test the flow measurement error. It was found that the most influential variable in the amount of measurement error type gas meter. Research shows that the gas meter type 2 has a lower error of the gas meter type 1.

Ključne riječi: mjerna pogreška, plin, plinomjer

1. Uvod

Dobavu prirodnog plina od nalazišta do potrošača omogućavaju složene mreže plinovoda, od magistralnih do distribucijskih, podzemna skladišta te redukcijske i mjerno-redukcijske stanice. Važan dio svakog plinovodnog sustava su mjerni uređaji (mjerila protoka), turbinski, rotacijski, ultrazvučni, membranski. Zakonita mjerila koja se rabe moraju udovoljavati

mjeriteljskim propisima, biti ispitana, ovjerena i označena propisanim oznakama odnosno imati potvrdu o umjeravanju (Measurement Instrument Device, MID, MI-002) [1]. Za mjerenje potrošnje prirodnog plina u kućanstvima već nekoliko desetljeća koriste se membranski plinomjeri veličine G4.
U eksperimentalnom dijelu ovog rada izvršeno je ispitivanje mjerne pogreške membranskih plinomjera veličine G4 na uzorku od 240 plinomjera, u pet vrijednosti protoka.

2. Opis mjerne opreme

Ispitivanje uzoraka obavljeno je u HEP-ODS d.o.o. u Osijeku u ovlaštenom servisu broj O.S. 396. Pri tome je korištena ispitna stanica BPG-R SONICAL SN G4 proizvođača „*Actaris contadores calibration equipment division*“, Spain (slika 1). Uređaj kao referentno mjerilo protoka koristi sustav kritičnih sapnica. Svaka kritična sapnica mora udovoljavati uvjetu da protoci određeni nakon ispitivanja sapnica ne smiju odstupati više od ±0,5 % od srednje vrijednosti protoka za tu sapnicu [2].

Slika 1. Ispitna stanica BPG-R SONICAL SN G4 [3]

Ispitni fluid je zrak koji se usisava kroz ispitivane plinomjere i kritične sapnice pomoću vakuum pumpe. Tijekom laboratorijskog ispitivanja ispitna stanica ostvaruje potrebne protoke od Q_{min} do Q_{max}, te vrši usporedbu obujma izmjerenog plinomjerom i obujma izmjerenog sustavom kritičnih sapnica. Uzimajući u obzir podatke o temperaturi i tlaku na ispitivanim plinomjerima i referentnom sustavu, računa se pogreška mjerenja plinomjera i pripadajuće mjerne opreme.
Ako se uspostavi dovoljno velik pad tlaka kroz sapnicu, dolazi do stvaranja kritičnih uvjeta strujanja, kritični uvjeti uspostavljaju se na ušću sapnice. Kod kritičnih uvjeta brzina strujanja kroz ušće sapnice jednaka je brzini zvuka prostrujavanog plina. U tom slučaju dolazi do zagušenja ušća. Maseni protok tada postiže maksimalnu vrijednost za dane ulazne uvjete bez obzira na daljnje povećanje pada tlaka kroz sapnicu. [4]

2.1 Opis uzoraka za ispitivanje

Za ispitivanje su odabrani membranski plinomjeri veličine G4 dva proizvođača mjerne opreme koji su najzastupljeniji na hrvatskom tržištu. Svi ispitivani plinomjeri su bili montirani na kućnim mjerno-regulacijskim stanicama potrošača iz kategorije kućanstva na području grada Osijeka. Kriteriji za izbor uzoraka bili su: proizvođač plinomjera te broj godina koje je odabrani plinomjer proveo u eksploataciji. Ukupno 240 uzoraka podijeljeno je u dvije jednake grupe, dva proizvođača plinomjera (tablica 1). Svaka grupa podijeljena je u osam podgrupa

po 15 uzoraka tako da su uzorci prve podgrupe bili godinu dana u eksploataciji, druge podgrupe dvije godine i tako redom do osam godina, koliko iznosi ovjerno razdoblje za membranski tip plinomjera veličine G4.

Tablica 1. Podjela uzoraka za ispitivanje

R. Br.	Grupa 1- tip1	Oznaka	Komada
1.	Podgrupa 1	T1-1	15
2.	Podgrupa 2	T1-2	15
3.	Podgrupa 3	T1-3	15
4.	Podgrupa 4	T1-4	15
5.	Podgrupa 5	T1-5	15
6.	Podgrupa 6	T1-6	15
7.	Podgrupa 7	T1-7	15
8.	Podgrupa 8	T1-8	15
			120

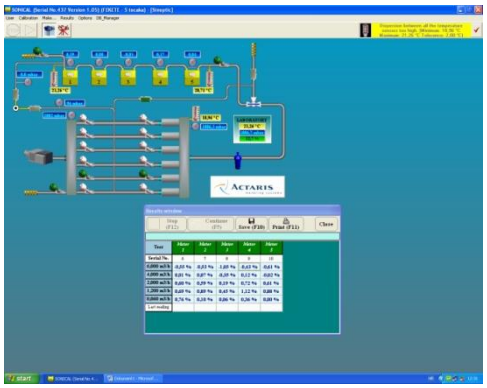
R. Br.	Grupa 2-tip2	Oznaka	Komada
1.	Podgrupa 1	T2-1	15
2.	Podgrupa 2	T2-2	15
3.	Podgrupa 3	T2-3	15
4.	Podgrupa 4	T2-4	15
5.	Podgrupa 5	T2-5	15
6.	Podgrupa 6	T2-6	15
7.	Podgrupa 7	T2-7	15
8.	Podgrupa 8	T2-8	15
			120

Prije samog početka ispitivanja mjerne pogreške potrebno je u protokolu umjeravanja, koji se nalazi unutar programske podrške SONICAL, definirati mjerne protoke odnosno točke u kojima će se ispitivati mjerna pogreška plinomjera. Kako je to propisano [5] membranski plinomjeri G4 se ispituju u uobičajene tri točke protoka: Q_1= 60 l/h, Q_2= 0,2 Q_{max}= 1200 l/h i Q_3=Q_{max}= 6000 l/h.

Za ispitivanje uzoraka odabrano je 5 karakterističnih točaka protoka kako bi se što bolje pokrilo cijelo mjerno područje plinomjera i to: Q_1 = 0,06 m^3/h (60 l/h), Q_2 = 1,2 m^3/h (1200 l/h), Q_3 = 2 m^3/h (2000 l/h), Q_4 = 4 m^3/h (4000 l/h), Q_5 = 6 m^3/h (6000 l/h) to je ujedno i maksimalni protok koji plinomjer veličine G4 može registrirati.

3. Ispitivanje uzoraka

Pokretanjem definiranog mjernog protokola počinje postupak ispitivanja mjerne pogreške plinomjera i to tako da se prvo aktivira sapnica nazivnog protoka 6 m^3/h , nakon toga 4 m^3/h pa sve do 0,06 m^3/h. Nakon svakog od definiranih protoka program bilježi rezultate ispitivanja u tablicu (slika 2).



Slika 2. Ekranski prikaz ispitivanja i tablični prikaz mjerne pogreške [3]

Rezultati dobiveni ispitivanjem mjerne pogreške plinomjera uvršteni su u tablice (tablica 2) koje su kasnije korištene za statističku obradu rezultata ispitivanja. Takvih tablica je osam za svaki tip plinomjera.

Tablica 2. Ispitni rezultati i podaci o ispitivanim uzorcima za tip 1

Tip 1-Tablica 1, godina umjeravanja 2013.				Ispitni protoci [l/h]				
Red. br.	Oznaka uzorka	Tvornički broj	Stanje brojčanika [m^3]	60	1200	2000	4000	6000
1.	T1-1-1	30621825	02218	-2,55	-0,79	-0,97	-1,57	-1,78
2.	T1-1-2	30623676	00690	-1,49	-0,73	-0,64	-0,37	-0,75
3.	T1-1-3	30620493	00165	-1,56	-1,34	-1,13	-1,48	-0,86
4.	T1-1-4	30915073	00530	-1,64	-0,66	-0,86	-1,19	-1,55
5.	T1-1-5	30620497	00087	-1,09	-0,65	-0,85	-1,19	-0,88
6.	T1-1-6	30915798	01466	-1,85	-0,78	-0,77	-1,10	-1,45
7.	T1-1-7	30915797	01287	-2,19	-1,12	-1,04	-1,09	-1,62
8.	T1-1-8	30915796	01304	-1,10	-1,28	-1,05	-1,29	-1,83
9.	T1-1-9	30915802	01251	-2,49	-1,84	-2,10	-2,34	-2,58
10.	T1-1-10	30624133	01481	-2,48	-0,47	-0,70	-0,74	-0,53
11.	T1-1-11	30915812	00892	-2,43	-1,68	-1,72	-1,95	-2,75
12.	T1-1-12	30623698	00888	-1,73	-0,33	-0,59	-0,54	-0,64
13.	T1-1-13	30621574	02873	-2,63	-1,20	-1,07	-0,95	-1,39
14.	T1-1-14	30623660	00888	-0,62	0,52	0,02	-0,30	-0,59
15.	T1-1-15	30915074	00589	-1,93	-0,68	-0,52	-1,27	-1,64

4. Analiza rezultata ispitivanja

Za obradu podataka korišten je programski alat StatSoft Statistica, inačica 12.5. Ulazne varijable su: Tip plinomjera, Godina starosti, Stanje brojčanika i Protok. Izlazna varijabla je Pogreška (mjerna pogreška plinomjera). Prvo su primjenom deskriptivne statistike opisane karakteristike promatranih varijabli. Nakon toga ispitane su međusobne zavisnosti mjerne pogreške kao izlazne varijable te tipa plinomjera, godina starosti plinomjera, stanja brojčanika i protoka kao ulaznih varijabli. Navedena ispitivanja prvo su obavljena na kompletnom uzorku koji obuhvaća plinomjere (TIP 1 i TIP 2), a nakon toga posebno za grupu uzoraka TIP 1 i posebno za grupu uzoraka TIP 2.

4.1 Rezultati ispitivanja uzoraka za oba tipa plinomjera

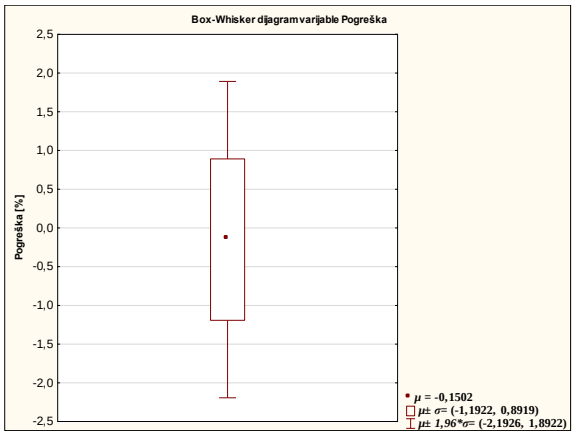
Deskriptivnom statistikom opisane su karakteristike promatranih varijabli za uzorke oba tipa plinomjera (tablica 3).

Tablica 3. Deskriptivna statistika promatranih varijabli za oba tipa plinomjera

R. br.	Naziv varijable	Opis varijable	Tip varijable	Deskriptivna statistika
1.	Tip plinomjera	Tip plinomjera (proizvođač)	kategorijalna numerička varijabla, 1=Tip 1, 2=Tip 2	1= 600 (50%), 2= 600 (50%)
2.	Godina starosti	Godina starosti uređaja, tj. broj godina nakon umjeravanja	kontinuirana numerička varijabla	μ= 4,5 *min*= 1 *max*= 8 σ=2,2922
3.	Stanje brojčanika	Stanje brojčanika [m^3]	kontinuirana numerička varijabla	μ=6163,338 *min*= 87 *max*=28470 σ= 5034,351

4.	Protok	Protok plina [l/h]	diskretna numerička varijabla, vrijednosti: 60, 1200, 2000, 4000, 6000	*μ*= 2652,00 60= 240 (20%) 1200= 240 (20%) 2000= 240 (20%) 4000= 240 (20%) 6000= 240 (20%)
5.	Pogreška (izlazna varijabla)	Pogreška u izmjeri potrošnje plina [%]	kontinuirana numerička varijabla	*μ*= -0,150183 *min*= -6,83000 *max*= 3,17 *σ*= 1,042

Kod kontinuiranih varijabli promatrane su: aritmetička sredina (*μ*), minimum (*min*), maksimum (*max*) i standardna devijacija (*σ*), dok su kod kategorijalnih varijabli promatrane frekvencije (broj i %) pojedine kategorije u uzorku.



Slika 3. Box-Whisker-ov grafikon za varijablu Pogreška za oba tipa plinomjera

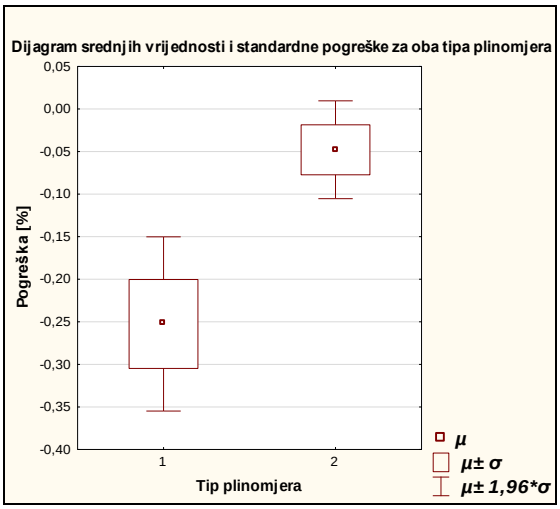
Iz grafikona na slici 3 vidljiva je aritmetička sredina za varijablu pogreška dobivena na uzorcima za oba tipa plinomjera i interval povjerenja u rezultat na razini 68%, što bi značilo da se sa sigurnošću od 68% može tvrditi da će pogreška na cijelom ispitivanom uzorku iznositi između -1,19 i 0,89. Isto tako interval povjerenja na razini vjerojatnosti 95 % garantira da će se mjerna pogreška pojaviti u rasponu od -2,19 do 1,89.

Kako bi se provjerila zavisnost mjerne pogreške i tipa plinomjera, najprije je napravljen t-test [6] za nezavisne uzorke s pomoću kojeg je testirana hipoteza da je srednja vrijednost pogreške kod plinomjera tipa 1 jednaka srednjoj vrijednosti pogreške kod plinomjera tipa 2. T-test je pokazao da postoji značajna statistička razlika između srednjih vrijednosti pogreške kod plinomjera tipa 1 i plinomjera tipa 2 ($p < 0,05$). Srednje vrijednosti pogrešaka za plinomjere tip 1 i tip 2 dane su u tablici 4.

Tablica 4. Srednje vrijednosti pogrešaka kod plinomjera tip1 i tip2

	Deskriptivna statistika na uzorku *N* = 1200 za plinomjere tip 1 i tip 2				
Tip plinomjera	Pogreška Aritm.sred.	Povjerenje -95,000 %	Povjerenje +95,000 %	Pogreška *N*	Pogreška Std.Dev.
1	-0,252483	-0,355052	-0,149915	600	1,279271
2	-0,047883	-0,105480	0,009713	600	0,718366
Ukupno	-0,150183	-0,209201	-0,091165	1200	1,042050

Box-Whisker dijagram (slika 4) pokazuje srednje vrijednosti i standardne pogreške posebno kod plinomjera tipa 1 i plinomjera tipa 2.



Slika 4. Box-Whisker dijagram srednjih vrijednosti i Pogreške za oba tipa plinomjera

Ispitivanjem zavisnosti pogreške i tipa plinomjera može se zaključiti da postoji značajna razlika između srednjih vrijednosti pogrešaka kod ova dva tipa plinomjera te da tip plinomjera značajno utječe na vrijednost mjerne pogreške. Srednja vrijednost pogreške je kod plinomjera tip 2 manja u apsolutnoj vrijednosti pa se može zaključiti da su i pogreške mjerenja znatno manje, a ima i manji interval povjerenja što znači veću sigurnost u očekivanu srednju vrijednost odnosno bolju pouzdanost u praksi.

Ispitivanjem zavisnosti [7] pogreške i ostalih varijabli može se zaključiti da postoji slaba linearna povezanost između starosti plinomjera i pogreške, između stanja brojčanika i pogreške te između protoka i pogreške.

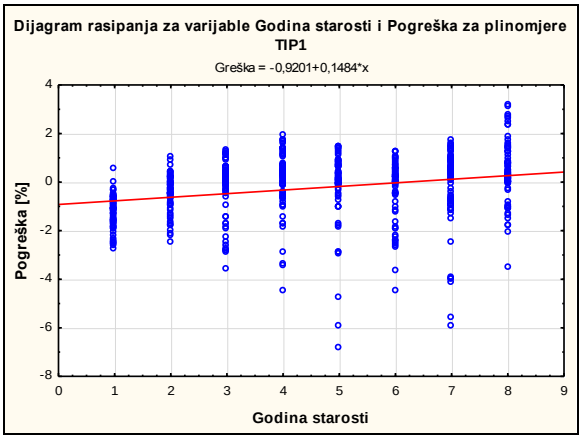
4.2 Rezultati ispitivanja uzoraka tip 1

Deskriptivnom statistikom opisane su karakteristike promatranih varijabli za uzorke plinomjera tipa 1. Rezultati su prikazani u tablici 5.

Tablica 5. Deskriptivna statistika promatranih varijabli za plinomjere TIP1

R.br.	Naziv varijable	Opis varijable	Tip varijable	Deskriptivna statistika
1.	Godina starosti	Godina starosti uređaja, tj. broj godina nakon umjeravanja	kontinuirana numerička varijabla	μ= 4,5 *min*= 1 *max*= 8 σ= 2,2932
2.	Stanje brojčanika	Stanje brojčanika [m3]	kontinuirana numerička varijabla	μ= 5764,792 *min*= 87 *max*= 23789 σ=4667,360
3.	Protok	Protok plina [l/h]	diskretna numerička varijabla, vrijednosti: 60, 1200, 2000, 4000, 6000	60= 120 (20%) 1200= 120 (20%) 2000= 120 (20%) 4000=120 (20%) 6000= 120 (20%)
4.	Pogreška (izlazna varijabla)	Pogreška u izmjeri potrošnje plina [%]	kontinuirana numerička varijabla	μ= -0,252483 *min*= -6,83 *max*= 3,17 σ= 1,2792

Sa slike 5 je vidljivo da s porastom godina starosti postoji određeni rast pogreške mjerenja, koji se može predstaviti određenim linearnim trendom, no da postoje odstupanja od linearnog kretanja. Sa iste slike se vidi da je kod novijih uređaja (koji su stari samo 1-4 godine) pogreška više u negativnim vrijednostima, kod uređaja koji su stari 5 godina srednja vrijednost greške je oko 0, dok se kod starijih uređaja (starih 6-8 godina) srednja vrijednost pogreške kreće u pozitivnim vrijednostima.



Slika 5. Dijagram rasipanja za varijable Godina starosti i Pogreška za plinomjere TIP 1

T-test je pokazao da ne postoji značajna statistička razlika pogreške plinomjera kod različitih godina starosti.

Usporedbom zavisnosti pogreške i stanja brojčanika može se zamijetiti da je pogreška uglavnom u intervalu [-2, 2] kod stanja brojčanika 0 do 10.000 m^3.

Usporedbom varijabli pogreška i protok vidljivo je da su kod minimalnih protoka pogreške pretežito u negativnom području, dok kod većih protoka pogreške imaju više pozitivne vrijednosti.

Iz navedenog se može zaključiti [7]:

- da postoji slaba linearna veza između starosti plinomjera i pogreške, ali da se pogreške ne razlikuju značajno kod plinomjerima sa različitim godinama starosti,
- da postoji slaba pozitivna linearna veza između stanja brojčanika i pogreške i između protoka i pogreške, ali da se pogreške ne razlikuju značajno kod različitih protoka.

4.3 Rezultati ispitivanja uzoraka tip 2

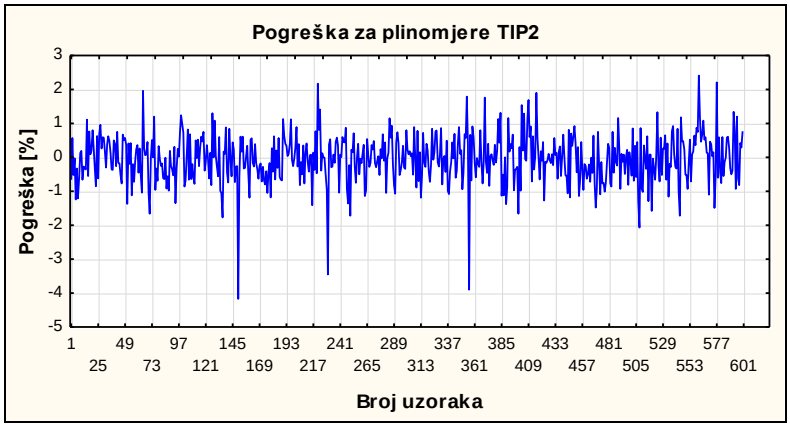
Deskriptivnom statistikom opisane su karakteristike promatranih varijabli za uzorke plinomjera tipa 2 i prikazane su u tablici 6.

Tablica 6. Deskriptivna statistika promatranih varijabli za plinomjere TIP 2

R.br.	Naziv varijable	Opis varijable	Tip varijable	Deskriptivna statistika
1.	Godina starosti	Godina starosti uređaja, tj. broj godina nakon umjeravanja	kontinuirana numerička varijabla	μ= 4,5 *min*= 1 *max*= 8, σ= 2,2932
2.	Stanje brojčanika	Stanje brojčanika [m3]	kontinuirana numerička varijabla	μ= 6561,883 *min*= 134 *max*= 28470 σ= 5350,629

3.	Protok	Protok plina [l/h]	diskretna numerička varijabla, vrijednosti: 60,1200, 2000,4000, 6000	60= 120 (20%), 1200= 120 (20%), 2000= 120 (20%), 4000= 120 (20%), 6000= 120 (20%) μ= 2652,00, σ= 2112,594
4.	Pogreška (izlazna varijabla)	Pogreška u izmjeri potrošnje plina [%]	kontinuirana numerička varijabla	μ= - 0,047883 *min*= -4,17 *max*= 2,41 σ= 0,718366

Kod kontinuiranih varijabli promatrane su: aritmetička sredina (μ), minimum (*min*), maksimum (*max*) i standardna devijacija (σ). Srednja vrijednost pogreške na ispitivanom uzorku za plinomjere tip 2 iznosi -0,048, što je znatno manje u odnosu na vrijednost pogreške -0,252 koja je izmjerena na ispitivanom uzorku za plinomjere tip 1.



Slika 6. Linijski grafikon varijable Pogreška za plinomjere TIP 2

Na slici 6 prikazan je linijski grafikon vrijednosti varijable Pogreška na ispitivanom uzorku za plinomjere tip 2 u 600 ispitnih točaka. Iz dijagrama je vidljivo da se većina vrijednosti kreće u intervalu od -1 do +1 %, vidljivo je i nekoliko ekstremnih odstupanja u minus područje do -4,17% te u plus područje do +2,41 %. Aritmetička sredina na tom uzorku iznosi -0,048.
Ispitivanjem zavisnosti pogreške i godina starosti može se zaključiti da su kod novijih plinomjera odstupanja više u negativnim vrijednostima dok su kod plinomjera u drugoj polovini ovjernog razdoblja odstupanja više u pozitivnim vrijednostima. T-test je pokazao da postoji statistički značajna razlika između pogrešaka i godina starosti plinomjera.
Usporedbom zavisnosti pogreške i stanja brojčanika vidljivo je da su području od 0 do 5.000 m^3 mjerne pogreške podjednako raspoređene u pozitivnom i negativnom području dok je u području od 5.000 do 20.000 m^3 više pozitivnih pogrešaka.
Usporedbom varijabli pogreška i protok vidljivo je da je većina pogrešaka u intervalu od -2 do 2 % te da postoji blagi rast pogreške s povećanjem protoka. Kod malog protoka (60 l/h) najviše je negativnih vrijednosti mjernih pogrešaka. T-test je pokazao da postoji statistički značajna razlika između pogrešaka kod različitih protoka.
Iz navedenog se može zaključiti [7]:

- da postoji slaba linearna veza između starosti plinomjera i pogreške, ali da se pogreške ne razlikuju značajno kod plinomjera sa različitim godinama starosti,
- da postoji slaba pozitivna linearna veza između stanja brojčanika i pogreške i između protoka i pogreške, te da se pogreške razlikuju značajno kod različitih protoka,
- da postoji slaba negativna linearna veza između protoka i pogreške, te da se pogreške kod različitih protoka značajno razlikuju.

5. Zaključak

Ako se uzme da je aritmetička sredina srednja vrijednost pogreške mjerenja odabranog tipa plinomjera, kroz svih osam godina radnog vijeka plinomjera između dva umjeravanja, onda možemo izračunati kolika je vrijednost pogreške mjerenja izražena kroz količinu isporučenog prirodnog plina.

Apsolutna vrijednost pogreške kod plinomjera tipa 2 manja od apsolutne vrijednosti pogreške kod plinomjera tipa 1, ali da je i interval povjerenja na razini 95% u pogrešku kod plinomjera tipa 2 manji, što znači da se sa 95% sigurnošću može tvrditi da će pogreška kod plinomjera tipa 2 biti između -0,11 i 0,01. Kod plinomjera tipa 1 interval povjerenja je veći, i kod tog plinomjera se sa 95% sigurnošću može reći da će srednja vrijednost pogreške biti između -0,36 i -0,15. S obzirom da je povoljnije u praksi imati manji interval povjerenja, jer on znači veću sigurnost u očekivanu srednju vrijednost, može se reći da je očekivana srednja vrijednost izvjesnija kod plinomjera tipa 2, pa je on pouzdaniji.

Ako su nam poznati podaci o godišnjim potrošnjama prirodnog plina za kategoriju domaćinstvo za svaku kalendarsku godinu od 2006. do 2013. po tipovima membranskih plinomjera na cijelom distribucijskom području HEP-Plina moguće je mjernu pogrešku plinomjera izraziti kroz količinu obračunatog prirodnog plina. Iz tablice 5.1 vidljivo je da konzum preko plinomjera TIP1 u 8 godina iznosi 231.834.275 m^3, a kod plinomjera TIP2 209.246.056 m^3. Udjel prirodnog plina koji se isporuči potrošačima u kategoriji domaćinstvo preko plinomjera TIP1 i TIP2 zajedno u odnosu na sveukupnu količinu plina za sva plinska mjerila iznosi 36,67 %.

Tablica 7. Prosječna pogreška mjerenja kroz osam godina

Potrošnja preko plinomjera u 8 godina [m^3]	TIP 1	TIP 2
	231.834.275	209.246.056
Prosječna pogreška (aritmetiča sredina) [%]	-0,252483	-0,047883
Ukupno prosječna pogreška [m^3]	-585.342,13	-100.193,29
Ukupno prosječna pogreška € (0,5 €/m^3)	-292.671,07	-50.096,64
Interval prosječne pogreške (p<0,05) [%]	-0,36	-0,11
	-0,15	0,01
Interval prosječne pogreške (p<0,05) [m^3]	-834.603,39	-230.170,66
	-347.751,41	20.924,61
Interval prosječne pogreške (p<0,05) [€]	-417.301,69	-115.085,33
	-173.875,71	10.462,30

U tablici 7 prikazani su rezultati prosječnih pogrešaka (aritmetička sredina svih pogrešaka izmjerenih na uzorcima za odabrani tip plinomjera) dobiveni deskriptivnom statistikom

izlazne varijable Pogreška. Za plinomjere tip1 prosječna pogreška iznosi -0,25 %. Ako znamo da je u 8 godina kroz taj plinomjer prošlo ukupno više od 230 miliona m^3 onda je prosječna pogreška -585.342 m^3 ili približno -292.671 €.

Ako uzmemo u obzir interval prosječne pogreške [-0,36, -0,15] dobiven analizom varijance na razini povjerenja 95 %, onda se pogreška plinomjera tipa 1 kreće u rasponu od -834.603 do -347.301 m^3 ili od -417.301 do -173.875 €. To bi praktično značilo da je to interval gubitaka za distributera prirodnog plina koji nije fakturiran potrošačima kroz ovjerno razdoblje od 8 godina u odnosu na idealno mjerenje.

Analogno, za plinomjere tip 2 prosječna pogreška iznosi -0,048 %, količina isporučenog plina preko tog tipa plinomjera iznosi više od 209 miliona m^3 pa je to -100.193 m^3 ili u novčanom iznosu -50.096 €.

Ako uvrstimo interval prosječne pogreške za plinomjere tipa 2 [-0,11, 0,01] koji smo dobili analizom varijance na razini povjerenja od 95% onda se pogreška plinomjera kreće u intervalu od -230.170 do 20.924 m^3 ili u novčanom iznosu od -115.085 do 10.462 €

Možemo zaključiti na temelju ovih rezultata da je plinomjer tipa 2 ima manju pogrešku i da je točniji od plinomjera tipa 1 i da omogućuje da se više isporučenog plina i fakturira potrošačima.

6. Literatura

[1] Pravilnik o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima koji se odnose na mjerila, Narodne novine 85/2013.

[2] Pravilnik o mjeriteljskim zahtjevima za uređaje za ispitivanje plinomjera, Narodne novine 137/2003.

[3] Osobna arhiva fotografija i crteža autora rada. Osijek, 2014.

[4] Pavlović, Berislav. Razvoj etalonskog mjernog sustava za male protoke plina : doktorska disertacija. Zagreb : [s. n.], 2010., 95 listova. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje.

[5] Pravilnik o mjeriteljskim zahtjevima koji se odnose na protočna mjerila obujma plina Narodne novine 53/2002.

[6] Pavlić, Ivo. Statistička teorija i primjena. Zagreb : Tehnička knjiga, 1988., 343 str.

[7] Petz, Boris. Osnovne statističke metode za nematematičare. Zagreb : Naklada Slap, 2007., 384 str.

Analiza energetske učinkovitosti centraliziranog sustava za proizvodnju i distribuciju toplinske energije
Energy efficiency analysis of district heating system

M. Živić[1*], M. Stojkov[1], D. Bukvić[2]

[1]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska
[2]Brod-plin d.o.o. Slavonski Brod, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: mzivic@sfsb.hr

Sažetak

U radu se analizira energetska učinkovitost centraliziranog sustava za proizvodnju i distribuciju toplinske energije u Slavonskom Brodu. U tom se sustavu provodi modernizacija kroz tri faze: zamjena postojećih kotlova loženih mazutom plinskim toplovodnim kotlovima i mjerno regulacijskom opremom, zamjena postojećih cirkulacijskih crpki i pomoćne električne opreme kotlovnice novim frekvencijski upravljanim crpkama, zamjena toplovodnih cijevi predizoliranim dvostrukim (twin) cijevima. Uštede energije postižu se u sve tri faze: zamjenom kotlova 6,8 %, zamjenom crpki 0,7% te zamjenom toplovoda 15,7% od ukupno utrošene energije goriva. Značajno je smanjenje emisije ugljičnog dioksida koje, prema proračunu, iznosi 42,7 %.

Abstract

The energy efficiency of a district heating system in Slavonski Brod is analysed in the paper. In this system**,** modernization is implemented through three stages: replacement of existing oil fired boilers with natural gas fired boilers and measuring control equipment, replacement of existing circulation pumps and auxiliary electrical equipment boiler with new frequency controlled pumps, replacement of underground hot-water pipes with pre-insulated twin pipes. Energy savings are achieved in all three stages: by the replacement of boilers 6,8%, by the replacement of the pumps 0,7% and by the replacement of the hot water pipelines 15,7% of the total energy consumption of fuel. Significantly reducing emissions of carbon dioxide, according to the calculation, is achieved, it is 42,7%.

Ključne riječi: energetska učinkovitost, toplovod, ušteda energije, smanjenje emisije ugljičnog dioksida

1. Uvod

Potrebe za energijom su sve veće. Jedan od najvećih izazova današnjice je pronaći način ostvarivanja održivog razvoja odnosno kako zadovoljiti sve veću potrebu za energijom, uz istovremeno smanjenje zagađenja okoliša na minimum. Energetska učinkovitost danas je u svijetu prepoznata kao najjeftiniji i najbrži način postizanja ciljeva održivog razvoja. Energetska učinkovitost ostvaruje se racionalnim korištenjem energije što znači obavljanje iste funkcije (grijanje ili hlađenje prostora, rasvjetu…) uz smanjenu uporabu energenata.

U sektoru zgradarstva, potrošnja energije za grijanje prostora je približno dva puta veća od potrošnje energije za ostale potrebe (zagrijavanje vode, kuhanje, hlađenje i zamrzavanje hrane), [1].

Grijanje prostora može biti pojedinačno ili iz centraliziranog toplinskog sustava koji opskrbljuje više potrošača podzemnim toplovodima. Toplinski gubici grijanja nastaju kroz ovojnicu zgrada i pri transportu tople vode u toplovodima. Korištenje odgovarajuće izolacije zgrada i cijevi toplovodnog sustava važno je za uštedu energije i smanjenje neželjenih emisija nastalih izgaranjem fosilnih goriva, [2].

Glavnina potrebne energije za grijanje i pripremu potrošne tople vode dobiva se izgaranjem fosilnih goriva čime dolazi do zagađenja okoliša što predstavlja ozbiljnu prijetnju ekosustavima i šteti ljudskom zdravlju. U odnosu na ostala fosilna goriva, uporabom prirodnog plina proizvodi se najmanja količina ugljičnog dioksida, što je bitan doprinos smanjenju globalne emisije CO_2. Također, prirodni plin izgara bez štetnih produkata čađi i pepela, s malim emisijama ugljičnog monoksida i sumpornog dioksida čime se svrstava među ekološki najčišće energente.

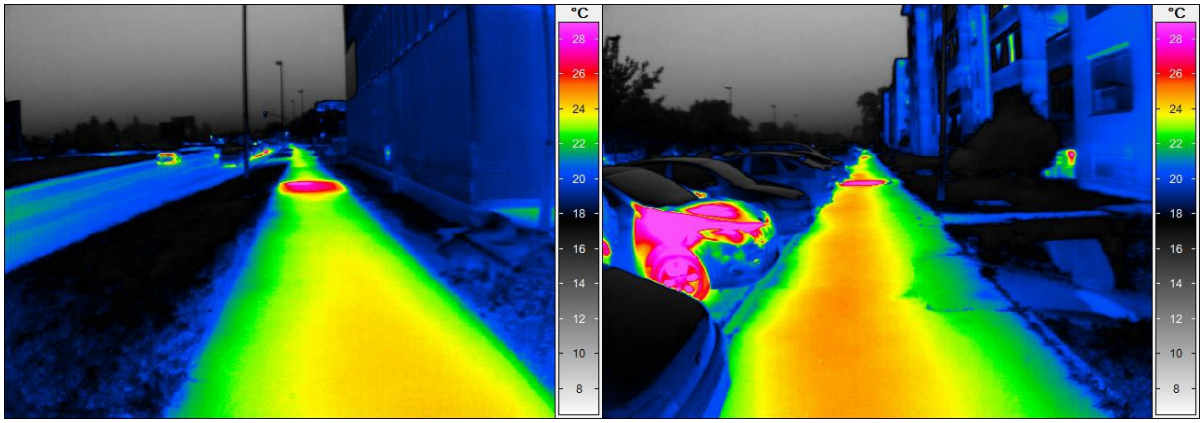
Cilj je ovog rada kvantificirati povećanje energetske učinkovitosti i smanjenje emisije ugljičnog dioksida postignuto modernizacijom centraliziranog sustava za proizvodnju i distribuciju toplinske energije u Slavonskom Brodu.

2. Centralizirani toplinski sustav

Centralizirani toplinski sustav sastoji se od kotlovnice instaliranog nazivnog toplinskog učina 26 MW, toplovodne mreže duljine 2,5 km i 33 toplinske podstanice koje toplom vodom opskrbljuju 1061 stan i 54 poslovna prostora. Ukupna površina grijanog prostora je 75.824 m^2. Broj korisnika potrošne tople vode je 2209.

Kotlovnica je izgrađena 1974. godine, i u njoj se nalazilo pet kotlova loženih mazutom, šest cirkulacijskih crpki, postrojenje za kemijsku pripremu vode i mazutno gospodarstvo. Nezadovoljstvo korisnika grijanja i potrošne tople vode javlja se zbog povremeno niske ili previsoke temperature vode u radijatorima, povremeno neodgovarajuće temperature potrošne tople vode, buke u stanovima te zagađenja okoliša dimnim plinovima iz dimnjaka kotlovnice.

Toplovodna mreža položena je u zemlji, a razvodi i priključci za pojedine zgrade izvedeni su iz zdenaca s mogućnošću odvajanja pojedinih zgrada pomoću ventila. Toplovod radi na temperaturnom režimu 90/70 °C. U ogranke toplovoda ugrađena su ultrazvučna mjerila potrošnje toplinske energije (kalorimetri). Toplovodna mreža starosti je veće od 35 godina, pa su puknuća cjevovoda vrlo česta pojava. Slika 1 prikazuje termografske snimke površine asfalta iznad dijela toplovoda (snimljeno 16.6.2014.)



Slika 1. Termografske snimke pločnika iznad toplovoda

Iz termograma je vidljivo povećanje temperature asfalta iznad toplovoda koje iznosi prosječno 2 °C u odnosu na ostali dio pločnika, a crvena područja na pločniku označavaju neizolirane dijelove toplovoda u zdencima .

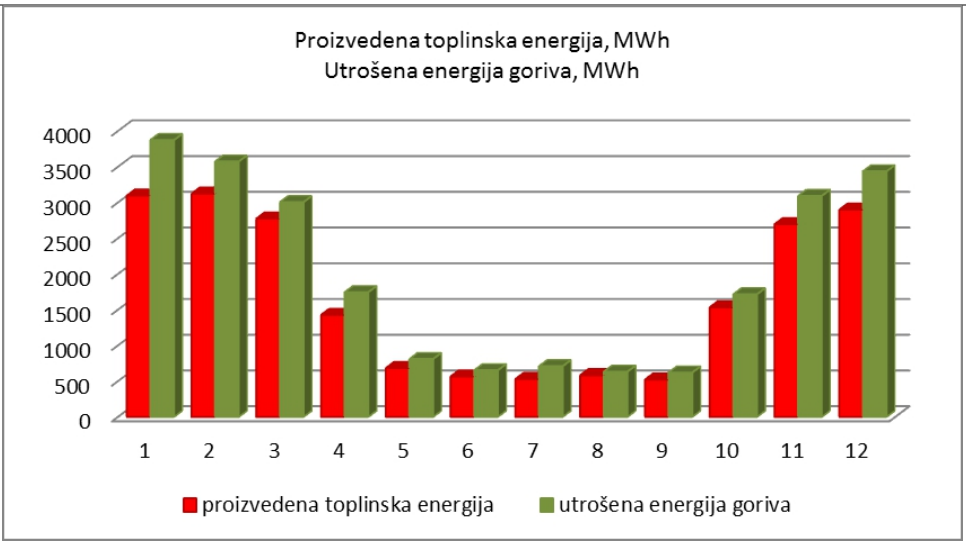
Rekonstrukcija sustava za proizvodnju i distribuciju toplinske energije uključuje zamjenu pet starih kotlova loženih mazutom, zamjenu cjevovoda, omekšivača vode i ekspanzijskog sustava za vodu, postavljanje instalacije za prirodni plin i redukciju tlaka, instaliranje mjerne stanice, te zamjenu postojećeg toplovoda i pripadajućih cirkulacijskih crpki. Nakon rekonstrukcije u postojećoj kotlovnici instalirana su dva kotla s plinskim plamenicima, instaliranih toplinskih učina 6 MW i 4,5 MW.

Za distribuciju vode u sekundarnom krugu predviđene su 4 frekvencijski regulirane crpke (3 radne i 1 rezervna) svaka kapaciteta 205 m^3/h, visine dobave 31 m i instalirane snage motora 22 kW. Crpke su opremljene regulacijskim ormarom s frekventnim regulatorom. Predviđeno je postavljanje novog toplovoda točno po trasi postojećeg starog toplovoda. Budući da se značajne uštede energije mogu ostvariti korištenjem predizoliranih dvostrukih (twin) cijevi [3], planirano je postavljanje Logstor Steel Conti Serie 2 cijevi, s difuzijskom barijerom, koje imaju izvrsna izolacijska svojstva.

3. Proračun ušteda energije

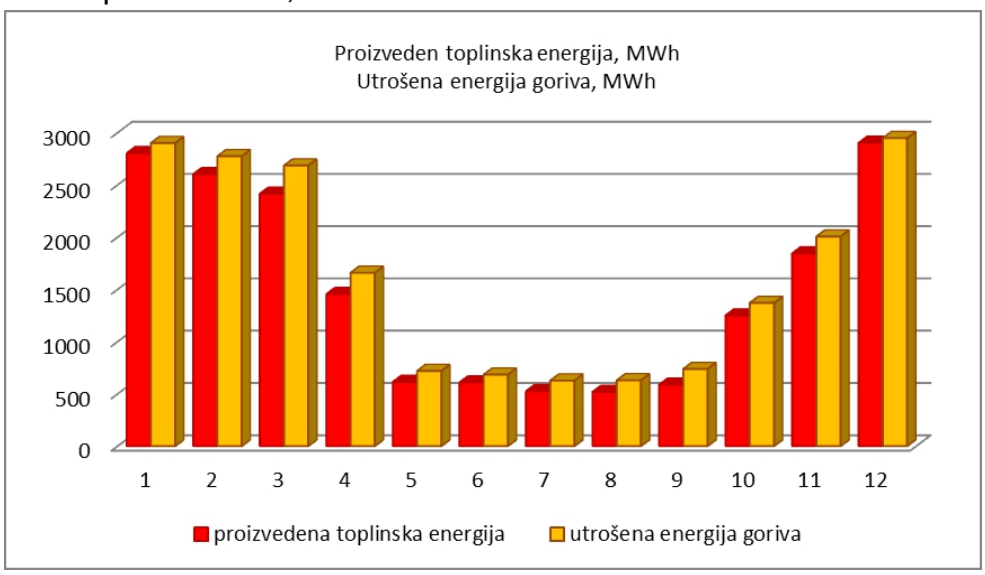
3.1 Ušteda postignuta zamjenom kotlova

Tijekom 2011. godine, kotlovi loženi mazutom potrošili su 2.146.980 kg mazuta, pa ukupna utrošena energija goriva iznosi 23.852,95 MWh. Za donju ogrjevnu vrijednost mazuta uzeta je vrijednost od 11,11 kWh/kg. U dijagramu na slici 2 prikazana je utrošena energija goriva (MWh) po mjesecima 2011. Toplinska energija koju su iste godine proizveli kotlovi mjerena je na kalorimetrima toplovoda i prikazana u istom dijagramu. Iznos ukupno proizvedene toplinske energije u 2011. je 20.425,84 MWh što daje godišnji prosječni stupanj djelovanja kotlova loženih mazutom od 85,63%. Pri tome nije uzeta u obzir potrošnja električne energije pomoćnih uređaja.



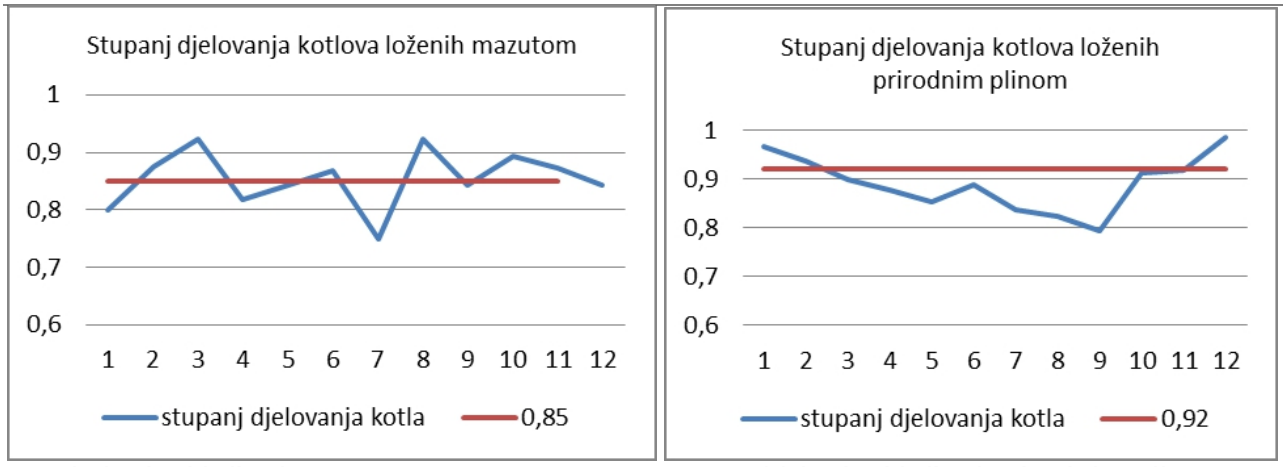
Slika 2. Proizvedena toplinska energija i utrošena energija goriva u kotlovima loženim mazutom

Tijekom 2013. godine, toplovodni plinski kotlovi potrošili su 2.131.497 m^3 prirodnog plina, pa ukupno utrošena energija goriva iznosi 19.739,15 MWh. Za donju ogrjevnu vrijednost prirodnog plina uzeta je vrijednost od 9,2607 kWh/m^3. U dijagramu na slici 3 prikazana je utrošena energija goriva (MWh) po mjesecima 2013. Iznos ukupno proizvedene toplinske energije u 2013. je 18.124,3 MWh što daje godišnji prosječni stupanj djelovanja kotlova loženih prirodnim plinom od 91,82%.



Slika 3. Proizvedena toplinska energija i utrošena energija goriva u kotlovima loženim prirodnim plinom

Slika 4 prikazuju usporedno prosječne stupnjeve djelovanja po mjesecima, kotlova loženih mazutom i kotlova loženih prirodnim plinom te prosječne godišnje stupnjeve djelovanja istih kotlova.



a) kotlovi loženi mazutom b) kotlovi loženi prirodnim plinom

Slika 4. Prosječni godišnji stupanj djelovanja kotlova

Iz dijagrama prosječnih godišnjih stupnjeva djelovanja kotlova vidljivo je da kotlovi loženi mazutom, obzirom na starost, imaju relativno dobar stupanj djelovanja, dok plinski kotlovi u ljetnom periodu, kada rade s djelomičnim opterećenjem imaju smanjen stupanj djelovanja (manji od 0,9). Iz dijagrama se može uočiti da kotlovi loženi prirodnim plinom imaju izražene toplinske gubitke pogonske pripravnosti, koji posebno dolaze do izražaja kod djelomičnih opterećenja, npr. kod grijanja u proljeće i jesen ili ljeti kada kotao zbog pripreme potrošne vode stoji u pogonskoj pripravnosti veći dio dana.

U prvoj fazi modernizacije kotlovnice, zamjenom starih kotlova loženih mazutom kotlovima loženim prirodnim plinom ostvarena je ušteda energije od 1.434,098 MWh što predstavlja 6,8 % od ukupno potrošene energije goriva. Za pretpostavljenu proizvedenu godišnju toplinsku energiju od 18.124,3 MWh utrošeno je 2.131.497 m^3 plina, a trebalo bi utrošiti 1.905.783 kg mazuta što po cijenama od 3,25 kn/m^3 plina i 4,3 kn/kg mazuta daje utrošak od 6.927.364 kn za plin i 8.194.866 kn za mazut pa je korištenjem plina ostvarena financijska ušteda od 1.267.502 kn ili 15,5 %.

3.2. Ušteda postignuta zamjenom postojećih cirkulacijskih crpki i pomoćne električne opreme kotlovnice novim frekvencijski upravljanim crpkama

Ukupne uštede električne energije prikazane su kao uštede postignute u dvije faze. U prvoj fazi modernizacije sustava za proizvodnju i distribuciju toplinske energije uštede električne energije postignute su zamjenom kotlova loženih mazutom kotlovima loženim prirodnim plinom, a u drugoj fazi modernizacije uštede električne energije postižu se zamjenom cirkulacijskih crpki u sekundarnom (distribucijskom) krugu.

U prvoj fazi rekonstrukcije kotlovnice, provedena je zamjena dva postojeća kotla ložena mazutom kotlovima loženim prirodnim plinom koji uz sustav upravljanja i zaštite imaju instalirane ventilatore za dotok zraka potrebnog za izgaranje nazivnih snaga 18 kW i 22 kW, oba upravljana preko regulatora frekvencije te zaštitne pumpe kotlova snaga 7,5 kW i 11 kW, obje također upravljane preko regulatora frekvencije. Novi elektromotori su boljeg

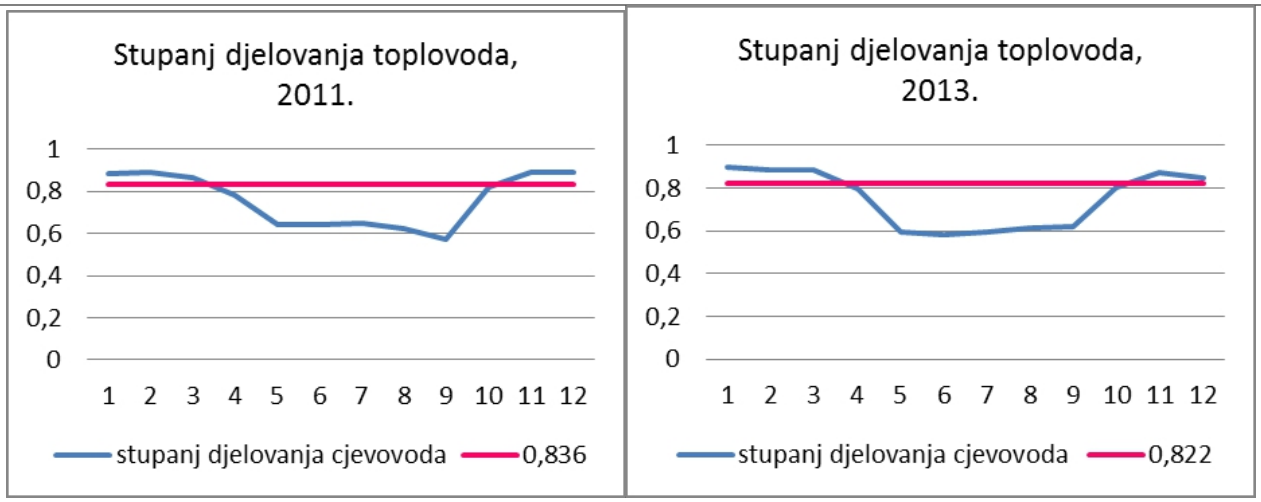
faktora snage u odnosu na postojeće elektromotore za pogon ventilatora i zaštitnih pumpi, tako da se utrošilo i nešto manje jalove energije pa je i faktor snage (cos φ) nešto povoljniji. Istovremeno je evidentno i smanjenje mjesečne vršne snage budući da novoinstalirani uređaji mogu ostvariti bilo koju snagu od nula do nazivne snage za razliku od postojećih gdje je snaga stalno bila jednaka nazivnoj snazi elektromotora.
Postojeće crpke snage 2 x 15 kW i 2 x 18,5 kW, zamjenjuju se crpkama s elektromotorima 4 x 22 kW koje se također upravljaju preko regulatora frekvencije.
Utrošena radna električna energija ukupno u višoj i nižoj tarifi tijekom 2013. godine iznosi 389.256 kWh što zajedno s utrošenom energijom goriva (prirodni plin) od 19.739.154 kWh iznosi 20.128.410 kWh, odnosno utrošena električna energija predstavlja 1,93 % od ukupno utrošene energije. Ušteda električne energije u prvoj fazi rekonstrukcije sustava iznosi 81.554 kWh, a prema predviđanju u drugoj fazi ušteda iznosi 60.285 kWh što ukupno iznosi 141.839 kWh. Može se reći da uštede električne energije koje se mogu postići u prvoj i drugoj fazi rekonstrukcije sustava zajedno iznose 30% od početno utrošene električne energije. Naravno, ova ušteda električne energije predstavlja 0,7 % od ukupno utrošene energije.

3.3 Ušteda postignuta zamjenom toplovodnih cijevi novim predizoliranim dvostrukim (twin) cijevima

Toplinski gubitci starog toplovoda, odnosno stupanj djelovanja starog toplovoda određen je na temelju podataka o isporučenoj toplinskoj energiji na toplinskim podstanicama i proizvedenoj toplinskoj energiji mjerenoj na kaloritmerima na ulazima u ogranke toplovoda.

Tijekom 2011. godine proizvedeno je 20.425,840 MWh toplinske energije, a na podstanicama je isporučeno 17.080,595 MWh toplinske energije što daje stupanj djelovanja toplovoda od 0,836. Tijekom 2013. godine proizvedeno je 18.124,3 MWh toplinske energije, dok je na toplinskim stanicama isporučeno 14.898,36 MWh toplinske energije iz čega proizlazi stupanj djelovanja toplovoda od 0,822.

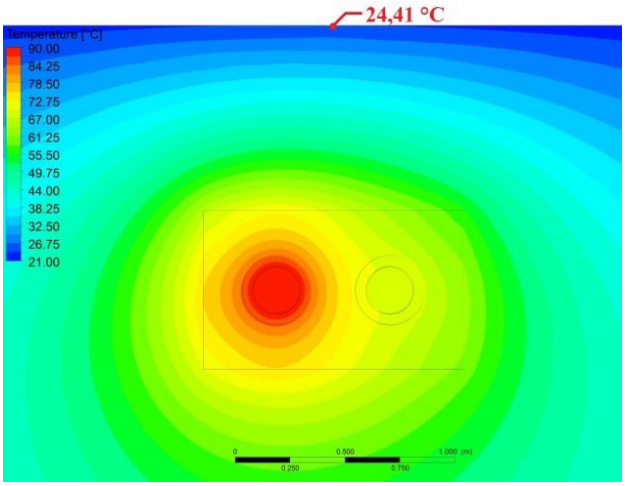
Dijagram na slici 5 prikazuju stupanj djelovanja toplovoda, po mjesecima, te prosječni godišnji stupanj djelovanja toplovoda za 2011. godinu te za 2013. godinu



Slika 5. Stupanj djelovanja toplovoda prema podacima o isporučenoj i proizvedenoj toplinskoj energiji za 2011. i 2013. godinu

Osim što se uočava malen prosječni stupanj djelovanja toplovoda, naglašen je smanjen stupanj djelovanja (0,6) za vrijeme ljetnih mjeseci, kada toplovodom cirkulira voda potrebna samo za zagrijavanje potrošne tople vode.

Proračun temperaturnog polja oko toplovoda izvršen je računalnim paketom Fluent, a geometrijska mreža i rubni uvjeti dani su u [4]. Za slučaj da su zadani podatci za zemlju: ρ = 2000 kg/m^3, c_p = 1842 J/(kg·K), λ = 1,745 W/(m·K) te za izolaciju λ_{izo} = 1,745 W/(m·K) dobiva se temperaturno polje prikazano slikom 6.

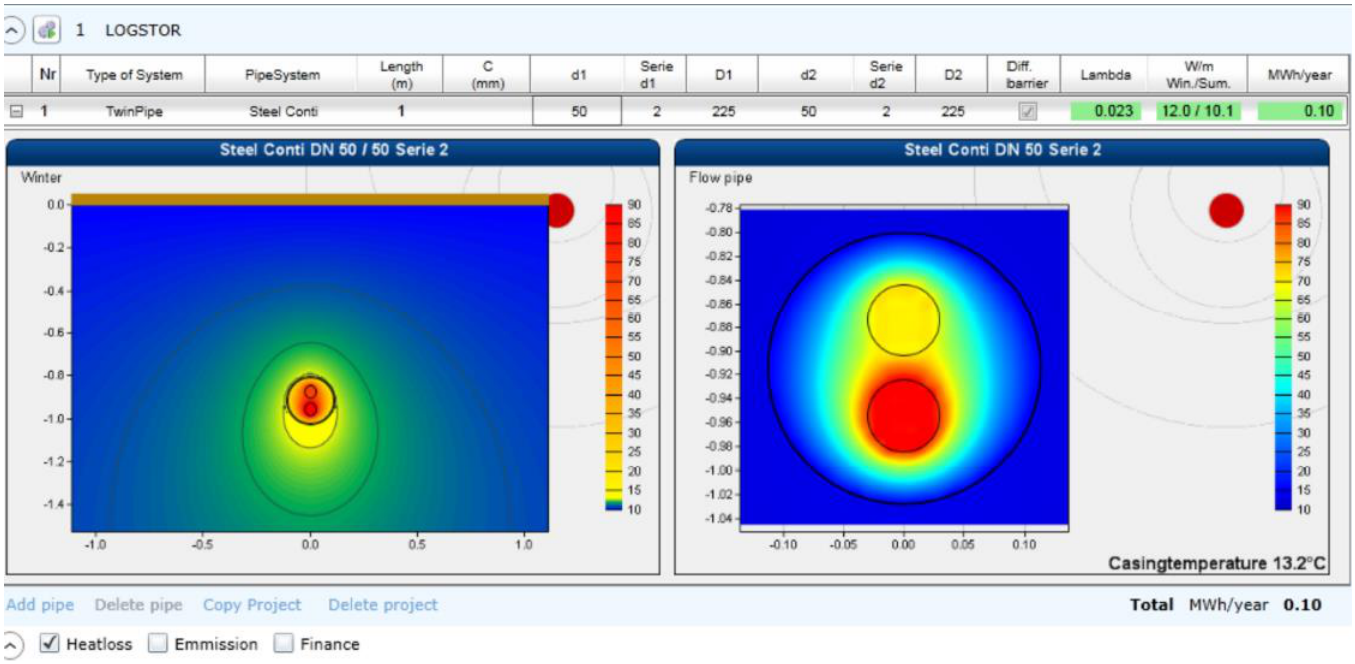


Slika 6. Temperaturno polje oko cijevi toplovoda dobiveno proračunom

Proračunom je dobivena površinska temperatura zemlje od 24,4 °C, što za zadanu početnu temperaturu od 21 °C iznosi povećanje od 3,4 °C. Termografskom kamerom izmjereno je povećanje površinske temperature od 2 °C. Gubitak toplinskog toka, dobiven proračunom u Fluentu iznosi 160 W/m.

Zamjenom postojećeg toplovoda novim predizoliranim twin cijevima ostvaruju se značajna ušteda toplinske energije tijekom transporta do toplinskih podstanica. Gubici toplinskog toka (W/m) koji se ostvaruju transportom u twin cijevima dani su katalogom proizvođača, a mogu se izračunati korištenjem kalkulatora Logstore koji proizvođač daje na svojoj web stranici.

Na slici 7. je prikazano temperaturno polje dobiveno proračunom, korištenjem kalkulatora „Logstor Calculator“ u cijevi Steel Conti Serie 2 promjera 50 mm za zadani radni režim toplovoda (90/70 °C). Vidljivo je da gubitak toplinskog toka zimi iznosi samo 12 W/m, a ljeti samo 10 W/m, te da izvrsna svojstva izolacije (toplinska provodnost od 0,023 W/(mK)) zadržavaju veliki dio temperaturnog polja (iznad temperature veće od 30 °C) u vrlo uskom krugu oko cijevi, točnije, unutar izolacije.



Slika 7. Temperaturno polje oko predizolirane twin cijevi

Gubici toplinskog toka za cijevi toplovoda većeg promjera su veće, pa tako za cijev promjera 100 mm, ljeti taj gubitak iznosi 16,7 W/m, a zimi 19,5 W/m. Ukupni gubitak toplinske energije ostvaren transportom novim twin cijevima (2,5 km cijevi) iznosi 388,564 MWh godišnje što u odnosu na pretpostavljeni iznos od 18.124,3 MWh proizvedene toplinske energije iznosi 2,14 %.

U trećoj fazi modernizacije sustava za proizvodnju i opskrbu toplinskom energijom zamjenom toplovoda ostvaruje se godišnja ušteda toplinske energije od 2.837,376 MWh što predstavlja 15,7% .

4. Proračun smanjenja emisije ugljičnog dioksida

Za proračun emisije CO_2 pri izgaranju fosilnih goriva primjenjuje se sljedeća formula

$$EM = EF_C \cdot O_C \cdot \frac{44}{12} \cdot H_d \cdot B$$

gdje je:
- *EM* - emisija CO_2 , t
- EF_C - faktor emisije ugljika, kg_C/GJ
- O_C - udio oksidirajućeg ugljika,
- 44/12 - stehiometrijski omjer CO_2 i C
- H_d - donja ogrjevna vrijednost goriva, MJ/kg ili MJ/m^3
- *B* - količina izgaranog goriva, kg ili m^3

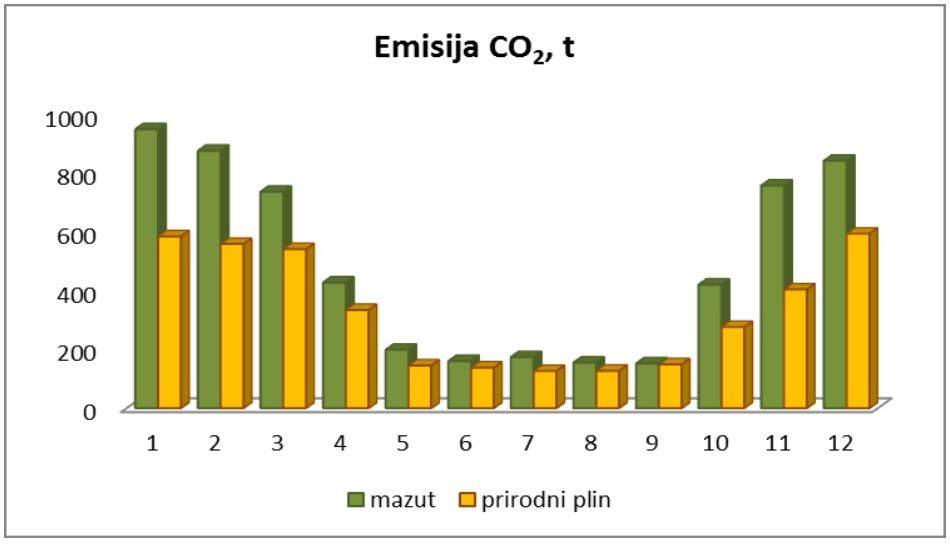
U tablici 1 nalaze se potrebni podaci za proračun emisije CO_2. U odnosu na proizvedenu toplinsku energiju u 2013.godini, u tablici 1 su dane potrebne količine goriva. Za potrebne količine goriva izračunate su emisije ugljičnog dioksida.

Tablica 1. Faktori potrebni za proračun emisije CO_2

	Količina goriva	Donja ogrjevna vrijednost goriva	EF_C	O_C	*EM*, t
mazut	1.905.783 kg	40 MJ/kg	21,1	0,99	5.838,8
prirodni plin	2.131.497 m^3	33,34 MJ/m^3	15,3	0,995	3.966,8
Smanjenje emisije CO_2					1872

Iz tablice 1 je vidljivo da se zamjenom kotlova loženih mazutom kotlovima na prirodni plin ostvaruje godišnje smanjenje emisije CO_2 od 1872 tone, ili 32,1%

Dijagram na slici 8 prikazuje emisiju CO_2 po mjesecima za kotlove ložene mazutom u usporedbi s kotlovima loženim prirodnim plinom, za pretpostavljenu proizvedenu toplinsku energiju od 18.124,3 MWh.



Slika 8. Usporedba emisije CO_2 za kotlove ložene mazutom i kotlove ložene prirodnim plinom

5. Zaključak

Modernizacija sustava za proizvodnju i distribuciju toplinske energije se provodi u tri faze:

1. zamjena kotlova loženih mazutom plinskim toplovodnim kotlovima i mjerno regulacijskom opremom
2. zamjena postojećih cirkulacijskih crpki i pomoćne električne opreme kotlovnice novim frekvencijski upravljanim crpkama
3. zamjena toplovodnih cijevi novim predizoliranim twin cijevima

Izračunate su uštede energije koje se postižu u svakoj fazi modernizacije sustava. Iz podataka mjerenja proizvedene toplinske energije i izračunate utrošene energije goriva izračunate su uštede energije i smanjenje emisije CO_2 u prvoj fazi modernizacije. U drugoj fazi predviđene su uštede električne energije od 30%, što iznosi 0,7 % od ukupno utrošene energije goriva. Podaci mjerenja isporučene toplinske energije na toplinskim podstanicama i proizvedene toplinske energije izmjerene na ulazu u toplovod pokazuju gubitke toplinske energije starog toplovoda, a iz podataka proizvođača predizoliranih dvostrukih cijevi izračunati su gubici toplinske energije koji bi nastali transportom novim toplovodom. Numerički proračun prijenosa topline kroz cijev starog toplovoda pokazuje ostvarene gubitke toplinskog toka od 160 W/m.

U sve tri faze modernizacije sustava za proizvodnju i distribuciju toplinske energije ostvaruju se godišnja ušteda energije od 4.730.300 kWh ili 21,85 %, smanjenje emisije ugljičnog dioksida od 2.506,1 tona godišnje ili 42,7 %, odnosno financijska ušteda na utrošenoj energiji od 2.543.632 kn ili 29,15%. Ovi podaci su dobiveni za pretpostavljenu isporučenu energiju na toplinskim podstanicama od 14.898.360 kWh, za koju je bilo potrebno potrošiti 1.905.807 kg loživog ulja u starom centraliziranom toplinskom sustavu, dok bi u novom sustavu bilo potrebno potrošiti 1.790.799 m^3 prirodnog plina. Ovom modernizacijom tarifne stavke se nisu promijenile, a modernizacija je financirana kreditom banke.

6. Literatura

[1] Kaynakli, O. A study on residential heating energy requirement and optimum insulation thickness // Renewable Energy, 33 (2008); 1164-1172. (ISSN: 0960-1481) (rad u časopisu)

[2] Keçebas¸ Ali; Alkan, Mehmet Ali; Bayhan, Mustafa. Thermo-economic analysis of pipe insulation for district heating piping systems // Applied Thermal Engineering, 31 (2011); 3929-3937. (ISSN 1359-4311) (rad u časopisu)

[3] Matjaz, Perpar; Rek, Zlatko; Bajric, Suvad; Zun, Iztok. Soil thermal conductivity prediction for district heating pre-insulated pipeline in operation // Energy, 44 (2012); 197-210. (ISSN 0360-5442) (rad u časopisu)

[4] Holik, Mario; Janković, Zvonimir; Končić, Ružica; Živić, Marija; Galović, Antun. Numerička i termografska analiza oštećenosti izolacije toplovoda // *Proceedings of 10th International natural gas, heat and water conference* / Raos, Pero (ur.). (ISBN: 978-953-6048-62-5). Slavonski Brod: Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 26.9.-28.9.2012. s. 29-1-29-10. (rad u zborniku)

Postrojenje za kontinuiranu preradu otpadnog motornog ulja u dizelsko gorivo

Plant for continuous processing waste motor oil into diesel fuel

M. Stojčević[1,*], D. Kozak[1]

[1] Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: mstojcevic@gmail.com

Sažetak

Ovim radom prikazano je idejno postrojenje za preradu otpadnog motornog ulja u dizelsko gorivo. Postrojenje je izvedeno kao sustav s kontinuiranom preradom otpadnog motornog ulja. Neprekinutost proizvodnog procesa postigla se dodavanjem kolektora unutar proizvodnog sustava, te sakupljanjem taloga koji nastaje proizvodnjom unutar kolektora. Ovom izmjenom u dizajnu postigla se stalna radna funkcija reaktora, te neovisnost o količini nastalog taloga, a time i ukupnim vremenom provedenim u radnom režimu. Prerada otpadnog motornog ulja izvodi se unutar reaktora na temperaturi oko 330 °C. Nastale pare potrebno je kondenzirati u izmjenjivaču topline. Energija sadržana u pari prilikom kondenzacije u izmjenjivaču topline predaje se svježem otpadnom motornom ulju koje se tek treba dovesti u reaktor na obradu. Ovakvom izvedbom izmjenjivača topline postiže se značajna ušteda u energiji, jer se kondenzacija pare i predgrijavanje novog ulja vrši u jednom energetskom procesu. U radu su prikazani svi procesi unutar radnog režima i režima čišćenja, te je prikazana shema upravljanja postrojenjem uz djelomičnu i moguću potpunu automatizaciju sustava.

Ključne riječi: otpadno motorno ulje, reaktor, kolektor, Izmjenjivač topline, recikliranje.

Abstract

In this paper is showed conceptual plant design for processing waste motor oil. The plant is made as a system with continuous processing waste motor oil. Continuity of manufacturing process has been achieved by adding the collector inside plant system, and collecting sludge inside of the collector. This design has achieved permanent working function of the reactor, and it does not depend on produced amount of sludge or total time spent in operating mode. Processing waste motor oil is made inside of the reactor on temperature approximately 330 °C. Produced steam has to be condensed in heat exchanger. During condensation in the heat exchanger steam energy passes to new waste motor oil that needs to be brought in the reactor for heat treatment. This design of heat exchanger has achieved significant saving of energy because of condensation of the steam and preheating of new

oil is made in one energy process. This paper had explained all processes inside of the operating and cleaning mode, and it had explained the control scheme plant with partially and possible complete automation of the plant system.

Keywords: Waste motor oil, Reactor, Collector, Heat exchanger, Recycling.

1. Uvod

Otpadna maziva ulja se zbog svog utjecaja na okoliš svrstavaju u opasni otpad. S obzirom da su velike mogućnosti njihove oporabe potrebno je osigurati što je moguće veći udio sakupljanja čime će se smanjiti onečišćenja okoliša.

Potrošnja mazivih i jestivih ulja u stalnom je porastu. U ovom trenutku procijenjene količine svježih ulja koje se stavljaju na tržište u RH su 35.000 t/g mazivih ulja i 50.000 t/g jestivih ulja. Nakon uporabe ta ulja postaju otpadna ulja. Prosječni udio sakupljanja u zemljama EU15 kreće se oko 90%, s namjerom da se i dalje povećava.

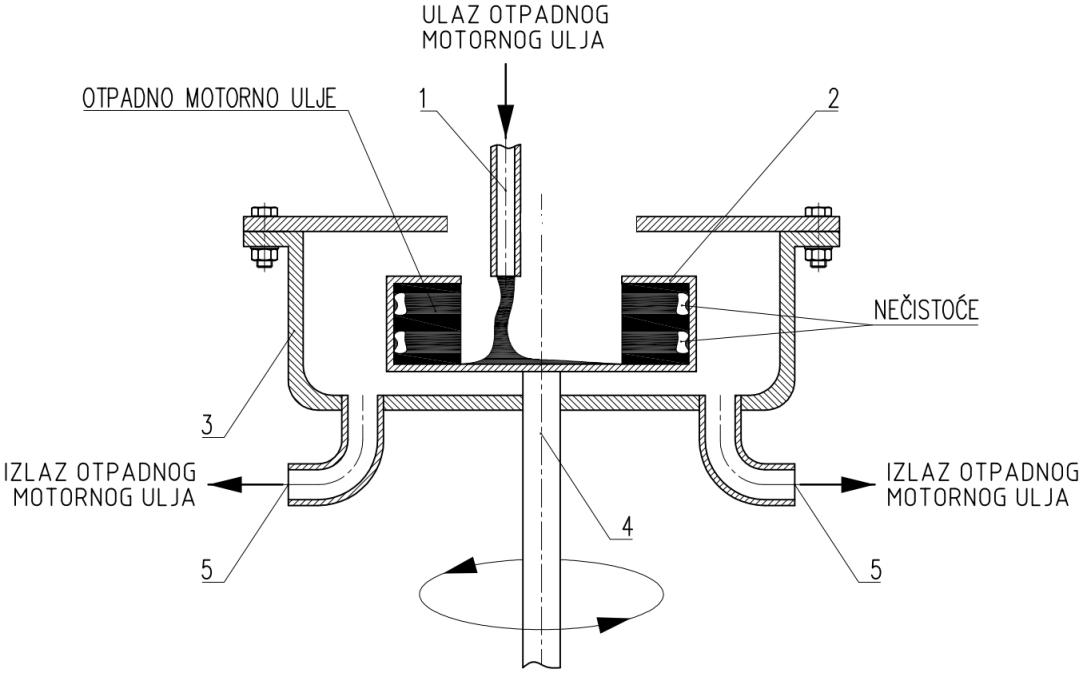
Europska Unija usvojila je direktivu o otpadnim uljima kojom se treba uspostaviti sustav za sakupljanje i odgovarajuće zbrinjavanje otpadnih ulja. Ova je direktiva prenesena u hrvatsko zakonodavstvo u pravilniku o gospodarenju otpadnim uljima, kojim se propisuje način gospodarenja otpadnim uljima i uvode naknade za otpadna ulja [1].

2. Priprema sirovine za preradu

Prerada otpadnog motornog ulja (WMO = Waste Motor Oil) započinje pročišćavanjem otpadnog motornog ulja. Ukoliko se želi nastajanje manje količine taloga u procesu prerade izvodi se finije pročišćavanje. Pročišćavanje se može izvoditi na povišenim temperaturama kako bi se omogućilo vodi, koja se nalazi u otpadnom motornom ulju, isparivanje iz ulja prije ulaska u proces prerade. Isparavanje vode u ranijim operacijama povećava kvalitetu dobivenog goriva [2].

2.1. Odstranjivanje mehaničkih nečistoća i vode

Priprema sirovine, odnosno otpadnog motornog ulja, za početak proizvodnje dizela izvodi se u dva koraka. Prvi korak predstavlja odstranjivanje većih nečistoća i vode iz otpadnog motornog ulja. Način na koji se učinkovito može provesti odstranjivanje nečistoća i vode iz ulja je pomoću centrifugalnog pročistača shematski prikazanog na slici 1. Centrifugalno pročišćavanje može odstraniti nečistoće koje imaju veću gustoću od otpadnog motornog ulja. Pročišćavanje se izvodi tako da se kroz dobavnu cijev (pozicija 1) otpadno motorno ulje ulijeva u rotirajuću posudu (pozicija 2) koja je pričvršćena na vratilo elektromotora (pozicija 4). Nečistoće s većom gustoćom od otpadnog motornog ulja djelovanjem centrifugalne sile, uzrokovane rotaciojom posude, ostaju uz stijenku posude. Punjenje posude otpadnim motornim uljem je moguće dok se ne ispuni ukupni volumen. Nakon ispunjavanja posude ulje se prelijeva preko ruba posude, dok se nečistoće zadržavaju unutar rotirajuće posude. Ulje se sakuplja u sakupljač (pozicija 3), te kroz cjevovode (pozicija 5) odvodi iz pročistača.

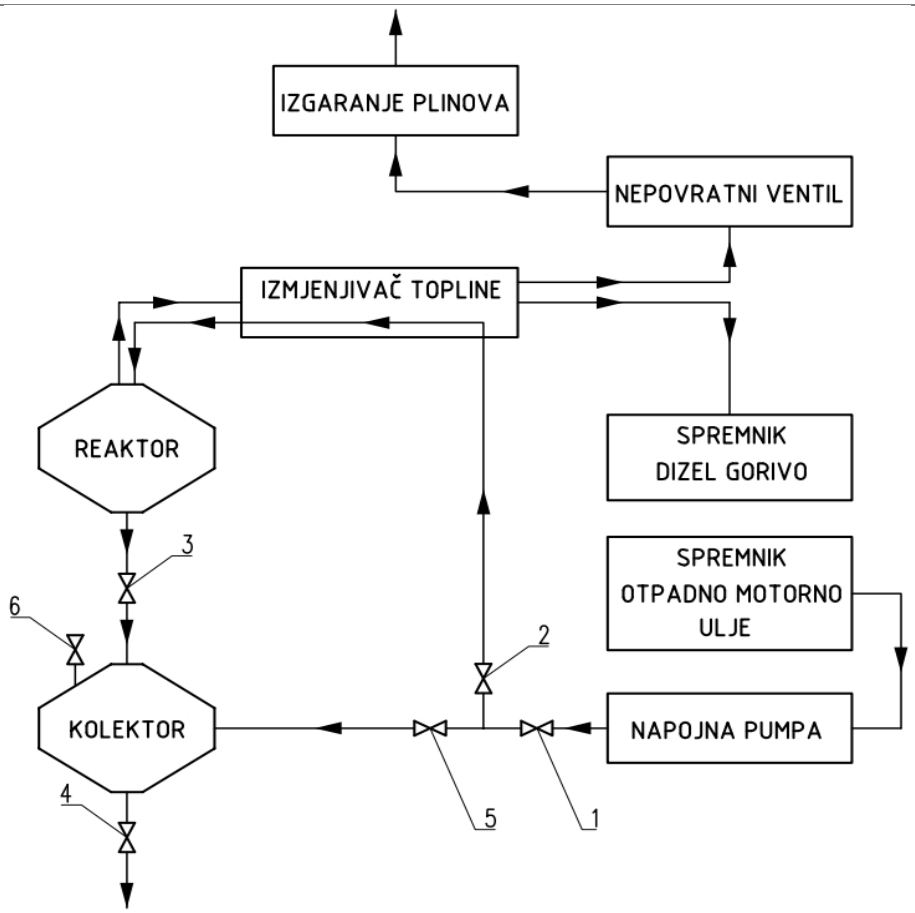


Slika 1. Centrifugalni pročistač

Prvi korak pročišćavanja otpadnog motornog ulja odstranjuje mehaničke nečistoće, odnosno uz odvijanje procesa na povišenoj temperaturi također se izdvaja i voda iz ulja. Ovim se završava prvi korak pripreme sirovine za preradu. Drugi korak je pročišćavanje otpadnog motornog ulja pomoću filtera različitih stupnjeva filtracije. Ciljana kvaliteta pročišćavanja je oko 20 μm. Filtriranjem ulja sa sitnijim otvorima na filteru smanjuje se količina taloga koja nastaje u procesu proizvodnje, što u konačnici predstavlja i duži radni proces, odnosno duži vremenski interval između dva čišćenja postrojenja. Na ovaj način se zapravo nameće potreba za filtracijom kvalitetnijim (sitnijim) filterima [2].

3. Proizvodni proces postrojenja

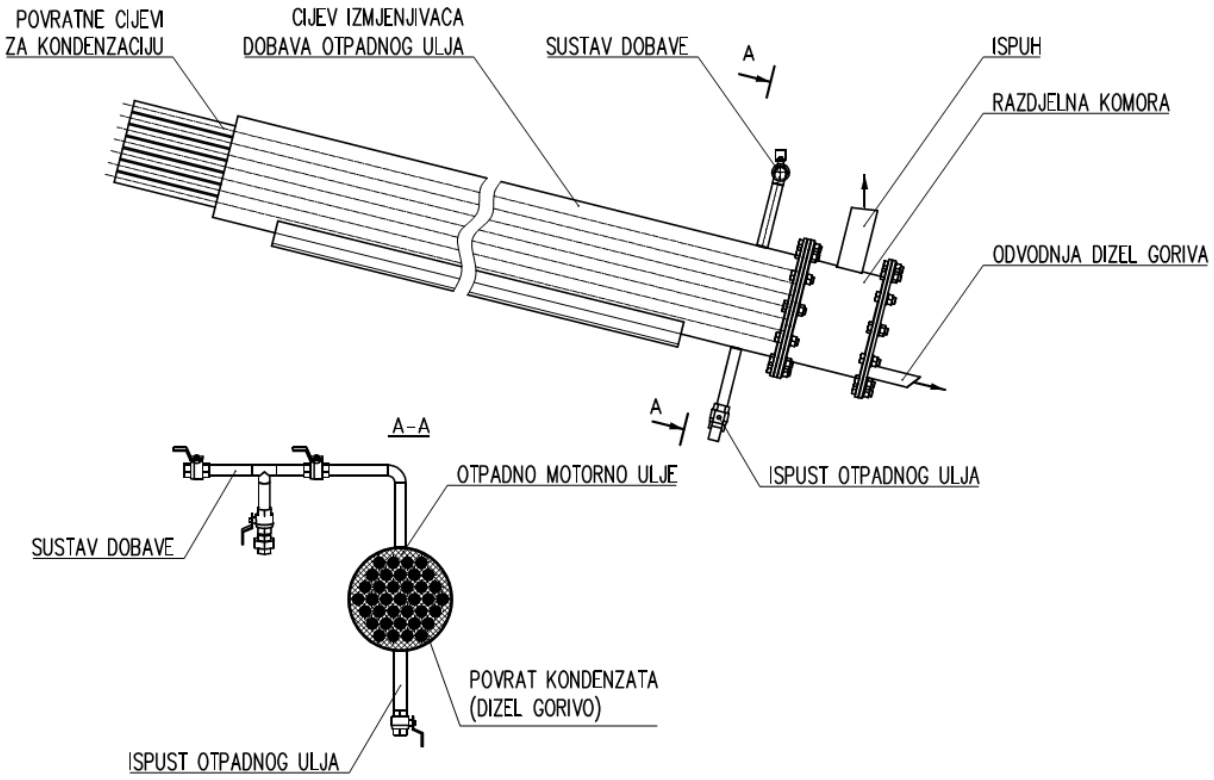
Proizvodni proces preradbe otpadnog motornog ulja izveden je kao protočni, odnosno kontinuirani proces. Nastajanje dizel goriva odvija se na temperaturi od 330 ºC na način da se nastale zagrijane pare dobivene iz otpadnog motornog ulja unutar reaktora pretvore u kapljevinu [2]. Temperatura odvijanja procesa je iznimno važna jer određuje vrstu goriva koju ćemo dobiti na kraju procesa. U procesu prerade otpadnog motornog ulja u dizel gorivo kao nusprodukt nastaje talog u reaktoru, te je potrebno osigurati čišćenje neželjenog produkta iz sustava. Čišćenje sustava u radu bez ometanja proizvodnje moguće je izvesti ukoliko se sustav izvede sa dva režima rada unutar proizvodnog procesa. Postrojenje mora izvoditi „*Radni proces*“, odnosno preradu otpadnog motornog ulja u dizel gorivo, te bez ometanja proizvodnje i „*Proces čišćenja*“ nastalog taloga unutar reaktora. Na slici 2 shematski je prikazan proizvodni proces koji sadržava sve elemente radnog procesa i procesa čišćenja. Dio postrojenja zaslužan za nesmetano odvijanje izmjena radnog i proizvodnog procesa je kolektor. Pozicije prikazane od 1 do 6 predstavljaju ventile kojima se omogućava izmjena radnog procesa i procesa čišćenja.



Slika 2. Proizvodni proces

Glavni dio sustava je reaktor gdje se na visokim temperaturama vrši isparavanje otpadnog motornog ulja. Reaktor u sebi sadrži osam električnih grijača nazivne snage 2 kW po grijaču koji zagrijavaju otpadno motorno ulje. Reguliranje razine ulja unutar reaktora izvodi se nivokazom ugrađenim u bočnoj strani reaktora, dok se temperatura nadzire mjernim uređajem čije se sonde nalaze unutar reaktora.

Izmjenjivač topline prikazan slikom 3 istovremeno dobavlja svježe otpadno motorno ulje i vrši kondenzaciju pare dizelskog goriva. Kroz „sustav dobave“, te „cijev izmjenjivača“ (DN 300) ulazi svježe otpadno motorno ulje i putuje prema gornjem kraju izmjenjivača sve do reaktora. U reaktoru otpadno motorno ulje isparava, te se para vraća kroz „povratne cijevi za kondenzaciju“ (DN 25) i predaje toplinu otpadnom motornom ulju u izmjenjivaču, na taj način para kondenzira i ujedno se vrši predgrijavanje otpadnog motornog ulja koje struji prema reaktoru. Ukapljena para (dizel gorivo) ulazi u „razdjelnu komoru“ gdje se odvaja dizel gorivo od plinova koji nastaju u procesu. Dizel gorivo se odvodi kroz „odvodnja dizel goriva“, a nastali plinovi idu kroz „ispuh“ u nepovratni ventil i na kraju sagorijevaju prije ispuštanja u atmosferu.

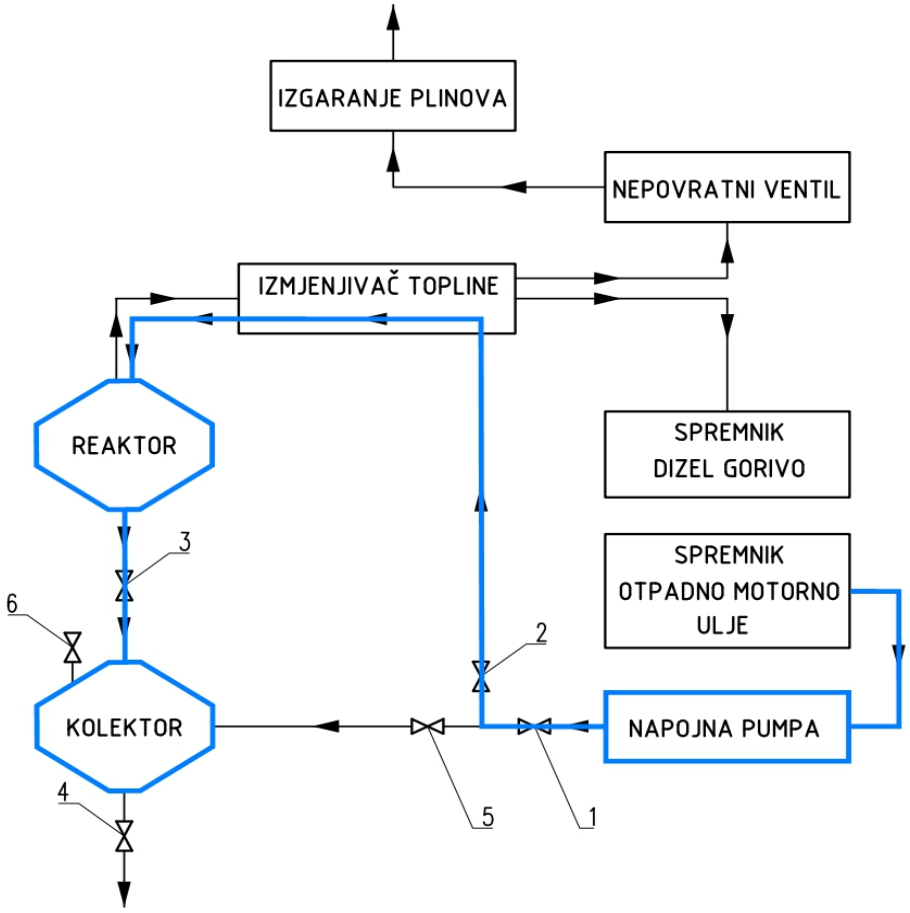


Slika 3. Izmjenjivač topline

3.1. Radni proces

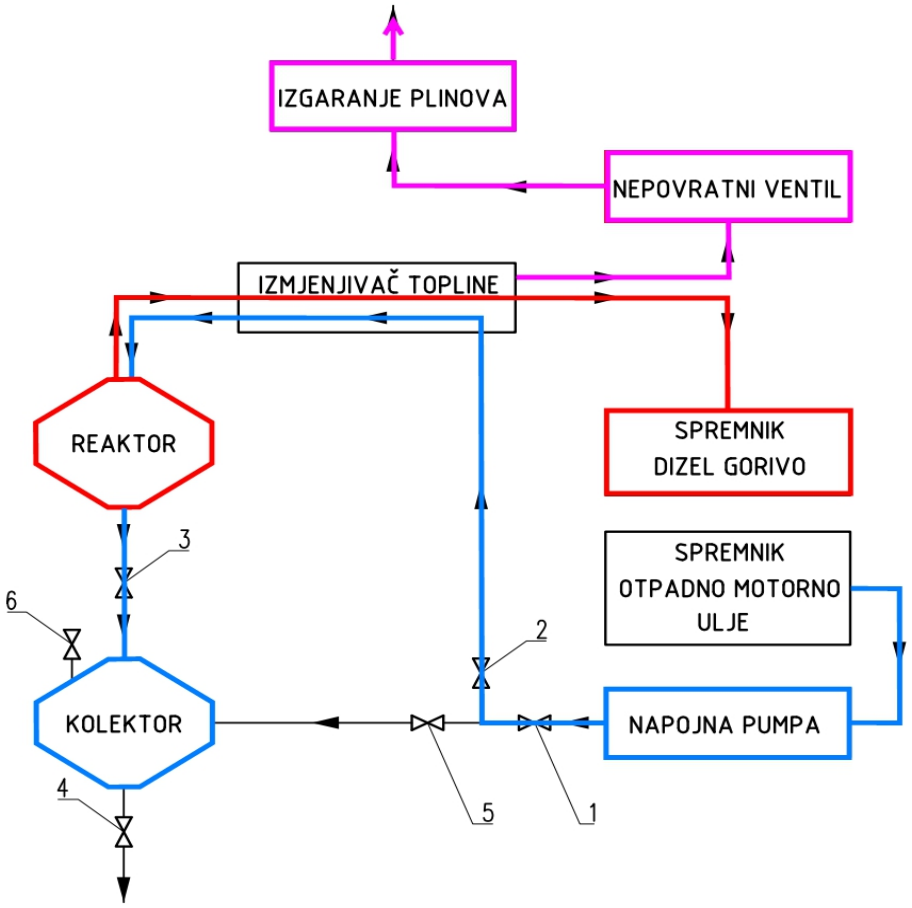
Radni proces prikazan slikom 4 započinje dobavom otpadnog motornog ulja iz spremnika preko napojne pumpe, te se kroz ventile (pozicija 1 i pozicija 2) otpadno motorno ulje šalje u izmjenjivač topline (cijev DN 300). Kroz izmjenjivač topline otpadno motorno ulje ulazi u kolektor i reaktor u kojem se nalaze električni grijači koji zagrijavaju ulje na 330 ºC. U radnom procesu ventili prikazani pozicijama 1, 2 i 3 su otvoreni, dok su ventili prikazani pozicijama 4, 5, i 6 zatvoreni i važni su za proces čišćenja.

Na slici 4 plavom bojom prikazan je hladni put otpadnog motornog ulja. Hladni put predstavlja ispunjavanje komponenti sustava otpadnim motornim uljem. Ispunjavanje komponeneti sustava uljem je pripremna radnja za drugi dio radnog procesa, odnosno za start postrojenja i početak prerade otpadnog motornog ulja u dizel gorivo.



Slika 4. Radni proces – hladni put

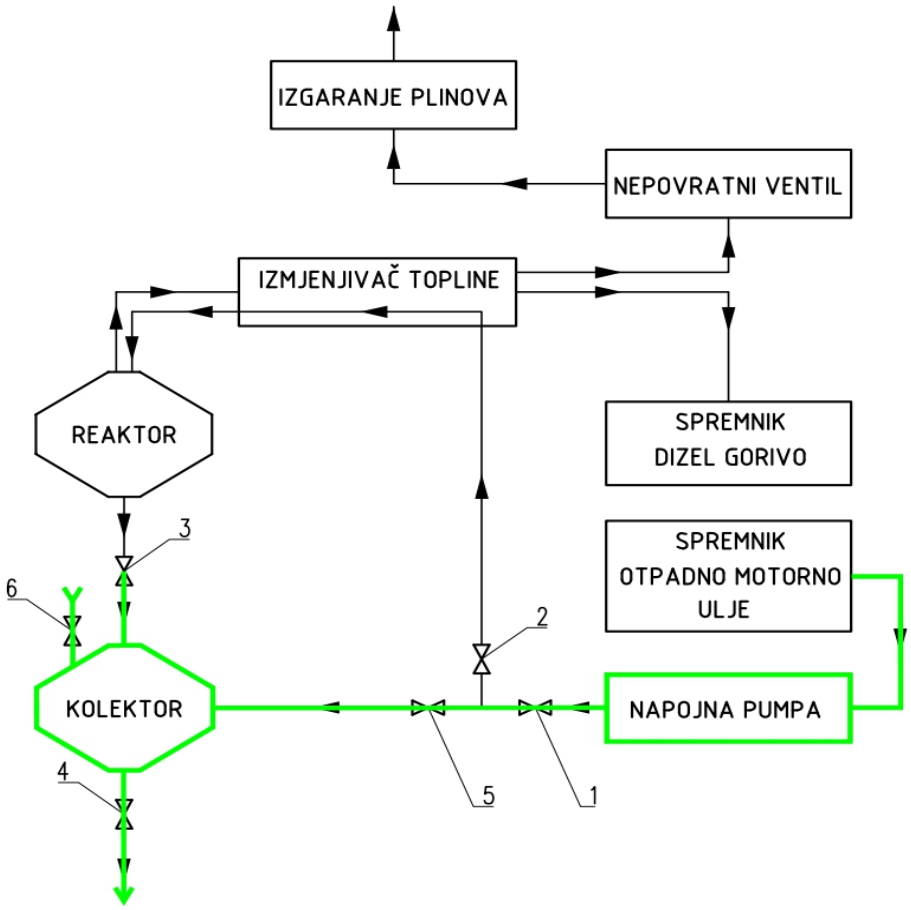
Na slici 5 crvenom bojom prikazana je druga faza proizvodnog ciklusa, odnosno topli put. Druga faza prikazuje isparavanje otpadnog motornog ulja u reaktoru, te dobivena para ulazi u izmjenjivač topline kroz 37 cijevi DN 25 gdje kondenzira u dizel gorivo.
U fazi nastajanja i kondenzacije dizel goriva dolazi do nastanka plinova unutar izmjenjivača topline koji su lako zapaljivi i vrlo neugodnog mirisa, te ih je potrebno sagorjeti prije ispuštanja u atmosferu. U svrhu odvajanja plinova od dizel goriva dodan je element u kojem se odvaja dizel gorivo od nastalih plinova. Odvajanje se vrši u razdjelnoj komori gdje se plinovi kroz nepovratni ventil i sustav ispuha sagorijevaju. Ovaj put na slici 5 shematski je prikazan roznom bojom.



Slika 5. Radni proces – topli put

3.2. Proces čišćenja

U procesu isparivanja dolazi do stvaranja taloga koji se iz reaktora kroz ventil (pozicija 3), prikazanog na slici 6, odvodi u kolektor. Ovako odlaganje taloga u proizvodnom procesu je osnova za procesnu obradu otpadnog motornog ulja. Kolektor se u prvoj fazi ispunjava hladnim otpadnim motornim uljem. U radu talog iz reaktora, obzirom da je veće gustoće od otpadnog motornog ulja, propada u kolektor predajući otpadnom motornom ulju u kolektoru toplinu i potiskujući otpadno motorno ulje iz kolektora natrag u reaktor na preradu. Ovaj proces traje sve dok se kolektor u potpunosti ne ispuni talogom, što je zapravo trenutak početka procesa čišćenja. Proces čišćenja prikazan je slikom 6 i označen zelenom bojom, a započinje zatvaranjem ventila (pozicija 3) i prekidanjem veze fluida između reaktora i kolektora. Ventil (pozicija 4) se potom otvara da bi se ispustio talog iz kolektora. Talog je veće gustoće od otpadnog motornog ulja i izlazi vrlo sporo i iz tog razloga instaliran je ventil (pozicija 6) koji se potom otvara i omogućava brže istjecanje iz kolektora. Kada je kolektor u potpunosti ispražnjen zatvara se ventil (pozicija 4). Sada je slučaj da je kolektor prazan te se otvara ventil (pozicija 5) i ulijeva svježe otpadno motorno ulje iz spremnika pomoću dobavne pumpe sve dok kolektor ne bude u potpunosti ispunjen otpadnim motornim uljem. Kada je kolektor ispunjen u cijelosti zatvara se ventil (pozicija 5) i ventil (pozicija 6) te otvara ventil (pozicija 3) i ponovno uspostavlja veza između reaktora i kolektora. Tada se otvara ventil (pozicija 2) i uspostavlja se veza između napojne pumpe i izmjenjivača topline, a time i reaktora.



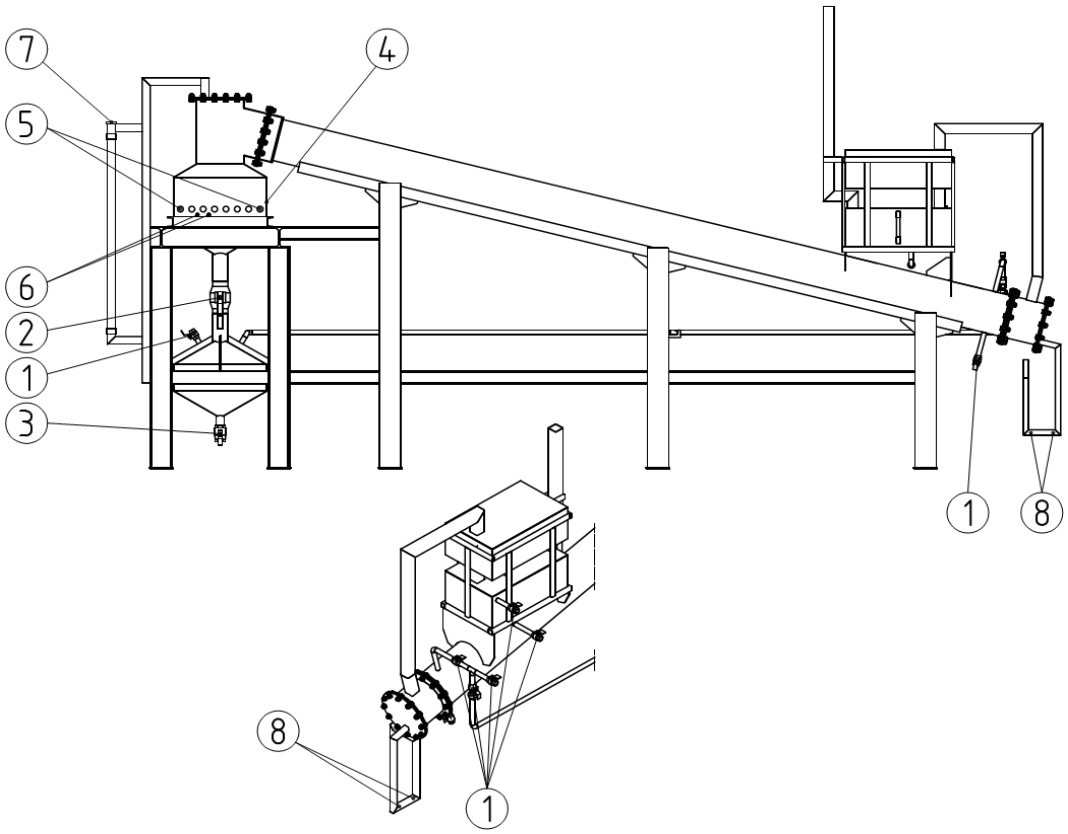
Slika 6. Proces čišćenja

Ovim načinom pražnjenja i ponovnog punjenja kolektora omogućava se ušteda u energiji na način da se nije dozvolilo zagrijanom otpadnom motornom ulju iz reaktora ulijevanje u kolektor nego se kolektor ispunio otpadnim motornim uljem iz spremnika putem sustava dobave. Nakon punjenja kolektora dobije se hladno otpadno motorno ulje u kolektoru i toplo otpadno motorno ulje u reaktoru, te neće doći do miješanja ova dva ulja i neće doći do pada temperature u reaktoru i ometanja proizvodnog procesa. Hladno otpadno motorno ulje u kolektoru će se postupno zagrijavati i podizati prema reaktoru kako se ponovno kolektor bude popunjavao s talogom.

Sa stajališta energetske učinkovitosti sustava ovakav proces uvelike štedi energiju i smanjuje nepotrebne energetske gubitke. Glavne značajke uštede energije vidljive su prvenstveno u izmjenjivaču topline, gdje se energija za predgrijavanje sirovine iskorištava za ukapljivanje završnog proizvoda. Druga ušteda napravljena je ubacivanjem kolektora i načinom punjenja i pražnjenja te iskorištenja energije sadržane u talogu za predgrijavanje otpadnog motornog ulja prije ulaska u reaktor.

3.2. Armatura, oprema i sigurnosni sustav

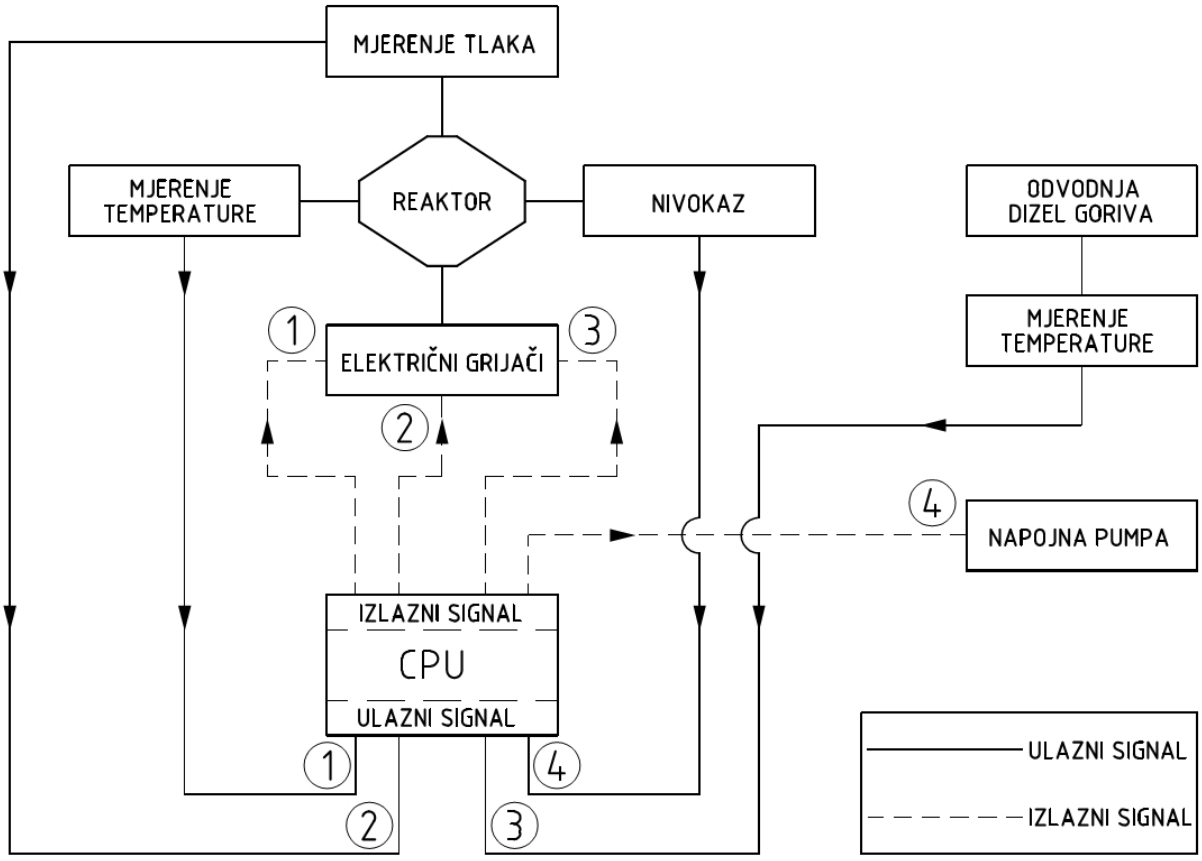
Armaturu i opremu postrojenja sačinjavaju svi ventili i elektrooprema za mjerenje temperature, tlaka i razine otpadnog motornog ulja. Slika 7 prikazuje položaje armature i mjerno regulacijske opreme ugrađene na postrojenju.



Slika 7. Položaji armature i opreme postrojenja

- Pozicija 1: Ventil DN 25
- Pozicija 2: Ventil DN 100
- Pozicija 3: Ventil DN 50
- Pozicija 4: Nivokaz
- Pozicija 5: Električni grijači
- Pozicija 6: Mjerne sonde – mjerenje temperature
- Pozicija 7: Mjerna sonda – mjerenje tlaka
- Pozicija 8: Mjerne sonde – mjerenje temperature

Upravljanje postrojenjem za preradu otpadnog motornog ulja u dizel gorivo djelomično je automatizirano. Automatizacija radnog procesa je potpuna nakon što se uspostavi proizvodni proces, dok je proces čišćenja u potpunosti ručno upravljan. Na slici 8 prikazana je shema regulacije procesa proizvodnje. Mogu se uočiti četiri ulazna signala u centralnu jedinicu. Regulacija temperature reaktora se postiže paljenjem i gašenjem grijača na način da mjerna sonda za mjerenje temperature šalje signal centralnoj jedinici o iznosu temperature reaktora. Kada se izmjerena temperatura spusti ispod minimalno dopuštene, grijači se pale i započinju proces grijanja. Kada je izmjerena temperatura dosegla maksimalnu vrijednost, centralna jedinica gasi grijače unutar reaktora.

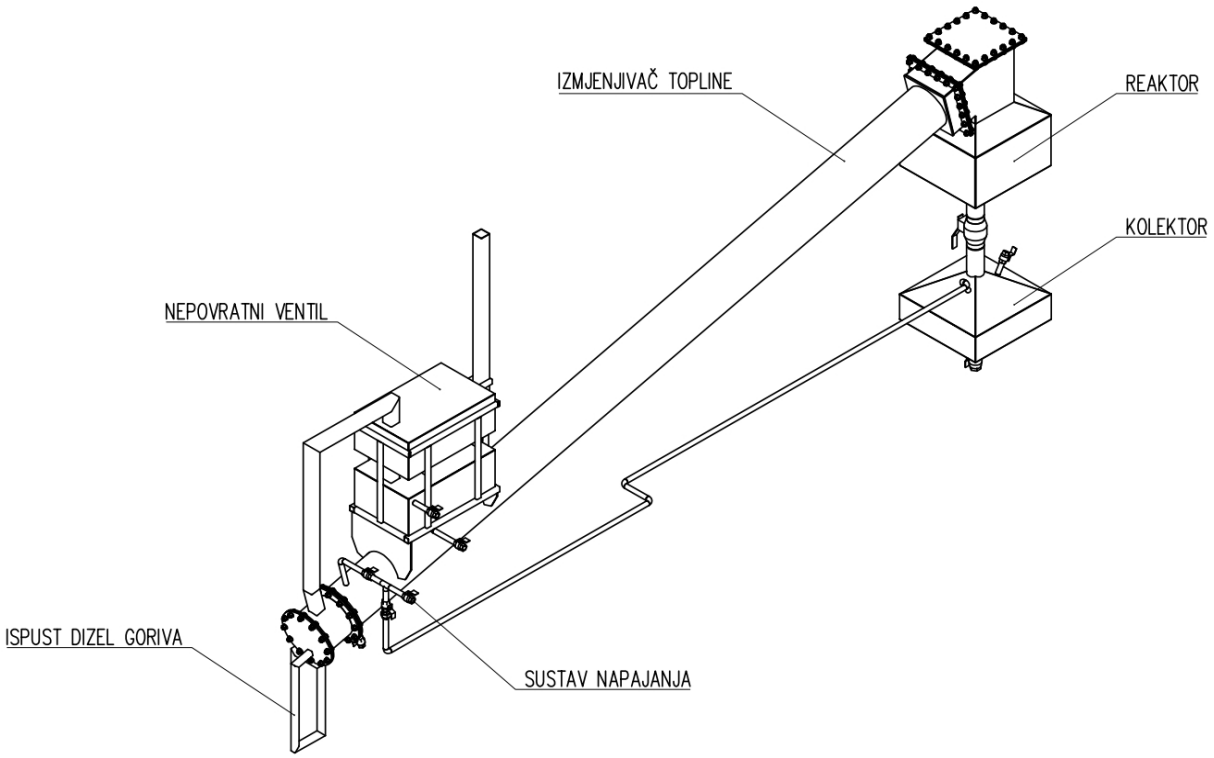


Slika 8. Shematski prikaz upravljanja postrojenjem

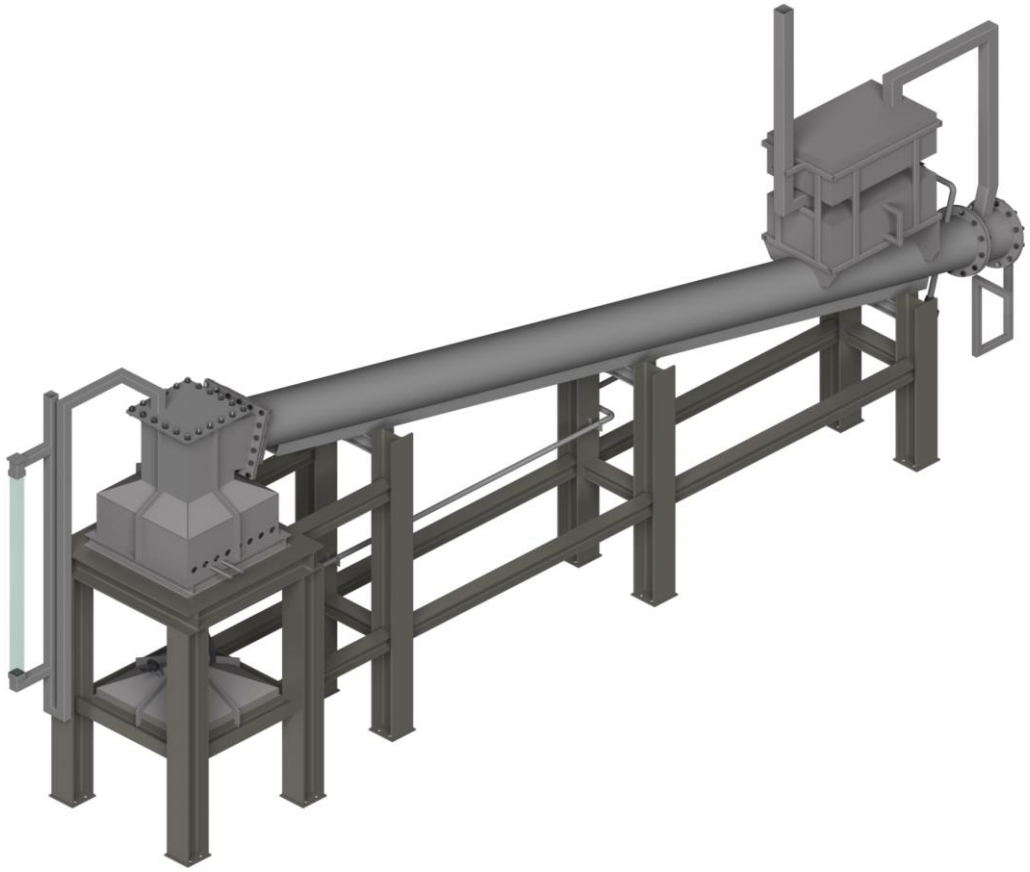
Mjerač razine u sustavu regulacije tlaka šalje podatak o iznosu tlaka reaktora, te bilo kakvo odstupanje od dozvoljenih granica rezultira gašenjem grijača reaktora, što je sigurnosna mjera od preopterećenja tlakom. Mjerenje temperature izlaznog dizel goriva potrebno je zbog opasnosti od samozapaljenja. Odstupanje preko maksimalno dozvoljene temperature izlaznog goriva rezultira gašenjem sustava u vidu prekida rada električnih grijača reaktora. Razina otpadnog motornog ulja u reaktoru regulira se pomoću nivokaza koji signalom centralnoj jedinici javlja podatak o razini ulja u reaktoru i na osnovu tog podatka centralna jedinica vrši paljenje ili gašenje napojne pumpe.

4. Postrojenje za preradu otpadnog motornog ulja u dizel gorivo

Prema navedenim procesima i shematski prikazanim komponentama idejno postrojenje za proizvodnju dizel goriva iz otpadnog motornog ulja izvedeno je prema slici 9. Na slici 9 se mogu uočiti aktivne komponente sustava bez čelične konstrukcije dok slika 10 prikazuje postrojenje sa svim njegovim konstrukcijskim elementima.



Slika 9. Idejno rješenje postrojenja bez čelične konstrukcije



Slika 10. 3D model postrojenja

5. Zaključak

U radu je opisan tehnološki proces za preradu otpadnog motornog ulja u dizel gorivo gdje su dani osnovni parametri i konceptno rješenje postrojenja. Prikazani su i sigurnosni uređaji, te njihova uloga s naznačenim mjestom instalacije unutar proizvodnog sustava. Proizvodni sustav može se svrstati u sustave s visokim stupnjem iskorištenja energije što je postignuto dodavanjem kolektora. Na taj način se iskoristio dio energije sadržan u talogu koji nastaje unutar reaktora. Načinom pražnjenja kolektora spriječio se gubitak energije, te nagli pad temperature reaktora. Izmjenjivač topline prilikom kondenzacije nastalih para preuzetu energiju pare predaje sirovini koja se dovodi u reaktor. Upravljanje procesom proizvodnje izvedeno je gotovo automatski. Radni proces s regulacijskom opremom i upravljačkom jedinicom u potpunosti izvršava sve funkcije samostalno bez potrebe za ljudskom intervencijom. Proces čišćenja je u potpunosti ručno upravljan proces i predstavlja segment postrojenja u kojem su moguća daljnja poboljšanja.

6. Literatura

[1] Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, *Gospodarenje otpadnim uljima*, 2010. URL:http://www.azo.hr/GospodarenjeOtpadnimUljima

[2] Jason Jelonek:*Introduction to Using Waste Motor Oil as Fuel*. URL:http://www.wvodesigns.com/media/WMOEbook_revA.pdf

Rehabilitacija cjevovodnih sustava
Pipeline network rehabilitation

M.Šavar[1,*], H. Wolf[1], I. Sutlović[2]

[1]Fakultet strojarstva I brodogradnje u Zagrebu, Hrvatska
[2]Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije u Zagrebu, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: mario.savar@fsb.hr

Sažetak
Dobro upravljanje cjevovodnim sustavom podrazumijeva jeftin, siguran i pouzdan transport fluida do svakog potrošača. Kod "ostarjeloga" cjevovoda, zbog učestalih popravaka i čestih prekida u vode, pouzdanost sustava je vrlo upitna. Najbolji način sanacije je zamjena starih cijevi novima. Glavni problem na koji inženjeri nailaze je kako pravilno odrediti vrijeme zamjene dotrajale cijevi novom
U ovom radu je dan pregled metoda za određivanje dotrajalosti cijevi, odnosno preostalog životnog vijeka trajanja cjevovoda. Odabrane su dvije metode koje daju najbolje rezultate, te se njihovom kombinacijom pokušalo doći do optimalnog rješenja. Primjena tih metoda prezentirana je na primjeru velikog cjevovodnog sustava s više od 20 000 cjevovodnih segmenata i ukupne duljine preko 2000 km.

Abstract
Good maintains of pipeline network system means inexpensive, safe and reliable transport of fluid to every consumer. System reliability is highly questionable in the worn out pipeline network, due to frequent repairs and frequent interruptions in the fluid supply. The best way of pipeline rehabilitation is the replacement of the old pipes with new ones. The main problem is to determine the appropriate time of replacement of the worn-out pipes.
This paper presents an overview of methods for determining the deterioration of the pipes and the remaining lifetime of the pipeline. The combination of two methods that gives the best results are obtain to achieve the optimal solution. The application of these methods is presented on the example of a large pipe system with more than 20 000 pipe segments and a total length of over 2,000 km.

Ključne riječi: održavanje cjevovoda, cjevovodni sustavi, rehabilitacija cijevi

Keywords : maintenance of pipelines, pipeline network, pipeline rehabilitation

1. Uvod
Glavna zadaća komunalne organizacije je održavati cjevovodnu mrežu u dovoljno dobrom stanju da se osigura brz, jeftin, siguran i pouzdan transport vode do svakog stanovnika i svakog privrednog subjekta. Ovu obavezu najlakše je ostvariti dobrim održavanjem cjevovoda i pravovremenom zamjenom istrošenih cijevi novima. Održavanju cjevovoda može se pristupiti na dva načina: pasivnim (intervenirati tek kada dođe do kolapsa cijevi),

pro-aktivnim (zamijeniti istrošenu cijev novom prije kraja njenog životnog ciklusa). Oba pristupa imaju svoje prednosti i svoje mane.

Prednosti pasivnog pristupa su da se cijev zamjenjuje novom na kraju njenog životnog ciklusa, te da se maksimalno odgađa s novim investicijama. S druge strane ovaj pristup ima i niz mana. Kako je intervencija nenadana (kada dođe do puknuća) nije moguće naći ekonomski najpovoljnije rješenje, već se materijal i izvođač pronalaze prema kriteriju hitnosti. Istovremeno povećana je vjerojatnost ugrožavanja opskrbe vodom stanovništva, štete u proizvodnji (u tvrtkama koje koriste vodu), te vjerojatnost nastajanja materijalnih šteta izazvanih puknućem cijevi. Zbog incidenta nastalog puknućem cijevi i prekida isporuke vode štetu trpe i potrošači i distributeri.

S druge strani pro-aktivni pristup ima čitav niz prednosti u odnosu na pasivni pristup. Cijevi se ne mijenjaju kada dođe do havarije nego u ekonomski najpovoljnijem trenutku. Takva planska izmjena cijevi omogućava da se odaberu optimalni materijali i izvođači. Kako je izmjena cijevi planska pri izvođenju radova nema prekida u opskrbe vodom (planira se alternativni pravac dobave vode tijekom izvođenja radova). Možda najvažnija prednost pro-aktivnog pristupa je da se cijevi mijenjaju prije nego dođe do puknuća što znatno smanjuje vjerojatnost nastajanja materijalnih šteta. Jedini nedostatak ove metode je da je potrebna ranija investicija u rehabilitaciju cjevovoda jer cijevi nisu u uporabi cijeli životni vijek nego se mijenjaju ranije.

Česta je zabluda da je ovaj pristup skuplji jer se investira nešto ranije, međutim ovaj pristup je jeftiniji jer se cijevi mijenjaju u ekonomski optimalnom trenutku.

Zbog nesumnjive prednosti pro-aktivnog pristupa mnogi distributeri uvode taj način održavanja cjevovoda. Glavni problem na koji inženjeri nailaze je kako pravilno odrediti vrijeme zamjene dotrajale cijevi novom, tj. kako odrediti trenutak kada je preostala vrijednost cjevovoda manja od budućih troškova popravaka i troškova gubitaka vode. Kako je ovo vrlo složeno pitanje u praksi se razvilo mnogo teorija koje pokušavaju riješiti taj problem. Niz različitih pristupa u praksi svrstan je u četiri osnovna modela:

- Model rangiranja istrošenosti (Deterioration point assignment model),
- Model optimalne zamjene (Break even analyses model),
- Model vijeka trajanja (Failure probability and regression model),
- Model mehaničke čvrstoće – egzaktni model (Mechanistic model).

Svaki od ovih modela ima svoje dobre i loše strane, te niz zahtijevanih ulaznih podataka koje je često teško pribaviti. Dobar izbor metode i kvaliteta ulaznih podataka imati će presudni utjecaj na kvalitetu rješenja.

2. Pregled modela vijeka trajanja cijevi

2.1 Model rangiranja istrošenosti

U modelu rangiranja istrošenosti svakoj cijevi pridružuje se niz faktora kojima se ocjenjuje dotrajalost cijevi. Ti utjecajni faktori mogu biti starost cijevi, materijal cijevi, promjer cijevi, vrsta tla, lokacija, tlak u cijevi, broj prethodnih puknuća itd. kao što je opisano u [1] do [9]. Numeričke vrijednosti svakog od tih faktora grupirane su u intervalne razrede, a zatim je

svakom razredu pridružena vrijednost indeksa puknuća (npr. vjerojatnost puknuća cijevi). Neki autori [10] predlažu da se indeks puknuća pojedinog utjecajnoga faktora rangira. Ukupni indeks puknuća za svaku cijev izračunava se sumiranjem svih indeksa puknuća za pojedine utjecajne faktore. Ukoliko je ukupni indeks puknuća cijevi veći od neke unaprijed propisane vrijednosti cijev je potrebno zamijeniti. Ova metoda je prihvaćena od niza autora, a često je i polazna osnova za neke druge složenije metode. U nedostatku egzaktnih podataka o vjerojatnostima nastajanja puknuća zbog nekog utjecajnog faktora, indeks puknuća se procjenjuje na temelju postojećih podataka i na temelju iskustva operatera. Takav pristup daje veliku fleksibilnost u zadavanju parametara što je glavna prednost, ali ujedno i mana ove metode jer će rezultati proračuna ovisiti o kvaliteti procjene unesenih parametara. Na ovaj način dobiveni rezultat neće izraziti pravu vjerojatnost nastajanja puknuća i težinu posljedica već će samo izraziti relativne odnose indeksa puknuća pojedinih dionica cjevovodne mreže. Međutim i tako napravljena analiza rizika izuzetno je korisna u održavanju cjevovoda. Za pretpostaviti je da će dio cjevovodne mreže s najvećim relativnim indeksom puknuća ujedno biti najugroženiji i potrebno ga je sanirati prvog. Mana ove metode (koja daje samo relativni odnos indeksa puknuća) je nepostojanje jasnih kriterija određivanja preostalog eksploatacijskog vremena cjevovoda.

2.2 Model optimalne zamjene

Model optimalne zamjene razmatra odnos cijene popravaka i cijene zamjene cjevovoda. Prema autorima [11] do [18] optimalno vrijeme zamjene cijevi je kada godišnja vrijednost zamjene cijevi bude manja od ukupne godišnje vrijednosti troškova curenja i popravaka (minimum ukupnih troškova). Cijev tijekom svog životnog ciklusa sve više gubi na vrijednosti, te tijekom vremena preostala vrijednost cjevovoda postaje manja od cijene popravaka cijevi. Takvu cijev se ne isplati popravljati već ju je potrebno zamijeniti novom. Zanimljiva je studija Male [19] u kojoj ispituje nakon kojeg puknuća više nije isplativo cijev popravljati. Prednost ovog modela je u tome što se cijev mijenja u ekonomski optimalnom trenutku. Ekonomski proračun koji nam govori kada cijev treba promijeniti ovisi o raspoloživim podacima. Nedostatak dovoljno dobre baze podataka za odlučivanje najčešći je nedostatak ove metode. Ukoliko napravimo mnogo različitih kategorija (starost cijevi, materijal cijevi, promjer cijevi, vrsta tla, lokacija, tlak u cijevi) u svakoj kategoriji neće biti dovoljno podataka za kvalitetno odlučivanje, i obrnuto ako napravimo malo kategorija (postoji dovoljno podataka za odlučivanje) proračunato optimalno vrijeme zamjene vrijedit će za vrlo široki raspon svojstava cijevi.

2.3 Model vijeka trajanja

Ovaj model je u stvari logičan nastavak modela rangiranja istrošenosti. Model kreće od kriterija razvijenih u modelu rangiranja istrošenosti te nastoji odrediti vijek trajanja cijevi svake pojedine kategorije. Na taj način bi se otklonio ujedno i glavni nedostatak modela rangiranja istrošenosti. Grupa autora [21] do [23] krenula je u pravcu određivanja učestalosti puknuća cjevovoda. Nažalost u njihovim studijama koeficijent korelacije R^2 nije prelazio vrijednost 0.47. Druga grupa autora [24] do [30] krenula je u pravcu određivanja vremena eksploatacije cijevi, tj. koliki postotak cijevi iz te kategorije je potrebno zamijeniti do zadanog roka. U sklopu tih projekata razvijeni su i konkretni računalni programi, neki i sa GIS

podrškom (KANEW, PIPES). Ovaj model je prihvaćen od najvećeg broja autora kao trenutno najbolji i najperspektivniji. Mana mu je nedovoljno točno modeliranje predviđenog vremena puknuća cjevovoda. Taj dio modela unosi i najveće netočnosti u ovaj model.

2.4 Model mehaničke čvrstoće

Ovaj model se temelji na procjeni preostale debljine stijenke cijevi, odnosno procjeni vremena nakon kojeg će doći do loma cijevi (kada preostala debljina stijenke bude jednaka nuli).

Premda je model mehaničke čvrstoće jedinstven model on se temelji na četiri podmodela od kojih svaki modelira neku funkcionalnost unutar ovog modela:

- Model opterećenja – modelira opterećenje kojim je izvrgnuta cijev
- Model dotrajavanja – modelira dubinu korozije kao i preostalu debljinu stijenke cijevi
- Model korelacije – uspoređuje podatke dobivene iz modela dotrajavanja sa stvarnim stanjem na terenu
- Model puknuća – na temelju preostale debljine cijevi računa se faktor sigurnosti

Razni autori bavili su se ovim modelom ili dijelom modela. Grupa autora [31] do [35] bavila se modelom nastajanja i širenja korozije, dok su se drugi autori bavili opterećenjem cijevi. Ova metoda daje najbolji uvid u stvarnu fiziku nastajanja puknuća u cijevi. Dobro je matematički interpretirana te je pogodna za znanstvena istraživanja. U praksi je metoda dosta kruta jer zahtijeva točno određene parametre stanja cijevi ili tla. Često nam ti parametri nisu dostupni, a ova metoda ne nudi elegantna rješenja da bi se takvi nedostaci izbjegli.

3. Odabir metode rangiranja cjevovoda

Dobar odabir metode za analizu rangiranja cjevovoda od presudne je važnosti za kvalitetu rezultata. U najvećem broju slučajeva odabir metode je induciran raspoloživim podacima o cijevima te podacima o puknuću tih cijevi. Sofisticiranije metode (koje u principu mogu dati bolji rezultat) gotovo uvijek traže veliki broj ulaznih podataka koji nam često nisu dostupni, jednostavnije metode se znaju „snaći“ i sa manjim brojem ulaznih parametara, ali je njihova točnost bitno manja. Često za dobru analizu i kvalitetne rezultate nije dovoljna jedna metoda nego ih je potrebno više. U nastavku je dan primjer primjene odabira dviju metoda na velikoj vodovodnoj mreži.

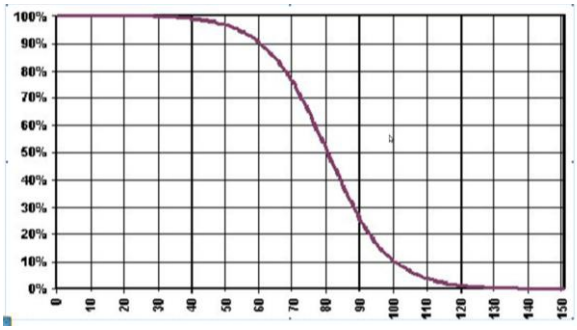
Za analizu je odabrana velika vodovodna mreža ukupne duljine cijevi 2176.422 km koja se sastoji od 20394 segmenta. Za svaki segment su na raspolaganju podaci o duljini, materijalu, promjeru, broju puknuća, godini ugradnje, kvartu, te da li je cijev magistralna ili priključak. Cijevi od sivog lijeva čine 50.1% ukupne duljine cjevovoda i prosječno su stare 36 godina, dok cijevi od polietilena (različitog sastava i čvrstoće) čine 30 % ukupne duljine cjevovoda prosječne starosti 8.8 godina. Sve ostale cijevi čine 20% ukupne duljine cjevovoda. Tijekom osmogodišnje eksploatacije zabilježeno je 58 466 puknuća cjevovoda ili 20 dnevno te postoji dokumentacija o svakom puknuću.

Zbog relativno oskudnog ulaznog seta podataka odabrane su metoda R. Hertz i metoda J. F. Kiefnera. Metoda R. Hertza bazirana je na praćenju vijeka trajanja svih segmenata te daje faktor rizika segmenta procijenjen na temelju svih podataka puknuća za cjevovodnu mrežu. Metoda daje dobre podatke o starosti pojedine grupe cijevi, a njena je najveća mana što ne

gleda stvarno stanje pojedinog segmenta. Metoda J. F. Kiefnera bazirana je na praćenju puknuća svakog pojedinog segmenta. Metoda daje jako dobru ocjenu stanja pojedinog segmenta dok manje pažnje posvećuje starosti cijevi.

3.1 Metoda R. Hertza

Prema modelu vijeka trajanja Reimunda Hertza sve „jednake“ cijevi moraju imati i jednak vijek trajanja, odnosno vijek trajanja cijevi ponaša se po Gaussovoj razdiobi. Na slici 1 prikazan je dijagram preživljavanja cijevi tj Gaussova raspodjela vijeka trajanja. Dakle prema dijagramu brzine starenja cijevi vidljivo je da imamo jedan period kada mehanička svojstva cijevi ne degradiraju te je 100% cijevi ispravno (period od 0 do 40. god). Zatim period degradacije mehaničkih svojstava cijevi (od 40 do 80 god degradira 50% cijevi, a do 120 god je degradirano 100% cijevi).

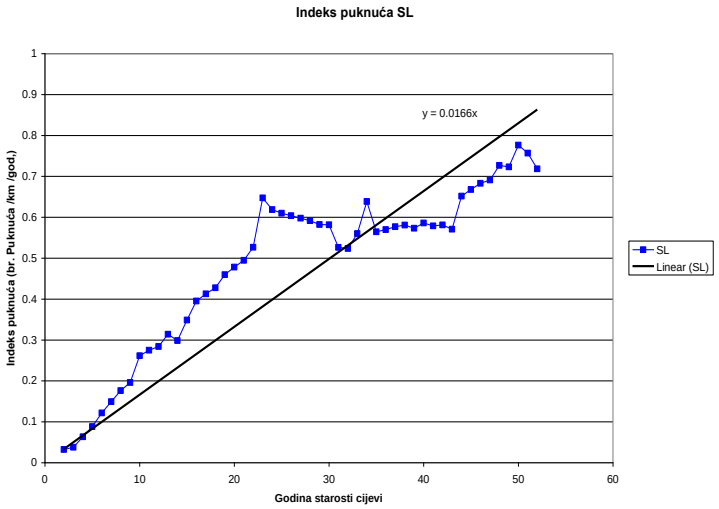


Slika 1. Funkcija preživljavanja

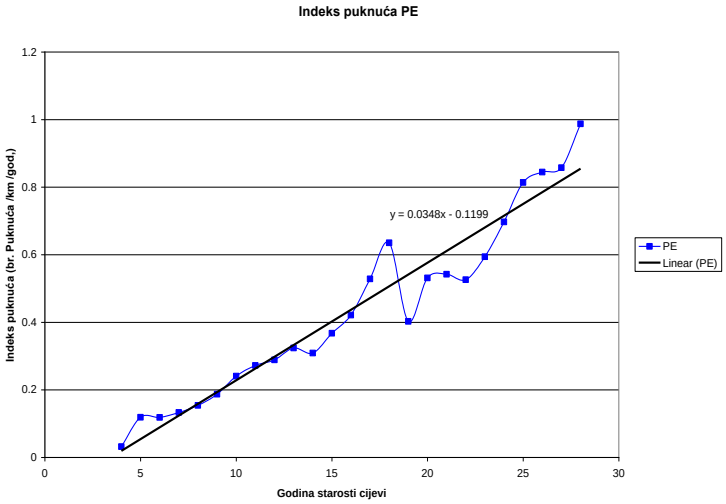
Matematički izraz koji opisuje ove dijagrame zovu se Hertzova funkcija (sigmoidna funkcija) ili funkcija preživljavanja

$$S(x) = \frac{1}{1+e^{\frac{t-c}{b}}}$$

gdje je: t – vrijeme eksploatacije cijevi, b – koeficijent zatajenja (puknuća), c – prosječni vijek trajanja. Koeficijente b i c smo odredili analizom podataka o puknuću cijevi (na slikama 2 i 3 su dani prikazi broja puknuća po kilometru godišnje za cijevi od sivog lijeva i polietilena)



Slika 2. Indeks puknuća SL cijevi (regresija)



Slika 3. Indeks puknuća PE cijevi (regresija)

3.2 Model upravljanja rizicima J. F. Kiefnera

Prema modelu upravljanja rizicima J.F. Kieftnera za svaku pojedinu cijev izračunava se indeks rizika. Što je veći indeks to je cijev potrebno prije zamijeniti novom. Indeks rizika *R* određuje se iz izraza

$$R = (P_{of} + P_{co} + P_{mc})Q$$

gdje je koeficijent vjerojatnosti puknuća cijevi nastao djelovanjem trećih osoba,

$$P_{of} = K_g \cdot K_m \cdot K_u \cdot K_i \cdot K_p$$

koeficijent vjerojatnosti puknuća cijevi zbog starenja cijevi

$$P_{co} = \frac{1}{s} K_g \cdot K_d \cdot K_e$$

koeficijent vjerojatnosti puknuća cijevi zbog grešaka u projektiranju i održavanju

$$P_{mc} = K_t \cdot K_b \cdot K_a$$

koeficijent štete nastale puknućem cijevi

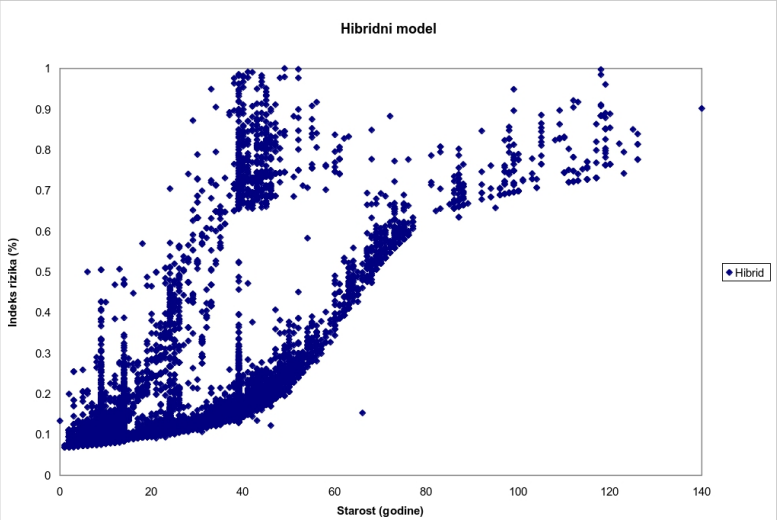
$$Q = K_{na} \cdot p \cdot D^n \cdot K_{pn}$$

Prema Kiefneru koeficijenti imaju slijedeći utjecaj: K_g ovisi o geometriji cijevi, K_m o materijalu cijevi, K_u o dubini ukopa cijevi, K_i o izloženosti , K_p o programu sprečavanja loma cjevovoda, K_d o brzini degradacije, K_e iskustveni koeficijent, K_t o odnosu maksimalno dozvoljenog i radnog tlaka, K_b o starosti cjevovoda, K_a o spajanju cjevovoda, K_{na} o naseljenosti, K_{pn} o koeficijentu prekida napajanja, a *s* je debljina stijenke, *p* je radni tlak i *D* je promjer cjevovoda.

4. Rezultati

Na temelju eksperimentalnih podataka za svaku grupu cijevi možemo odrediti koeficijente u Hertzovoj funkciji preživljavanja te na temelju tih podataka odrediti indeks rizika (izračunat funkcijom rizika). Ovo je dobar način rangiranja cijevi čija je jedina mana što cijelu grupu cijevi tretira na isti način. Nažalost ova metoda na pravi razliku između cijevi iste starosti tj.

sve cijevi iste starosti imaju isti indeks rizika. Za razliku od toga Kiefnerov model vrlo lijepo radi razliku u dotrajalosti cijevi iste starosti, ali se vrlo malo bavi starosti cijevi (npr. cijev stara 120 godina ima indeks rizika manji od 0.5). Zbog nedostatnosti ovih dvaju modela uvedi se hibridna metoda koja kombinira rezultate ovih dvaju modela u omjeru pola pola. Na slici 4 prikazani su indeksi rizika hibridne metode iz koje je vidljivo da su usvojene dobre strane oba modela. Točno se vide dva sigmoidna skupa (plastika i sivi lijev) koji su rezultat Hertzova modela te rasipanje indeksa rizika za svaki segment (premda su isto stari) kao rezultat Kieftnerova modela.



Slika 4. Indeks rizika hibridnog modela

5. Zaključak

Dobro održavanje cjevovoda podrazumijeva pravovremenu zamjenu istrošenih cijevi novima. Na temelju analize podataka (hibridna shema) može se točno izračunati koliko cijevi treba zamijeniti svake godine te koje su cijevi u najlošijem stanju (veliki indeks rizika) te ih treba zamijeniti što je moguće prije.

Za sustav opisan u ovom članku izračunato je da se godišnje mora mijenjati najmanje 20 km cjevovoda ako želimo da broj puknuća ostane isti (starost cjevovoda se povećava) odnosno 56 km ako želimo da starost cjevovoda ostane ista (broj puknuća se znatno smanjuje). Prilikom zamjene cijevi mogu se očekivati veliki troškovi pa je potrebno načiniti vrlo preciznu strategiju koje cijevi i kada treba iskapati.

Izbor metode prema kojoj se provodi zamjena starih cijevi novima, uvjetovan je u prvom redu raspoloživim podacima. Dobivene rezultate treba podvrći vrlo strogoj analizi te kombinirati dvije ili više različitih metoda ukoliko nismo zadovoljni rezultatima jedne analize. Na ovaj način je moguće postići da se znatna sredstva upotrijebljene za rehabilitaciju vodovoda optimalno iskoriste.

6. Literatura

[1] Deb, A.K., Momberger, K.A., Hasit, Y.J. and Grablutz, F.M.: *Guidance for Management of Distribution System Operation and Maintenance*, Denver, Colo.: AWWARF and AWWA, 2000.
[2] Jamieson, R. M. and McDonald, J. S.: *Pipeline Monitoring*, Pipeline Engineering Symposium-1986, ASME (February 23-27, 1986).
[3] Davis, M. J.: *Tenneco's Efforts for Verifying Pipeline Integrity*, American Gas Association Operating Section, Distribution and Transmission Conference (May 16, 1988).
[4] Nunez, S. and Martch, H. B.: *A Proposal for Risk Assessment of EPNG Pipelines*, A report for the Renovation Task Force and the Pipeline Safety Committee (October 7, 1988).
[5] British Gas, Anon, *Allocation of Points for Pipeline Inspection Scheduling Scheme*
[6] Mouser, G. G.: *Evaluation Criteria for Replacement of Transmission Pipelines*, American Gas Association Operating Section, Distribution and Transmission Conference (May 16, 1988).
[7] Ahmad, H.: *Economic and Risk Analysis for Gas Line Replacement*, Pipe Line Industry, pp 17-19 (February, 1988).
[8] Muhlbauer, W. K.: *RIPS Identifies Pipeline Risks*, Pipeline Risk Assessment, Rehabilitation and Repair, Houston, Texas (May 20-23, 1991).
[9] Kiefner, J. F. and Vieth, P. H.: *Methods for Prioritizing Pipeline Maintenance and Repair*, Pipeline Research Committee (A.G.A.) Catalog No. L61631 (1991).
[10] Mahlbauer, W. K.: *Pipeline Risk Management Manual, Elsevier*, Oxford, 2004.
[11] Stacha, J.H.: *Criteria for Pipeline Replacement*. *Jour*, AWWA, 70(5):256-258, 1978.
[12] Shamir, U. and Howard, C.D.D.: *An Analytic Approach to Scheduling Pipe Replacement*, Jour. AWWA, 1979.
[13] Walski, T.M.: *Water Supply Systems Rehabilitation*, New York, NY. ASCE. 1987.
[14] Walski, T.M.: *Replacement Rules for Water Mains*, Jour. AWWA. 79(11):33-37. 1987
[15] Walski, T.M. and Pellicia, A.: *Economic Analysis of Water Main Breaks*, Jour. AWWA, 1982
[16] Loganathan, G.V., Sherali, H.D. and Shah, M.P.: *A Two-Phase Network Design Heuristic for the Minimum Cost Water Distribution Systems Under Reliability Constraints*, Engineering Optimization, 15:311-336. 1990.
[17] Loganathan, G.V., Greene, J.J. and Ahn, T.: *A Design Heuristic for Globally Minimum Cost Water Distribution Systems*, ASCE Jour. Water Resources Planning and Management, 121(2):182-192. 1995.
[18] Sherali, H.D., Totlani, R. and Loganathan, G.V.: *Enhanced Lower Bounds for the Global Optimization of Water Distribution Networks*, Water Resources Research, 34(7):1831-1841. 1998.
[19] Male, J.W., Walski, T.M. and Slutsky, A.H.: *Analyzing Water Main Replacement Policies*, ASCE Jour. Water Resources Planning and Management, 116(3):362-374. 1990.

[20] Clark, R.M., Stafford, C.L. and Goodrich, J.A.: *Water Distribution Systems: A Spatial and Cost Evaluation*, ASCE Jour. Water Resources Planning and Management, 108(3):243-256. 1982.
[21] Shamir, U. and Howard, C.D.D.: *An Analytic Approach to Scheduling Pipe Replacement*, Jour.AWWA, 1979.
[22] O'Day, K.D., Weiss, R., Chiavari, S. and Blair, D.: *Water Main Evaluation for Rehabilitation/Replacement*, Denver, Colo.: AWWARF and AWWA. 1986.
[23] Deb, A.K., Hasit, Y.J., Grablutz, F.M. and Herz, R.K.: *Quantifying Future Rehabilitation and Replacement Needs of Water Mains*, Denver, Colo.: AWWARF and AWWA. . 1998.
[24] Deb, A.K., Hasit, Y.J. and Grablutz, F.: *Distribution System Performance Evaluation*, Denver, Colo.: AWWARF and AWWA. 1995.
[25] Roy F. Weston, Inc. and TerraStat Consulting Group. Pipe Evaluation System (PIPES): Deterioration Model Statistical Analysis. Unpublished Project Report. 1996.
[26] Walski, T.M.: *Analysis of Water Distribution Systems*, New York, NY. Van Nostrand Reinhold Co. 1984.
[27] Walski, T.M: *Water Supply Systems Rehabilitation*, New York, NY. ASCE. . 1987.
[28] Walski, T.M: *Replacement Rules for Water Mains*, Jour. AWWA. 79(11):33-37. . 1987.
[29] Walski, T.M. and Pellicia, A.: *Economic Analysis of Water Main Breaks*, Jour. AWWA. 1982.
[31] Romanoff, M.: *Underground Corrosion*, National Bureau of Standards Circular 579. US Government Printing Office, 1957.
[32] Rossum, J.R.: *Predicting of Pitting Rates in Ferrous Metals from Soil Parameters*, Jour. AWWA. 69:6, pp.305-310. 1969.
[33] Kumar, A., Bergerhouse, M. and Blyth, M.: *Implementation of a Pipe Corrosion Management System*, Paper No. 312. Corrosion '87. San Francisco, California. 1987.
[34] Kumar, A., Riggs, W. and Blyth, M.: *Demonstration of the Pipe Corrosion Management System, Corrosion Mitigation and Management System*, Technical Report M-86/08, US Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratory, 1986.
[35] Kumar, A., Meronyk, E. and Segan, E.: *Development of Concepts for Corrosion Assessment and Evaluation of Underground Pipelines*, Technical Report M-337, US Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratory, 1984.

A New Approach in Prevention of Deposits Formation on the Steam Generating Surfaces

S. Vidojkovic[1,*], M. Rakin[2], B. Janackovic[3]

[1]Intitute of Chemistry, Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrade, Serbia
[2]Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrade, Serbia
[3]Research and Development Center IHIS Techno-experts, Belgrade, Serbia

[*]Corresponding author. E-mail: sonja66yu@yahoo.com

Abstract
Deposits and scale in the power chemistry cycle cause enormous efficiency loss followed by huge economic consequences and subsequent increase in the electricity cost. Therefore, the necessity to advance the knowledge of deposition phenomena and ultimatelly estabilsh the better procedures and tools for use by plant operational personnel is distinctly identified as a topmost priority of power industry in highly developed countries. The deposits are mainly composed of steel oxidation products, which are typically present in colloidal form. In this paper the new approach to minimize the deposition by changing the colloidal characteristics of the solids in water steam cycle and thus enhance the electrostatic repulsion between the suspended particles and power generating surface was presented. Existing experimental data on the surface properties of magnetite (Fe_3O_4), which is of special interest for power systems, at power plant operating conditions have been summarized, ways for their practical use have been demonstrated and directions for future research has been recommended. On the basis of a thorough analysis of the proposed mechanism, obtained results and employed experimental techniques a general conclusion was made that performed studies can be used as a reliable foundation for new investigations and further deployment of methods for reducing of deposits formation on boiler tubes surfaces.

Keywords: power plant, water steam cycle, deposits, colloid, magnetite

1. Introduction

The tremendous cost of deposition and deposition-related corrosion in power plants water/steam cycle is one of the main concern of power industry. Deposits formation is one of the prime cause of efficiency loss in power systems. Therefore, high developed countries identified importance of improvement of deposition mechanism understanding for power industry needs. Thus, it was determined that the physical attachment of suspended and colloidal solids to metal surphases is a leading deposition mechanism in power plants. The crucial factor that control the deposition process of magnetite is the electrostatic interaction between the power generator surfaces and the suspended colloidal particles. Electrostatic interaction at the solid/solution interface results in the formation of the electrical double layer. The electric double layer interaction is formed from the charge present on the surface of

particle immersed in an aqueous solution and an ionic cloud of oppositely charged mobile electrolyte ions (counterions) formed around the particle to compensate the surface charge [1]. The electric double layer inetraction is the prime surface force that control the attachment of the particle to the surface. The electrostatic repulsion between the boiler waterwall and colloidal particle is the main prerequisite for deposits prevention. This theory is a basis of a new approach for mitigation deposits formation which is aimed at change of colloidal characteristics (surface charge and zeta potential) of suspended particles in order to increase the electrostatic repulsion.

The deposits in industrial systems using high temperature aqueous medium principally consist of steel oxidation products, mostly magnetite (Fe_3O_4), which are usually present in the colloidal form. Magnetite is of special interest for power systems because it is the most ample deposits component in all types of power plants. There are evidences that numerous power plants suffer from frequent boiler tube ruptures caused by magnetite fouling. Processes at magnetite/water interfaces are of paramount importance for deposit formation in water/steam cycles and they depend sensitively on temperature. Therefore, it is indispensable to provide data on surface properties of magnetite over a large range of temperatures and solution chemistries. However, such data are very scarce due to lack of experimental techniques and facilities capable of operating at high temperatures. This paper summarizes used experimental techniques, mathematical models and existing experimental results on surface characteristics of magnetite at high temperatures. Special account was taken on their practical implication in power industry. In terms of the current state of knowledge the future research was considered.

2. Experimental

For the investigation of magnetite/aqueous electrolyte solution interface at high temperatures several electrochemical techniques have been used so far: potentiometric titrations, mass titrations, electrophoresis and streaming potential.

The potentiometric titrations represent an useful tool to estimate of surface charge density and subsequently the point of zero charge (pH_{pzc}) (the pH at which the net surface charge is equal to zero) of magnetite particles from inflection point. The value of the surface charge was derived from the following equations:

$$\sigma = (F/A)\,(\Gamma H^{+} - \Gamma OH^{-}) \qquad (1)$$

where σ is surface charge density (C m^{-2}), F is the Faraday constant (9.6485 x 104 C mol^{-1}), A is the specific surface area (m^2 g^{-1}), and ΓH^+ and ΓOH^- are the adsorption densities of H^+ and OH^- (mol m^{-2}), respectively. Amount of H+ and OH- at the surface area was calculated as a difference between the between test suspension and the blank. Then, the difference was divided by the surface area of the colloidal magnetite particles. The point of zero charge (pH_{pzc}) is calculated from the dependence of surface charge on the concentration of H^+ and OH^- at different concentrations of the background electrolyte. The common intersection point of surface charge curves was obtained at three or more ionic strengths. Some authors [2, 3, 4, 5] successfully used the acid-base potentiometric titration

to establish the temperature dependence of point of zero charge of magnetite. Besides, Barale et al. [6] reported the results on point of zero charge of magnetite particles in the temperature range from 5 to 320°C exploiting the mass titrations. This is an easy technique for determination of the point of zero charge by adding succeeding shares of solid particles in aqueous electrolyte system and permanent measuring the pH value of equilibrated dispersion until a constant pH value is achieved. This value of pH is the point of zero charge. In comparison with potentiometric titration this technique is simpler, faster and different ionic strengths or blank titrations are avoided. Electrophoresis is third very useful technique utilized for studying of magnetite surface characteristics at elevated temperatures [7]. The peculiarity of this technique is capability of measuring potential at the surface of shear (zeta potential), which constitutes the boundary between bulk fluid and the ions stuck to the surface solid. From the zeta potential the isoelectric point (pH_{IEP}) is derived and represents the condition at which the suspension exhibits the lowest stability. Thus technique is especially useful for prediction the interaction of colloidal magnetite particle with steel wall comparing the signs and magnitudes of their zeta potentials. Except the outlined techniques, the streaming potential was also applied for measuring the zeta potential of magnetite particles at 235°C [8]. This technique is based on measuring the potential drop between two ends of a fine capillary or a powder packed column. Later studies have shown that streaming potential technique suffers from a lack of reproducibility.

3. Results and discussion

The published values for pH_{pzc} or pH_{IEP} of magnetite at elevated temperatures are presented in Table 1.

Table 1. pH_{pzc} or pH_{IEP} values for Fe_3O_4 at various temperatures

Temperature (°C)	pH_{pzc}	pH_{IEP}	Technique	Background electrolyte	Reference
25 **35** **45** **55** **60** **80** **90**	6.55 6.30 6.10 5.90 5.80 5.60 5.40		Potentiometric titration and oxide addition	0.005, 0.05, 0.1 0.5 molar KNO_3	Tewari and McLean [2]
25 30 50 80	6.90 6.80 6.45 6.00		Potentiometric titration	0.001, 0.01, 0.1 molar KNO_3	Blesa et al. [3]
235		6.10	Streaming potential	0.001 molar KNO_3	Jayaweera et al. [8]
50 100 150 200 250 290	6.50 6.24 5.65 5.47 5.31 5.55		Potentiometric titration	0.03 and 0.3 molal NaTr[b]	Wesolowski et al. [4]
25 100 150 200		6.35 6.00 5.25 5.05	Electrophoresis	0.0001 molal KNO_3	Vidojkovic et al. [7]
5 15 25 35 50 50 70 90 125 250 285 320	6.60 6.30 6.20 6.10 6.00 5.60 5.50 5.50 5.20 5.20 5.90 6.10		Mass titration	0.02 molal KCl	Barale et al. [6]
100 125 150 175 200	6.08 5.81 5.44 5.11 4.84		Potentiometric titration	0.1and 0.01 $NaClO_4$	Zebardast et al. [5]

[a]Values in the range from 25 to 90°C interpolated by Wesolowski et al. [4] from a figure in the reference [2].
[b] Sodium trifluoromethanesulfonate

Good agreement was found between obtained results. Generally, small variations may occur due to used material, impurities, pretreatment and models applied for depicting and approximating the experimental data. It was also noticed that results of pH_{IEP} obtained by streaming potential [8] are slightly higher than other results and this inconsistency was in the literature ascribed to the applied technique which was more suitable for studying of substrates.

Data obtained by electrophoretic study [7] have an enormous significance for practical application because they made it possible to determine likelihood of particle adhesion on boiler tube inner surface. Thus, the electrophoretic results (as presented in Fig.1) showed that magnetite particles have highly negative charge in the basic environment which is distinctive for thermal power plant water/steam cycle.

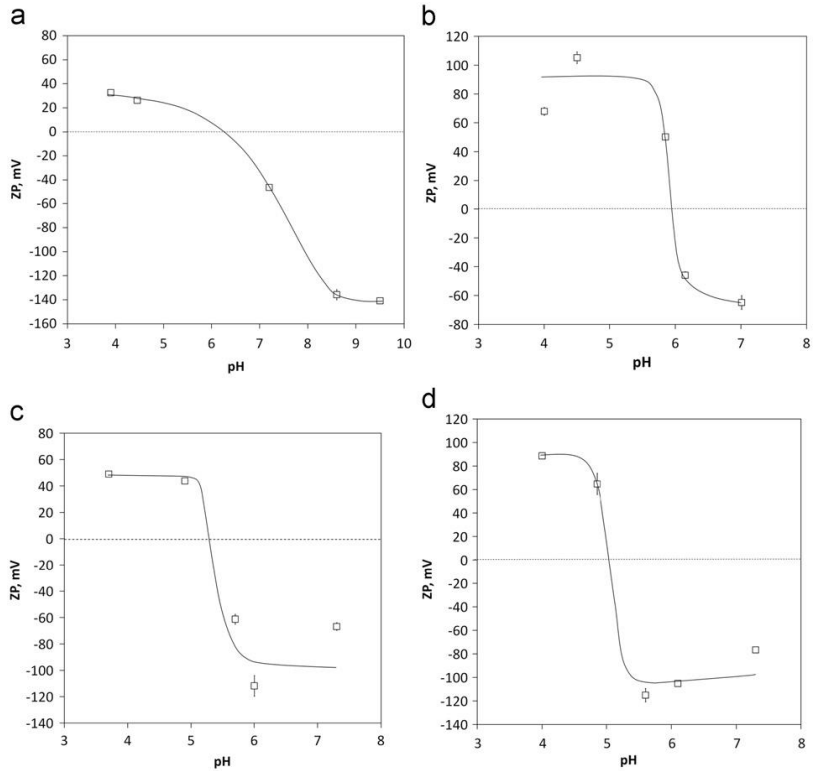


Fig. 1. Zeta potential of magnetite versus pH at different temperatures: (a) 25 ºC, (b) 100 ºC, (c) 150 ºC, and (d) 200 ºC. (Reprinted from [7]; copyright 2015 with permission from Elsevier).

Consequently, the acquired results permit to predict the low probability of particles aggregation and settling in these pH areas. However, in the pressurized water reactors primary circuits (PWR), which work at the pH value of 6.2 ± 0.2, the probability of aggregation is high because of the proximity of isoelectric point. This means that minor change in the pH toward lower values would provoke aggregation and deposition. On the basis of the obtained results it was observed that zeta potential curves at high temperatures sharply decline in the area close to the isoelectric point so that slight shift of pH can result in sudden collapse of the colloidal system and deposition of magnetite particles. This useful information indicates the necessity of accurate pH monitoring in water chemistry cycles of power plants. The deposition of magnetite depends also on the sign of the structural material of the boiler tube, which means that positively charged 690 alloy will attract colloidal particles and result in deposition in the basic medium. Accordingly, metal with negative charge will provide a repulsive potential between charged surfaces and the deposition will be prevented. Moreover, data on magnitude of the zeta potential are also highly valuable because they can serve to determine the extent of the electrostatic interaction between the colloids and

the tube surfaces at specified pH and temperature. Generally, the zeta potential gives an excellent possibility to determine particle-particle and particle-wall interaction while acid base titration provides the characterization of the surface properties in terms of adsorption of charge dissolved species.

All investigations of surface charge and zeta potential of magnetite at elevated temperatures showed that the pH_{pzc} and pH_{IEP} decrease when temperature rises. It was confirmed that that the change of magnetite surface protonation with temperature mimics the protonation of water molecules in solution and the dependence of the neutral pH of water (pH=1/2Kw, where Kw is dissociation constant of water) on the temperature which declines up to 200°C but between 200 and 300°C flattens and reach the minimum [9]. This dependence has been found to be the same for any oxide materials [10]. The self ionisation of water can be presented according to the following equation:

$$2H_2O(l) \leftrightarrow H_3O^+(aq) + OH^-(aq) \quad (2)$$

$$K_w = ([H_3O^+][OH^-] \quad (3)$$

where K_w is dissociation constant of water.

Since that in pure water

$$[H_3O^+]_{eq} = [OH^-]_{eq} \quad \text{and} \quad (4)$$

$$[H_3O^+]_{eq} = \sqrt{K_w} \quad (5)$$

The neutral point of water can be described by following equations [11]:

$$pH = -\log_{10}[H_3O^+] = -\log \sqrt{K_w} = 1/2pK_w \quad (6)$$

The nature of the dependence of pH_{IEP} and the pH_{pzc} on the temperature can be attributed to the change of the ionization constant of water with increasing in temperature which leads to the modification in protonation of surface hydroxyl groups.

For explaining the surface protonation of magnetite mostly one site/one pK (1pK) model was used and good match between the thermodynamic parameters of surface reactions on magnetite was obtained. There is a good correlation between the obtained values of magnetite standard protonation enthalpies (ΔH_{298}^o) [4, 6, 12] (Table 2).

Table 2. Published values for the surface protonation enthalpies of magnetite

Surface protonation reaction (1pK)	ΔH_{298}^o (kJ mol^{-1})	Reference
$M\text{-}OH^{1/2-} + H^+ = M\text{-}OH_{2s}^{1/2+}$ pK_p	-27 ± 5	Barale [6]
	-29 ± 5	
	-32.4 ± 0.8	Wesolowski [4]
	-30.2 ± 0.9	Rodriguez-Santiago [12]

These values are relatively high that is result of strong temperature effect. Also, it was possible to conclude that the surface protonation reaction exhibits a negative enthalpy which means that surface protonation constant (K_H) decreases as temperature increases and that slope of the pH_{pzc} and pH_{IEP} versus temperature is negative.

4. Using zeta potential and point of zero charge data in water/steam cycles

The zeta potential and point of zero charge play an important role in the process of deposition of corrosion products on tubes waterwall. One of the greatest consequences of zeta potential is that it can be used as a tool to determine and identify the best coating material to prevent the fouling of boiler tubes delicate areas. The material suitable for coating should be metal oxide with the same charge sign as the suspended particles so that it can electrostatically repel them. In order to identify the prospective “anti-fouling” material in high temperature water cycle a comparison of zeta potential of magnetite particles with that of other metal oxides should be made at concrete pH values and power plant working conditions. To illustrate, Jayaweera et.al. [8] carried out measurements of zeta potential of metallic oxides that could be used for coating to control and avert deposition of magnetite and other corrosion products typically found in nuclear power plant cooling water system. It was confirmed that oxides of Ti, Ta, Cr, Nb, W, Pd and Zr are good candidates for coatings on metal surface in PWRs. Besides, Jayaweera et al. also showed that oxides of Ti, Ta, Cr and Zr can successfully resist deposition of corrosion products under boiling water reactors (BWRs) operation conditions where pH is 5.6 ± 0.2.

Besides, the main benefit from electrophoresis technique is an inimitable possibility to define the electrostatic and electrokinetic interaction between the charged particles and substrate. On the other hand, the potentiometric titrations enable to describe the influence of adsorption of dissolved species on the surface of suspended particles. Therefore, zeta potential combined with titration data is more efficient in developing techniques and building mathematical models for deposits preventing in power plant water circuits.

In addition, some authors also made assumption that deposition of iron corrosion products may be prevented by recharging shifting of sign of charged colloidal particles. Change of charge sign can be achieved either by change in pH of fluid, what is usually not practicable in actual conditions, or modification of the structure of adsorption layer by insertion of oppositely charged alien ions prone to selective sorption on the surface of particle.

5. Conclusion

The experimental data on magnetite surface properties were provided up to 290°C by acid-base potentiometric titrations, 320°C using mass titrations and 200°C by electrophoresis technique. There is a good agreement between the obtained pH_{pzc} and pH_{IEP} values as well as computed thermodynamic parameters. Moreover, all performed studies demonstrated that the pH_{pzc} and pH_{IEP} decrease with temeprature. Based on collected experimental data it may be stated that the magnetite surface would have a highly negative charge in high temperature conditions corresponding to the thermal power plants, which means that

probability of deposition will be negligible. However, despite of negative charge sign of magnetite particles, in pressurized water primary circuits and boiling water reactors, probability of deposition will be high due to straightaway adjacency of isoelectric point. Performed investigations also confirmed that zeta potential can be used as a parameter for selecting coating based on the affinity between the charges of the magnetite circulating in the fluid and the charges of the surfaces.

A general conclusion was made that the combined zeta potential and surface charge data are crucial for building models and the development of methodologies to control deposition processes in high temperature water and optimize power plant performances. Future research should be directed to approach higher temperature measurements and to extend the research towards relevant substrate materials and solution chemistries.

6. References

[1] Hunter, J. Robert. Foundations of Colloid Science. New York, NY, USA: Oxford University Press, 2001. (ISBN 0-19-855187-8)

[2] Tewari, P. H.; McLean, A. W. J. Temperature dependence of point point of zero charge of alumina and magnetite // *Journal of Colloid and Interface Science*, 40(1972), 2; 267-272. (ISSN 0021-9797)

[3] Blesa, A. Miquel; Figliolia, M. Nestor; Maroto, J. G. Alberto; Regazzoni, E. Alberto. The influence of temperature on the interface magnetite-aqueous electrolyte solution // *Journal of Colloid and Interface Science*, 101(1984), 2; 410-418. (ISSN 0021-9797)

[4] Wesolowski, J. David; Machesky, L. Michael; Palmer, A. Donald; Anovitz, M. Lawrence. Magnetite Surface Charge Studies to 290°C from in situ pH titrations // *Chemical Geology*, 167(2000); 193-229. (ISSN 0009-2541)

[5] Zebardast, H. R.; Pawlik M., Rogak S.; Asselin E.; Potentiometric titration of hematite and magnetite at elevated temepratures using a ZrO_2-based probe // *Colloids and Surfaces. A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 444(2014); 144-152.(ISSN 0927-7757)

[6] Barale M; Mansour C; Carrette F; Pavageau E.M.; Catalette H.; Lefevre G.; Fedoroff M.; Cote G. Characterization of the surface charge of oxide particles of PWR primary water circuit from 5 to 320°C // *Journal of Nuclear Materials*, 381(2008); 302-308. (ISSN 0022-3115)

[7] Vidojkovic, Sonja; Rodriguez-Santiago, Victor; Fedkin, V. Mark; Wesolowski, J. David; Lvov, N. Serguei. Electrophoretic mobility of magnetite particles in high temperature water // *Chemical Engineering Science*, 66(2011); 4029-4035.(ISSN 0009-2509)

[8] Jayaweera P, Hettiarachchi S, Ocken H.; Determination of the high temperature zeta potential and pH of zero charge of some transition metal oxides // *Colloids and Surfaces. A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 85(1994); 19-27 (ISSN 0927-7757)

[9] Bandura, V. Andrei; Lvov, N. Serguei. The ionization constant of water over wide ranges of temperature and density // *Journal Physical and Chemical Reference Data*, 35(2006), (1); 15-30. (ISSN 0047-2689)

[10] Fedkin, V. Mark; Zhou, Y. Xiangyang; Kubicki, D. James; Bandura, V. Andrei; Lvov, N. Serguei. High temperature microelectrophoresis studies of the rutile/aqueous solution interface // *Lagmuir*, 19(2003), (9); 3797-3804. (ISSN 0743-7463)

[11] Wright, Margaret Robson. An Introduction to Aqueous Electrolyte Solutions. Chichester/UK: Wiley, 2007. (ISBN 978-0-470-84293-5)

[12] Rodriguez-Santiago, Victor; Fedkin, V. Mark; Lvov, Serguei. Protonation enthalpies of metal oxides from high temperature electrophoresis // *Journal of Colloid and Interface Science*, 371(2012); 136-143. (ISSN 0021-9797)

Iznalaženje optimalne debljine ETICS sustava
Finding an Optimal ETICS Thickness

B. Perković[1,*], T. Barić[1], H. Glavaš[1]

[1]Elektrotehnički fakultet Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: perkovic.branimir@gmail.com

Sažetak

Rad analizira iznalaženje optimalne debljine ETICS sustava za obiteljsku kuću grijanu na prirodni plin. Energetskom pregledom i analizom vanjske ovojnice utvrđene su energetske potrebe. Za različite debljine ETICS sustava korištenjem KI expert-a analizirano je smanjenje potrebe za prirodnim plinom, a na osnovu realnih podataka potrošnje iskazan jednostavni povratni period ulaganja u dodatnu izolaciju na postojeći objekt.

Abstract

The aim of paper is to find optimum thickness of ETICS for a house heated with natural gas. Energy audit and review of the outer walls was conducted in order to determine energy needs. For different thicknesses ETICS using the KI expert the reduction in demand for natural gas is analyzed. Based on real consumption data of existing house simple return period of investments is presented.

Ključne riječi: ETICS, KI expert, prirodni plin

1. Uvod

Provedbom energetskog pregleda obiteljske kuće grijane na prirodni prikupljeni su podaci za modeliranje toplinskih potreba u KI Expert-u 2013. Varijacijom različitih debljina ETICS (External Thermal Insulation Composite System) sustava smanjenje energetskih potreba su preko aktualne cijene prirodnog plina iskazane u kunskoj vrijednosti. Nakon analize trenutno dostupnih tehničkih rješenja i iskazanih troškovnika za jedinične vrijednosti izračunati su JPP (jednostavni povratni periodi) u investiciju ETICS sustava. Cilj rada je na osnovi energetske uštede i realnih maloprodajnih troškovnika iznaći optimalnu debljinu ETICS sustava za analizirani stambeni objekt [1].

2. ETICS toplinski izolacijski sustavi

2.1. Uloga toplinske izolacije

Neizolirani stambeni objekti imaju povećane toplinske gubitke topline zimi, pregrijavanje ljeti. Primjenom toplinske izolacije objekta osim ušteda energije za grijanje i hlađenje, dovodimo do zaštite objekta od kondenzacije, vlage i nastanka plijesni i gljivica. Postavljanjem toplinske izolacije povećava se standard življenja i smanjuje potrošnja energije od 40 do 80 %.. Razlika između temperature prostorije i površine zida ne bi smjela biti veća od 3°C [2].

2.2. Vrste toplinske izolacije

Toplinske izolacije možemo podijeliti na anorganske i organske. Na našim prostorima najviše se od anorganskih toplinskih izolacija koristi mineralna vuna, a kod organskih toplinskih izolacija ekspandirani polistiren (EPS) i ekstrudirani polistiren (XPS). Neki od korištenih materijala u toplinskim izolacijama objekta nalaze se u tablici 1. gdje su navedena neka od njihovih svojstava i njihova mogućnost primjene na različitim podlogama [2].

Tablica 1. Osobine izolacijskih materijala

Materijal	**Pluto**	**EPS**	**Mineralna pjena**	**Mineralna vuna**	**Drveno vlakno**
λ [W/(m·K)]	0,04	0,035-0,04	0,045	0,035-0,04	0,045
Zapaljivost	E	E	A1	A1	E
Paropropusnost	10-18	30-50	3-6	1	5
Gustoća	120 kg/m^3	15 kg/m^3	115 kg/m^3	135 kg/m^3	190 kg/m^3
Ekologija	++	+	++	+	++
Podloga					
Beton	++	++	++	++	+
Puna cigla	++	++	++	++	+
Šuplja cigla	++	++	++	++	+
Lagani beton	++	++	++	++	+
Porobeton	++	-	++	++	+
Puno drvo	++	+	-	+	++
Drvo	-	-	-	-	++
Novogradnja	++	++	++	++	++
Starogradnja	++	++	++	++	+

Legenda: ++ vrlo dobra / + dobra / - neprikladna

2.3. Postupak ugradnje ETICS sustava

ETICS (External Thermal Insulation Composite System – vanjski toplinski izolacijski sustav) sustav je najčešći oblik izolacije građevina. Prije početka ugradnje ETICS sustava potrebno je pripremiti stambeni objekt, zaštititi stolariju i ukloniti nečistoće. Kod postojećih stambenih objekata koji se rekonstruiraju od posebne važnosti je provjera čvrstoće podloge koja se izvodi pomoću nekoliko jednostavnih testova. Nakon vizualnog pregleda, pravi se test brisanjem kako bi se utvrdilo postojanje prašine, postojanost boja ili pojava štetnog iscvjetavanja. Slijedi test grebanja pomoću oštrog predmeta s ciljem utvrđivanja čvrstoće i nosivosti, potom se vrši test močenja i provjera ravnoće zida. Kada se naprave svi testovi slijedi završna provjera prionjivosti pomoću staklene mrežice koja se utopi u ljepilo za stiropor tako da jedan kraj mrežice ostane izvan ljepila. Ljepilo se ostavi tri ili više dana kako bi se dobro osušilo, te se potom napravi čupanje staklene mrežice pri čemu ne smije doći do odvajanja ljepila od podloge. Kada su napravljeni svi testovi na podlozi možemo početi

sa postavljanjem ETICS sustava [3]. U tablici 2. detaljan je opis troškovnika ETICS sustava s EPS-om debljine 5 cm.

Tablica 2. Troškovnik ETICS-a za izolaciju najvećeg dijela vanjske ovojnice

Materijal	Potrošnja	Jedinična cijena	Ukupna cijena kn/m^2
Cokl profil [m^1]	0,15	10,00	1,50
Vita grund [lit/m^2]	0,10	23,25	2,33
Ljepilo Finalterm [kg/m^2]	5	2,75	13,75
EPS 10 cm [m^2]	1,05	40,00	42,00
Pričvrsnica 180 [kom/m^2]	6	0,80	4,80
Kutnik s mrežicom [m^1]	0,3	3,30	0,99
Armaturna mrežica [m^2]	1,1	6,10	6,71
Ljepilo Finalterm [kg/m^2]	5	2,75	13,75
Finalgrund [kg/m^2]	0,2	13,54	2,71
Final akrilna žbuka 1,5 mm [kg/m^2]	2,5	10,00	25,00
		UKUPNO	**116,53**

Tablica 3. pruža uvid u jedinični trošak izolacije nadtemeljnog zida tj. cokla objekta. Izolacioni materijal je XPS jer se radi o dijelu objekta koji se može naći u kontaktu s vodom a svojim položajem u vanjskoj ovojnici zahtjeva obavezno termičku izolaciju radi smanjenja toplinskog toka.

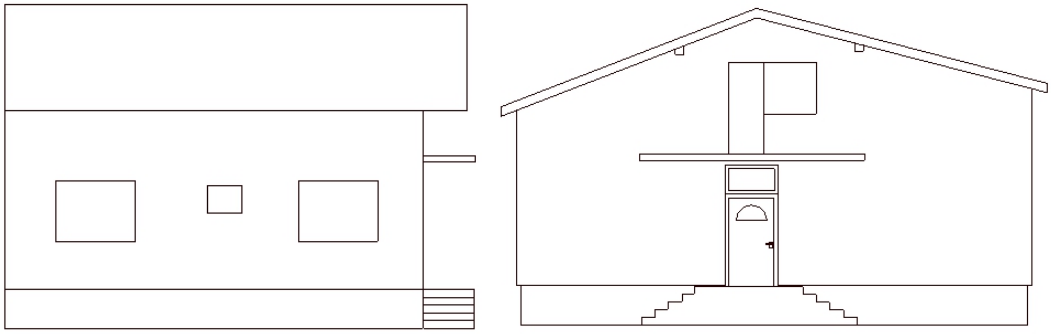
Tablica 3. Troškovnik ETICS-a za izolaciju cokla stambenog objekta

Materijal	Potrošnja	Jedinična cijena	Ukupna cijena kn/m^2
Vita grund [lit/m^2]	0,1	23,25	2,33
Ljepilo Finalterm [kg/m^2]	5	2,75	13,75
XPS 7 cm [m^2]	1,05	77,00	80,85
Pričvrsnica 180 [kom/m^2]	6	0,80	4,80
Armaturna mrežica [m^2]	1,1	6,10	6,71
Ljepilo Finalterm [kg/m^2]	5	2,75	13,75
Finalgrund [kg/m^2]	0,2	13,54	2,71
Finalplast [kg/m^2]	2,5	9,20	23,00
		UKUPNO	**147,89**

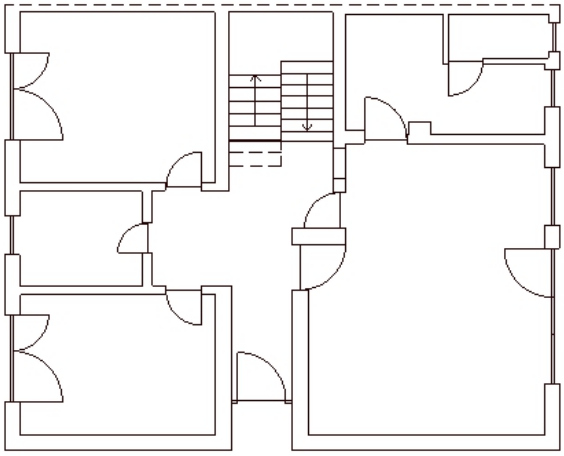
Izolacija stropa provodi se kao i izolacija zida samo bez završne žbuke zbog čega jedinični trošak iznosi 78,54 kn/m^2.

3. Osnovne karakteristike analiziranog stambenog objekta

Analizirani stambeni objekt je prizemnica širine 9,25 m i dubine 11 m svojim zapadnim zidom naslonjena na drugi objekt sličnih gabarita. Neto podna površina je 95 m^2. Slika 1. prikazuje južno i istočno pročelje objekta, a slika 2. tlocrtni oblik vanjske ovojnice.

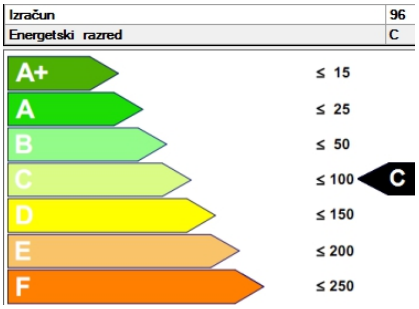


Slika 1. Južno i istočno pročelje objekta



Slika 2. Tlocrt vanjske ovojnice

Uvrštavanjem informacija o vanjskoj ovojnici u programsku podršku KI expert dolazimo do informacija o energetskim potrebama za projektnu temperaturu od 20 °C tj. energetskog razreda C, slika 3.



Slika 3. Energetski razred objekta

4. Određivanje optimalne debljine ETICS sustava

Vanjska ovojnica objekta građena je od bloka 25 cm i već posjeduje ETISC sustav debljine 5 cm EPS-a starosti 10 godina. Cokl nije izoliran, a strop prema tavanu u glazuri ima 5 cm EPS-a. Podaci iz programske podrške ukazuju da je najveći dio toplinskih gubitaka povezan s tokovima kroz strop i pod građevine. Kako bi se udovoljio tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama bilo bi potrebno postaviti izolacijske ploče od ekspandiranog polistirena debljine 18 cm. Stoga bi osim vanjske ovojnice stambenog objekta treba izolirati i strop. Taj odabir je prvenstveno učinjen zbog jednostavnosti izvođenja, te najvećeg mogućeg dobitka uz najmanje ulaganje. Izolaciju poda nije razmatrana opcija zbog prevelikog troška. Izračun jednostavne procjene povratka investicije bazirati ćemo na zatečenom stanju potrebne energije za grijanje $Q_{H,nd}$= 96 kWh/(m^2·a) ($Q_{H,nd}$= 8316 kWh) tijekom godine, ali uvažavajući ponašanje korisnika tj. realnu potrošnju energenta. Osnovni energent za podmirenje energetskih potreba (grijanje, kuhanje i PTV) je prirodni plin. Potrošnja prirodnog plina (na osnovu podataka zaprimljenih od distributera) u posljednje dvije godine prikazana je u tablici 4., a iznosi izdanih računa po mjesecima za potrošeni prirodni plin u posljednje dvije godine u tablici 5. Diskontinuitet u podacima je posljedica produženog intervala očitavanja brojila u ljetnim mjesecima.

Tablica 4. Pregled potrošnje prirodnog plina u posljednje dvije godine u (m^3)

Godina	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Ukupno
2013.	298	257	243	99	0	67	0	51	32	94	165	299	1605
2014.	299	211	165	86	56	0	43	0	49	100	139	294	1442

Tablica 5. Pregled izdanih računa u posljednje dvije godine u (kn)

Godina	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Ukupno
2013.	1103,84	953,69	901,29	381,75	0	287,15	0	227,36	137,25	360,8	619,8	1100,7	6073,63
2014.	1100,7	803,04	619,8	338,88	226,09	0	193,04	0	218,08	392,78	535,23	1115,43	5543,07

Analizom postojećeg ETICS-a odlučeno je aplicirati novi na postojeći. Na tržištu su dostupne izolacijske ploče od ekspandiranog polistirena debljine: 5 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, 15 cm, 18 cm i 20 cm. U tablici 6. prikazan je trošak postavljanja ETICS-a sa 10 cm EPS-a i dimenzije površina na koje se aplicira.

Tablica 6. Troškovnik materijala za izolaciju stambenog objekta sa cijenom postavljanja

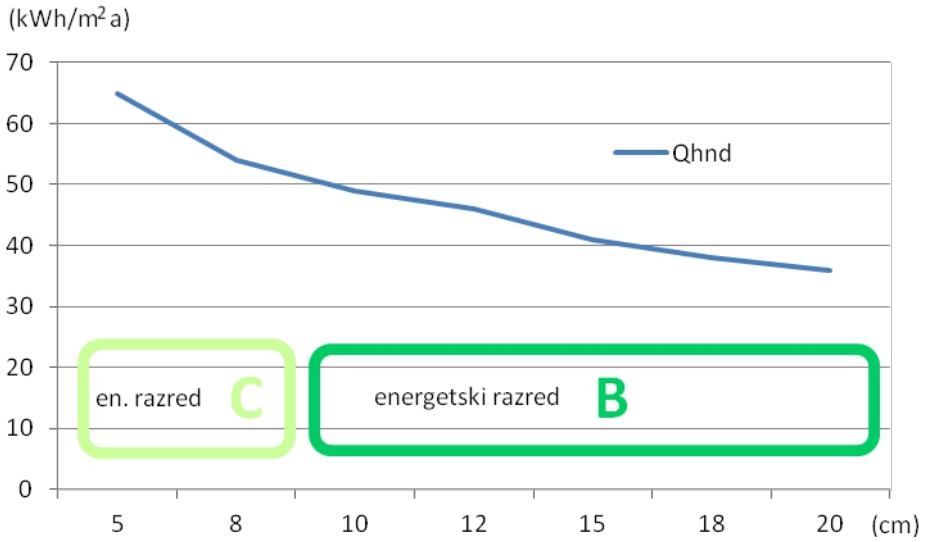
Usluga	**Cijena po m^2**	**Kvadratura**	**Ukupna cijena**
Izolacija vanjske ovojnice	116,53	76	8856,51
Izolacija cokla	147,89	20	2957,86
Izolacija stropa	78,53	107	8403,25
Postavljanje	85,00	203	17255,00
		UKUPNO	**37.472,61**

Za svaku od navedenih debljina proveden je proračun toplinskih potreba i razlika u energiji kao ušteda iskazana kroz kunski ekvivalent podijeljena je s investicijom kako bi došli do potrebnog broja godina za povrat ulaganja. Tablica 7. pokazuje ukupan trošak investicije u ovisnosti debljine ETICS-a.

Tablica 7. Ukupni iznos investicije u ETICS u ovisnosti debljine apliciranog EPS-a

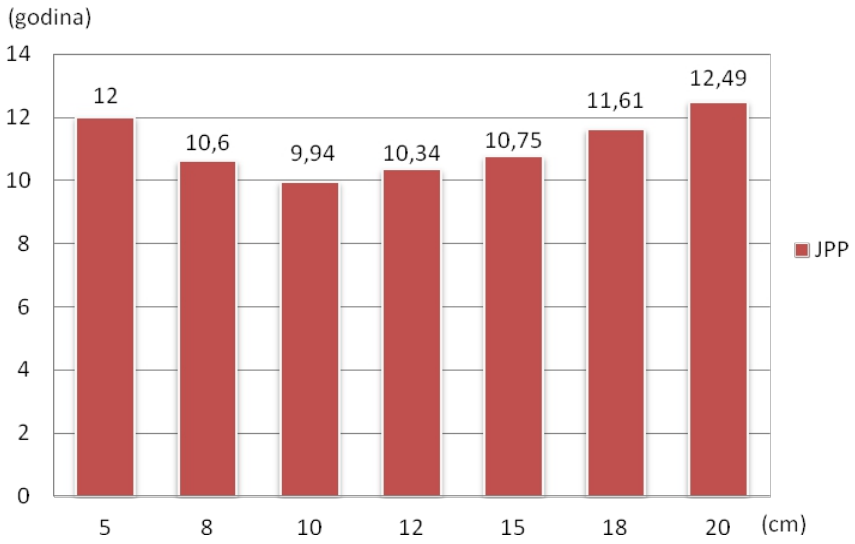
Debljina EPS-a (cm)	Investicija s uključenim PDV-om (kn)
5	30216,62
8	34344,41
10	37472,61
12	41368,01
15	47470,31
18	54343,61
20	60195,61

Poboljšanjem toplinskog otpora vanjske ovojnice dolazi do promjene u specifičnim toplinski potrebama. Na slici 4. prikazana je promjena $Q_{H,nd}$ u ovisnosti debljine ETICS sustava i klasifikaciju objekta u energetski razred.



Slika 4. Specifične energetske potrebe u ovisnosti debljine ETICS-a

Povećanje izolacije iznad 20 cm u konkretnom slučaju ne znači poboljšanje energetskih svojstava jer podne površine nisu izolirane a postoje toplinski mostovi balkona i ulaznog stepeništa. Tehnička rješenja poput uklanjanja betonske konstrukcije i izrade nove na novim temeljima bez kontakta s objektom nije jeftino rješenje, ali jedino ukoliko bi se energetski razred želio prebaciti u A. Budući da je smisao energetske obnove iznalaženje optimuma u našem slučaju cilj je naći rješenje s najmanjim jednostavnim povratim periodom. Na slici 5. prikazan je rezultat provedene analize za dostupne debljine toplinske izolacije.



Slika 5. Ovisnost JPP o debljini ETICS-a

Optimalna debljina izolacije za analizirani stambeni objekt na osnovu JPP je 10 cm. Uvažavajući prosječnu plaću na području županije potrebno je malo više od 9 mjesečnih primanja za investiciju a punih 10 godina za njenu otplatu kroz ostvarene uštede u grijanju. Ono što se brojevima ne može iskazati je osjećaj ugode korisnika.

5. Zaključak

Najčešći oblik termičke izolacije građevina predstavlja ETICS (External Thermal Insulation Composite System). Na cijenu instalacije utječu brojne navedene troškovničke stavke između kojih sam izolacioni materijal EPS sudjeluje od 23 % do 54 %, a u optimalnoj izvedbi za debljinu EPS-a 10 cm sa 37 % troška. Iznalaženje optimalne debljine ETICS sustava predstavlja individualni izazov sa svaki stambeni objekt. Ako energetsku obnovu planiramo uz neki oblik subvencije, treba voditi računa o zahtjevima fonda i regulativi na području energetike tj. Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (kada je moguće). Na žalost, materijalne mogućnosti korisnika objekta najčešće ne dozvoljavaju ispunjenje zahtjeva energetske politike te iznalaženje optimuma za individualne slučajeve postaje imperativ energetske obnove. Prilikom izračuna treba se voditi stvarnim ponašanjem korisnika, jer će samo u tom slučaju jednostavni povratni periodi biti realne vrijednosti.

6. Literatura

[1] Perković, Branimir. Iznalaženje optimalne debljine ETICS sustava, diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2015.
[2] Građevinski priručnik Röfix, peto izdanje, Röfix AG, Röthis, 2004.
[3] Smjernice za izradu ETICS sustava, HUPFAS, http://www.hupfas.hr/images/ETICS-smjernice-HUPFAS.pdf (30.4.2015.)

Koordinacija zaštite fotonaponske elektrane snage 500 kW na distribucijsku mrežu

Protection Coordination of photovoltaic power plant rated power of 500 kW on the distribution network

S. Nikolovski[1*], G. Knežević[1], A.Wolf[2]

[1]Elektrotehnički fakultet u Osijeku, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska
[2]Tehnoelektro, Đakovo, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: srete@etfos.hr

Sažetak

U radu je prikazana koordinacija zaštite sunčane elektrane (SE) Orahovica 1 snage 500 kW. SE Orahovica 1 na elektroenergetsku mrežu HEP ODS-a DP "Elektroslavonije" Osijek priključena je preko niskonaponskih sabirnica novoizgrađenog postrojenja Rasklopište Orahovica. Kako bi se sagledao utjecaj rada elektrane na sustav zaštite distribucijske mreže prikazani su ugrađeni uređaji zaštite u 10 kV mreži i 0,4 kV postrojenjima. SE Orahovica 1 na mrežu HEP-a može se spojiti preko tri pojne točke: VP Slavonija Hrast u TS 35/10 kV Orahovica; VP Čačinci u TS 35/10 kV Orahovica; VP Orahovica u TS 35/10 kV Čačinci. Pretpostavljeno osnovno napajanje SE Orahovica 1 je preko VP Slavonija hrast iz TS 35/10 kV Orahovica. SE Orahovica 1, niskonaponska i 10 kV mreža u okruženju modelirane su programskom paketu *EasyPower*, a zaštitni uređaji i koordinacija zaštite urađena je u modulu *Power Protector*. Sve nadstrujne zaštite prikazane su grafički u t-I dijagramima sa strujno vremenskim podešenjima kao i krajnja podešenja svih relevantnih zaštitnih releja koji omogućavaju siguran rad elektrane na mreži.

Abstract

This paper presents a protection coordination of solar power plant Orahovica 1, rated power of 500 kW. SE Orahovica 1 is connected on the low voltage distribution network HEP DSO DP "Elektroslavonije" Osijek via low-voltage buses of the newly built switchyard Orahovica. In order to establish the impact of the power plant on the distribution network protection system, protection devices in 10 kV network and 0.4 kV substations are presented. SE Orahovica 1 to HEP's network can be connected over three supply points: VP Slavonia Hrast in TS 35/10 kV Orahovica; VP Čačinci in TS 35/10 kV Orahovica; VP Orahovica in TS 35/10 kV Čačinci. Assumed primary supply is Orahovica 1 over VP Slavonia Hrast in TS 35/10 kV Orahovica. SE Orahovica 1, low voltage and 10 kV surrounding network have been modeled in software package *Easypower* and protection devices and protection coordination is done in module *Power Protector*. All overcurrent protections are shown graphically in t-I diagrams with current time settings as well as final setting of all relevant protective relays that allow the safe operation of power stations on the network.

Ključne riječi: koordinacija zaštite, sunčana elektrana, nadstrujna zaštita, računalna simulacija

1. Uvod

Mrežna pravila elektroenergetskog sustava definiraju paralelni pogon elektrane s mrežom na način da elektrana ne smije imati nedopuštena povratna djelovanja na distribucijsku mrežu [1]. Uvjeti paralelnog pogona osiguravaju se međusobno usklađenim zaštitnim uređajima elektrane i distribucijske mreže [1]. U slučaju odstupanja od propisanih uvjeta za paralelni pogon, zaštita mora odvojiti elektranu iz paralelnog pogona. Na razmeđi elektrane i distribucijske mreže ugrađuje se prekidač za odvajanje elektrane iz paralelnog pogona s mrežom koji je u nadležnosti ODS -Operatora distribucijskog sustava. U svrhu usklađivanja zaštitnih uređaja elektrane i distribucijske mreže, potrebno je izraditi EUZ - Elaborat podešenja zaštite. EUZ sadrži računalne simulacija kvarova i poremećaja primjerenih uvjeta paralelnog pogona mreže i sunčane elektrane (u daljnjem pisanju: SE), onih stvarno mogućih u pogonu, a s ciljem prepoznavanja vrijednosti karakterističnih veličina za djelovanje zaštite i izbor podešenja zaštite s kojim će se ostvariti zahtjeve selektivnosti, brzine, osjetljivosti i rezerve. Kako elektrana u mreži mijenja električne veličine utjecajne na rad zaštite u mreži, istraživanja su neophodna za izbor optimalnog podešenja postojećih zaštita u srednje-naponskoj (SN) i nisko-naponskoj (NN) mreži, onih koje su na sučelju elektrane i NN mreže kao i u samoj elektrani. Krajnji cilj EUZ-a je optimalno podešenje i djelovanje zaštite u korist sigurnog i pouzdanog pogona mreže i njenih korisnika. S gledišta proizvođača pak, EUZ s prijedlogom optimalnog podešenja zaštite također doprinosi sigurnom i pouzdanom pogonu elektrane, a što povlaštenom proizvođaču donosi veću raspoloživost mreže i elektrane za isporuku proizvedene električne energije [2].

2. Osnovni podaci o SE Orahovica 1

Sunčana elektrana Orahovica 1 nalazi se u gospodarskoj zoni grada Orahovice. Zahvat u prostoru obuhvaća česticu ukupne površine parcele 22 250,20 m^2. Na slici 1 prikazan je dio SE Orahovica 1.

Slika 1. SE Orahovica 1

Osnovni uređaji sustava SE su fotonaponski paneli i mrežni izmjenjivači. Osnovu istosmjernog razvoda SE predstavlja serijsko povezivanje više fotonaponskih panela u nizove (eng. „string“) čime se diktira naponska razina istosmjerne strane mrežnog izmjenjivača. U slučaju SE Orahovica 1 niz se sastoji od 17 serijski povezanih fotonaponskih panela. Osnovni podaci o SE Orahovica 1 prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Osnovni podaci o SE Orahovica 1

Instalirana snaga	499.8 kW
Procijenjena godišnja proizvodnja	638 MWh
Broj panela	2040 (panela od 245 W)
Tip FN panela	DM245-P156-60 – polikristalni panel
Orijentacija	0º južna-fiksna
Inklinacija	30º sa horizontalnom osi-fiksna
Tip izmjenjivača	SUNZET 150 TP TL
Broj izmjenjivača	3

Osnovne tehničke karakteristike polikristalnog fotonaponskog panela DM245-P156-60 prikazane su u tablici 2. U tablici 3. prikazane su osnovne karakteristike mrežnog izmjenjivača.

Tablica 2. Tehničke karakteristike fotonaponskog panela DM245-P156-60

Maksimalna snaga	245
Napon kod maksimalne snage	30,6 V
Struja kod maksimalne snage	8,01 A
Napon praznog hoda	37,6 V
Struja kratkog spoja	9,08 A
Tip i promjer ćelija	polikristalne, 156x156 mm
Broj ćelija	60 (6x10)

Tablica 3. Tehničke karakteristike mrežnog izmjenjivača SUNZET 150 TP TL

Maksimalna AC snaga	158-180 kW
Nazivni napon i frekvencija	400V AC, 50 Hz
Maksimalna struja	215 A po fazi
THD	< 3% kod nazivnog opterećenja i sinusnog
Maksimalni stupanj iskoristivosti	97.60 %

Povezivanjem 17 fotonaponskih panela u seriju postiže se ulazna naponska razina niza od približno 520 V koja odgovara istosmjernoj naponskoj razini na ulazu mrežnog izmjenjivača. Svaki pojedinačni izmjenjivač ima nazivnu priključnu snagu s DC strane od 160 kW s maksimalnim ulaznom istosmjernom strujom od 533 A i naponskim rasponom priključka

nizova fotonaponskih panela od 300 do 720 V. U slučaju SE Orahovica 1 na svaki pojedinačni mrežni izmjenjivač priključeno je 40 paralelno spojenih nizova. Mjesto predaje proizvedene el. energije u SE Orahovica 1 i HEP-u ODS je NN distribucijski razvod u TS 10(20)/ 0.4 kV Orahovica. Moguće je napajanje solane elektrane i iz TS Čačinci preko 10 kV izvoda Čačinci. Zbog nedostatka prostora analizirati će se samo sustav zaštitnih releja izvoda iz TS Orahovica do SE

3. Podešenje ugrađenih uređaja zaštite

3.1 Podešenje nadstrujne zaštite u TS 35/10kV Orahovica i TS 35/10kV Čačinci

TS 35/10 kV Orahovica opremljena je starim elektromehaničkom zaštitom Iskra RIT 20 s nadstrujnom zaštitom (I>), koja mjeri struju u dvije faze i služi za zaštitu od preopterećenja i kratkog spoja (I>>). TS 35/10 kV Čačinci opremljena je digitalnom zaštitnim relejem ABB REF 54x s nadstrujnom zaštitom u tri stupnja štićenja: I> služi za zaštitu od preopterećenja, I>> služi za zaštitu od udaljenih kratkih spojeva, I>>> služi za zaštitu od bliskih kratkih spojeva [3]. U tablicama 4. i 5. prikazana su podešenja nadstrujne zaštite.

Tablica 4. Postojeće podešenje nadstrujne zaštite u TS 35/10kV Orahovica [3]

Vodno polje	I > (A)	I>> (A)	Vrijeme prorade (s)
Slavonija hrast	200	1050	0,5/0,0
Čačinci	180	1050	0,5/0.0

Tablica 5. Postojeće podešenje nadstrujne zaštite u TS 35/10kV Čačinci [3]

Stupanj štićenja	Podešenje prorade (A)	Vrijeme prorade (s)
I >	200	0,5
I >>	700	0,1
I >>>	2000	0,05

3.2 Podešenje nadstrujne zaštite transformatora u rasklopištu 10(20)/0.4kV Orahovica 1

Od kratkog spoja transformator je s 10 kV strane štićen nadstrujnim relejem Končar EASN tipa DSO-1FEG s integriranim mjernim modulom nazivne struje IN=36,4 A, prilagođenim za zaštitu transformatora nazivne snage 630 kVA. Relej djeluje za struju kvara koja je veća od 2,3xIn u skladu s ekstremno inverznom karakteristikom [3]. U tablici 6. prikazano je podešenje zaštite transformatora.

Tablica 6. Podešenje nadstrujne zaštite transformatora u Rasklopištu Orahovica 1 [3]

Stupanj štićenja	Podešenje prorade (A)	Vrijeme prorade (s)
I >	87.32	3,4
I >>	1092	0,05

3.3 Podešenje zaštite na prekidaču za odvajanje

Funkciju nadstrujne zaštite na prekidaču za odvajanje tvrtke Schneider (Q07) tip NS 800N i nazivne struje 800 A, obavlja mikroprocesorska zaštitna jedinica Micrologic 2.0. s postavljenim podešenjima prvog stupnja prorade zaštite od preopterećenje I>=720 A i drugog stupnja, kratkospojne zaštite I>>=5040 A. U tablici 7. prikazano je podešenje zaštite prekidača za odvajanje. Kabele u odvodima štite osigurači na svakom pojedinom kabelu nazivnih vrijednosti 250 A [3].

Tablica 7. Podešenje nadstrujne zaštite prekidača za odvajanje [3]

Stupanj štićenja	Podešenje prorade (A)	Vrijeme prorade (s)
I >	720	4
I >>	5040	0,02

3.4 Podešenje zaštite na izmjenjivačima

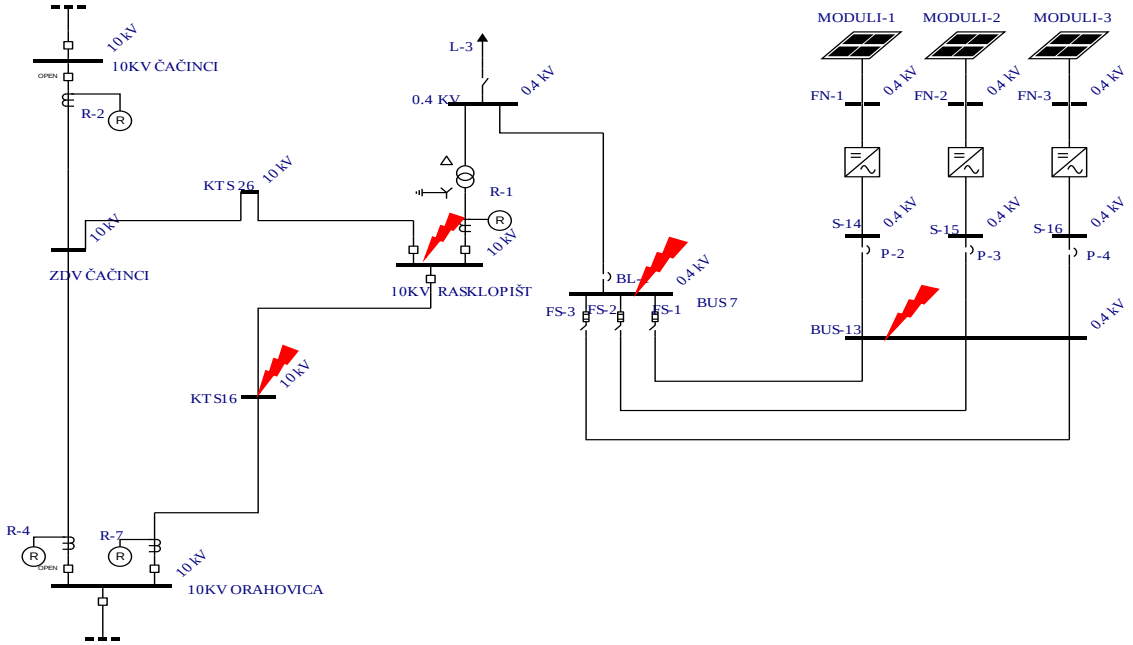
Struja kratkog spoja sa strane izmjenjivača bit će isključena gašenjem izmjenjivača zbog pada napona. Struja kratkog spoja sa strane mreže bit će isključena djelovanjem prekidača izmjenjivača ABB Tmax PR221 čije su preporučene vrijednosti od strane proizvođača izmjenjivača prikazanje u tablici 8.

Tablica 8. Podešenje nadstrujne zaštite prekidača izmjenjivača [3]

Stupanj štićenja	Podešenje prorade (A)	Vrijeme prorade (s)
I >	256	12
I >>	1280	0,1

4. Rezultati simulacije kratkih spojeva

Simulacijski model izrađen u programu EasyPower [5] prikazan je na slici 2.



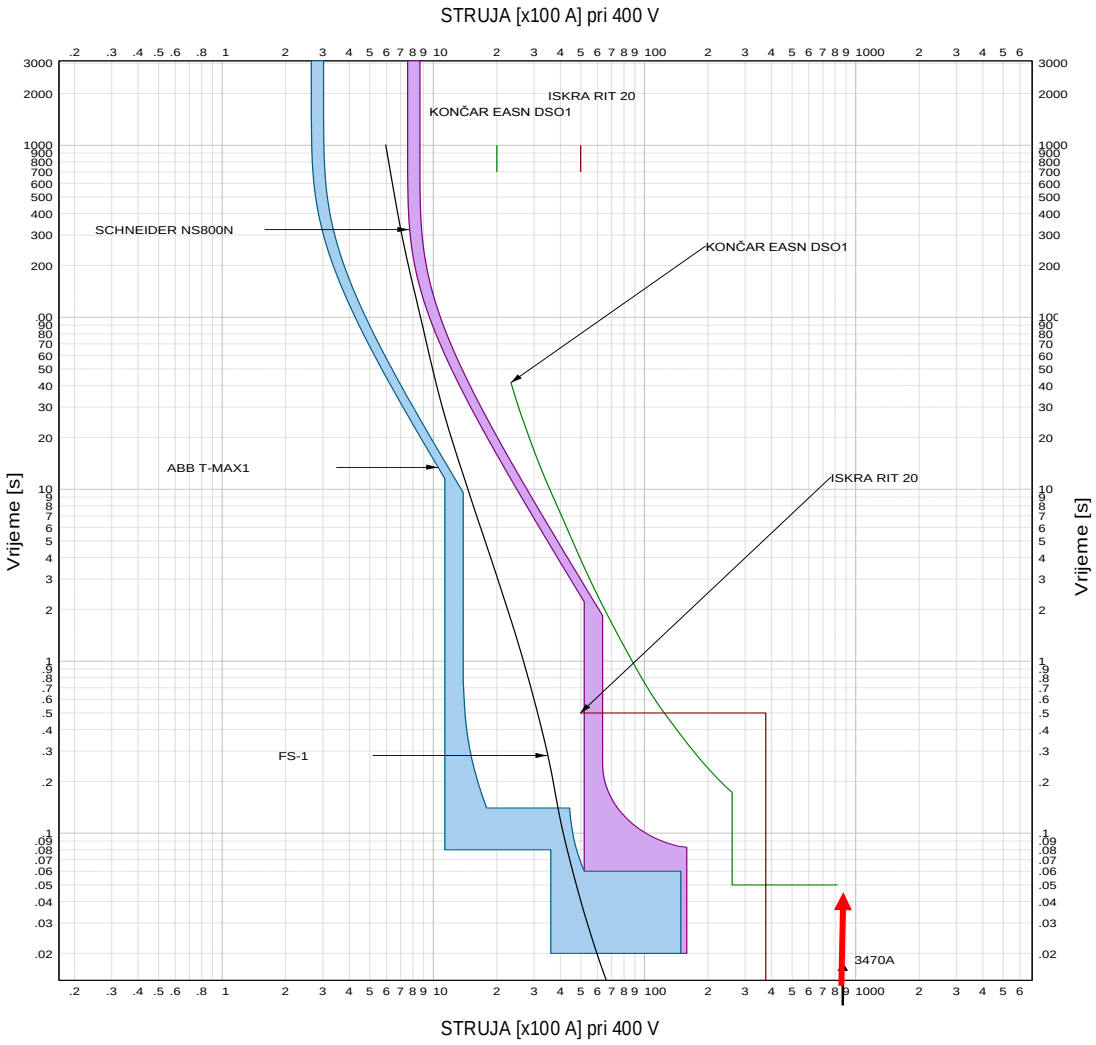
Slika 2. Model promatrane mreže u programu EasyPower

U tablici 9. nalaze se rezultati izračunatih kratkih spojeva (KS) na različitim mjestima u mreži samo za slučaj osnovnog napajanja preko pojne točke TS Orahovica - VP Slavonija Hrast.

Tablica 9. Proračun KS- napajanje preko TS 35/10kV Orahovica – VP Slavonija hrast

Lokacija u mreži	Nazivni napon (kV)	Struja trofaznog KS (kA)
KTS 16	10	3,47
Rasklopište 10(20)/0,4 kV	10	3,33
Sabirnica 7 (blizu TS 10(20)/0.4kV Rasklopište)	0,4	14,11
SE Orahovica - Izmjenjivač	0,4	12,87

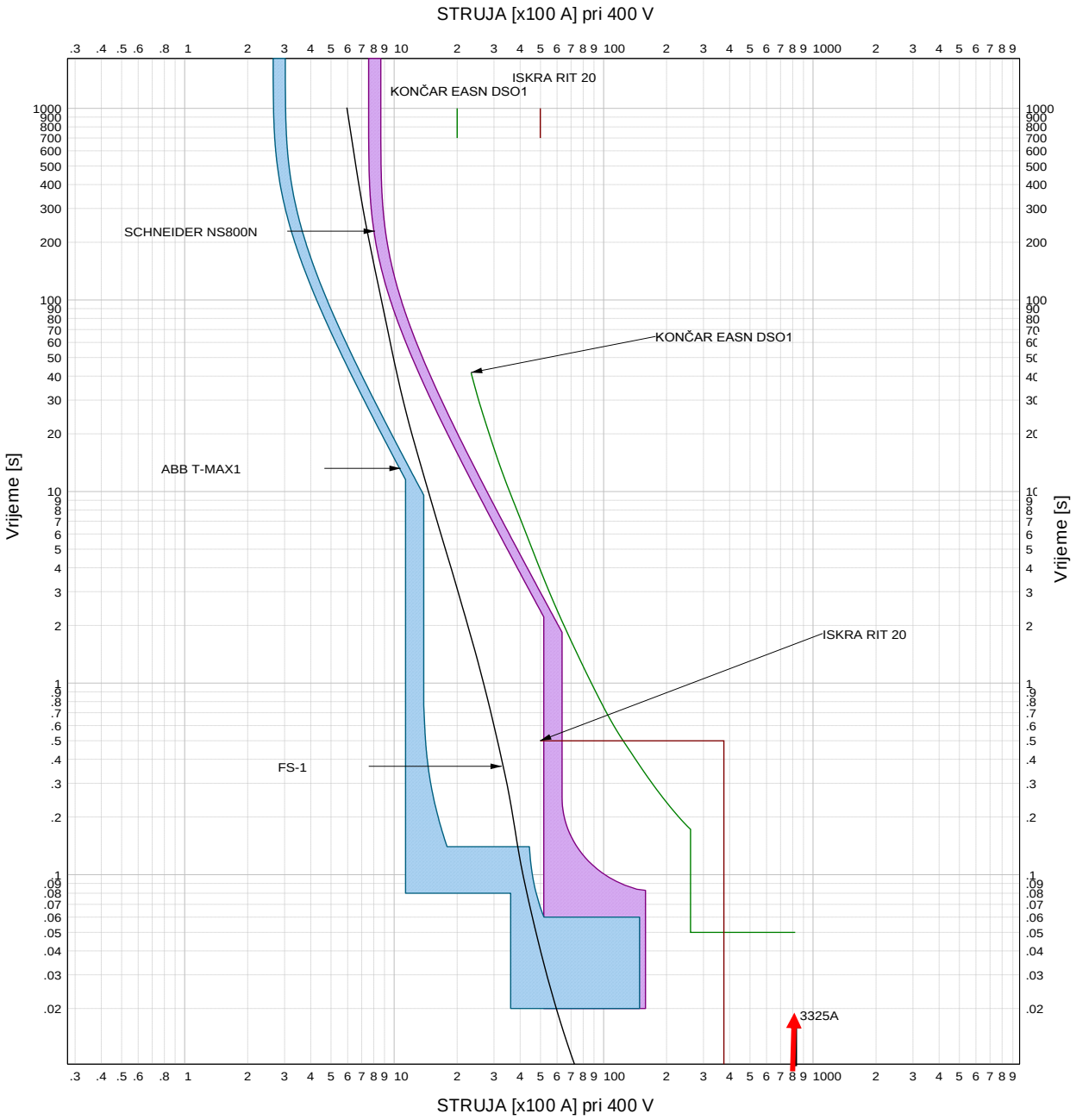
Na slici 3. prikazana je strujno-vremenska krivulja rezultata simulacije trofaznog KS na sabirnici KTS 16 u vodnom polju Slavonija Hrast.



Slika 3. Strujno – vremenske krivulje rezultata simulacije 3FKS na sabirnici KTS 16 na VP Slavonija hrast

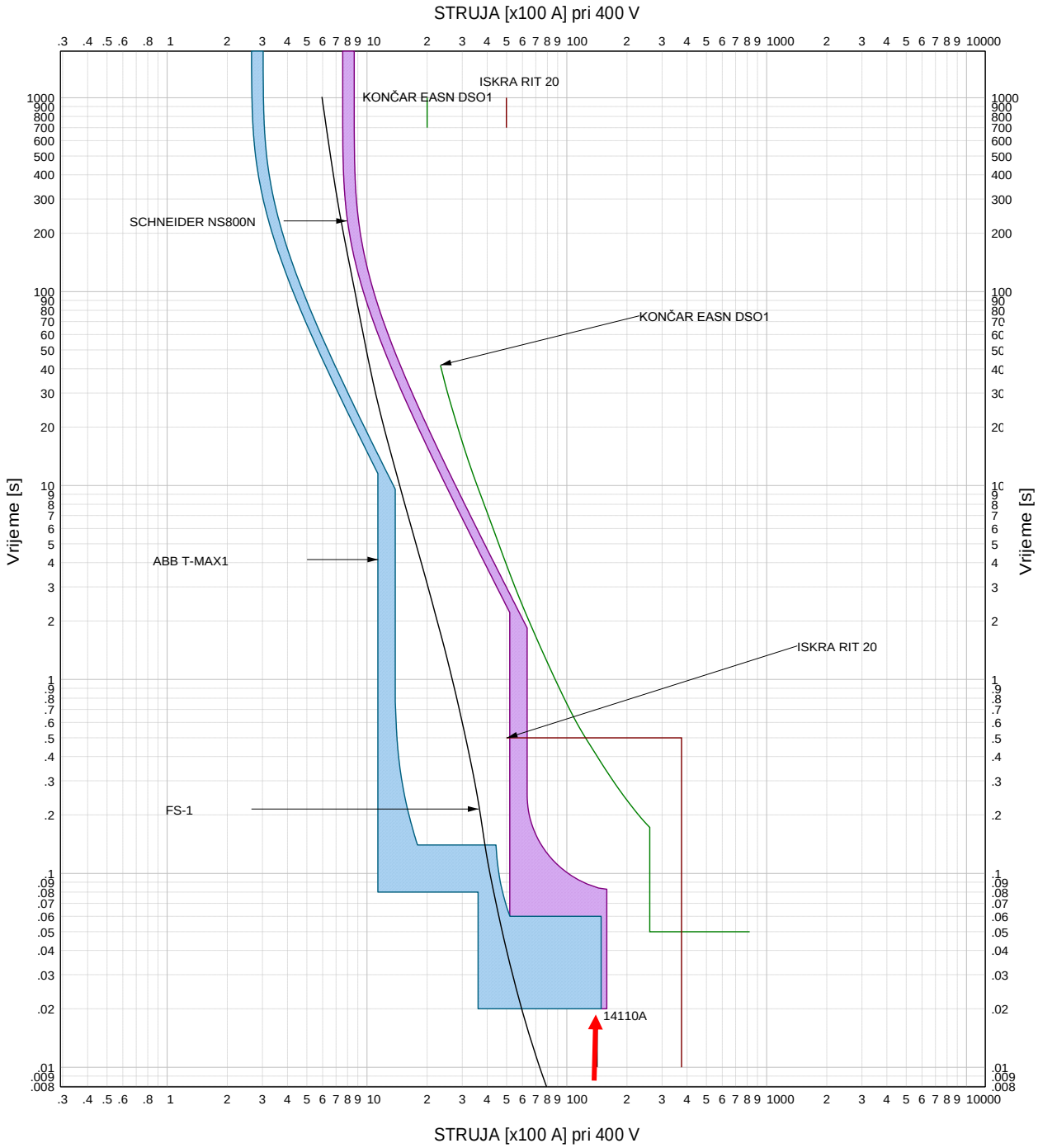
Položaj crvene strelice u odnosu na apcisu dijagrama na slici 3 određen je vrijednošću struje 3FKS preslikanom na 400 V stranu (86,7 kA). Ako dođe do trofaznog kratkog spoja na sabirnici KTS 16, sa strane mreže (TS 35/10kV Orahovica) iznos struje 3FKS je I_{3ks}=3,57 kA i sa slike se vidi da je položaj crvene strelice desno od karakteristika zaštita te će proraditi relej ISKRA RIT 20, a sa strane SE Orahovica 1. Također, proradit će relej KONČAR EASN DSO1 u TS 10(20)/0.4kV Rasklopište na 10kV strani.

Na slici 4. prikazana je strujno-vremenska krivulja rezultata simulacije trofaznog KS u Rasklopištu Orahovica 10(29/0,4 kV, na 10 kV strani.



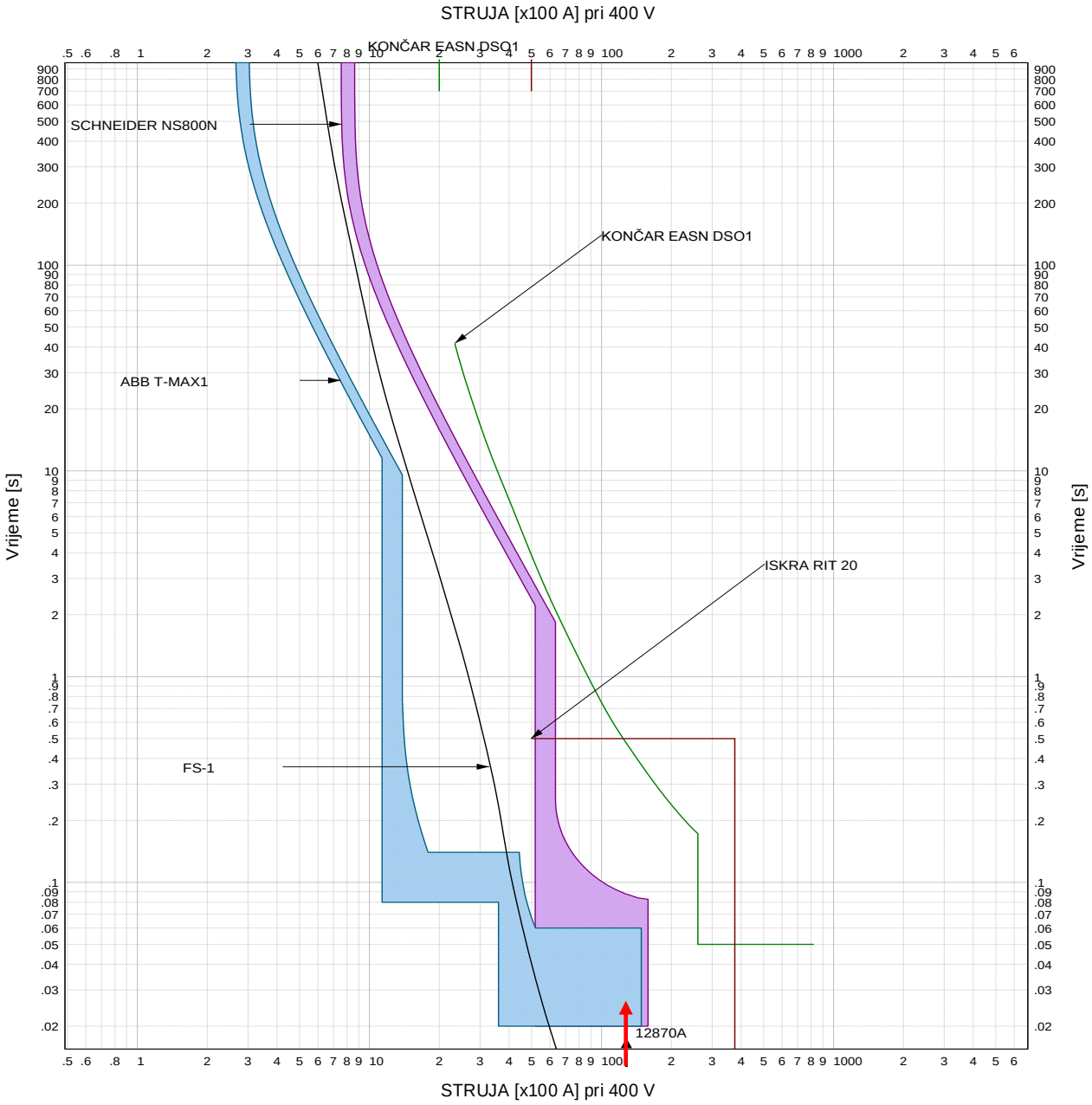
Slika 4. Strujno – vremenske krivulje rezultata simulacije 3FKS u Rasklopištu Orahovica 10(20)/0.4, na 10kV strani, VP Slavonija hrast

Dođe li do trofaznog kratkog spoja, sa strane mreže, u TS 10(20)/0.4 kV Rasklopište na 10kV strani, proradit će relej Končar EASN DSO1, te od strane SE Orahovica 1 u rasklopištu na 0.4kV strani proradit će prekidač Schneider NS 800N.
Na slici 5. prikazana je strujno-vremenska krivulja rezultata simulacije trofaznog KS na 0,4 kV naponskoj razini na sabirnici 7 (blizu TS 10(20)/0.4kV Rasklopište).



Slika 5. Strujno – vremenske krivulje rezultata simulacije trofaznog kratkog spoja na sabirnici 7

Dođe li do trofaznog kratkog spoja na sabirnici 7, prema mreži (prema TS 35/10kV Orahovica) proradit će prekidač Schneider NS 800N u TS 10(20)/0.4kV Rasklopište na 0.4kV strani te na strani SE Orahovica 1 će proraditi osigurač 320A, te prekidač kod izmjenjivača ABB T-MAX. Na slici 6. prikazana je strujno-vremenska krivulja rezultata simulacije trofaznog KS na sabirnici kod izmjenjivača.



Slika 6. Strujno – vremenske krivulje rezultata simulacije 3FKS na sabirnici kod izmjenjivača

Dođe li do trofaznog kratkog spoja na sabirnici izmjenjivača, prema mreži će proraditi osigurač, te prekidač Schneider NS 800N, a sa strane SE Orahovica 1 će proraditi prekidač ABB T-MAX. Očevidna je dobra koordinacija i selektivnost zaštitnih releja.
Koordinacija nadstruje zaštite veoma je važna za pravilan i siguran rad distribucijske mreže sa sve većim udjelom obnovljivih izvora energije [6] pa je važno podesiti ispravno zaštitne uređaje.

5. Zaključak

Pravilnim podešavanjem zaštitnih uređaja moguće je umanjiti posljedice neželjenih pojava u elementima distribucijske mreže, odnosno trajno nadzirati karakteristične veličine štićenog objekta i poduzeti sve mjere kako bi se kvar izbjegao, u što krećem vremenu a neželjene posljedice svele na minimum u cilju pouzdanog i sigurnog rada. U radu je modelirana sunčana elektrana Orahovica 1 nazivne snage 500 kW zajedno s okolnom pripadajućom 10 kV mrežom u programskom alatu *EasyPower.* Provedena je simulacija trofaznog kratkog spoja na četiri različita mjesta u mreži za osnovno napajanje preko pojne točke TS Orahovica, vodno polje Slavonija Hrast. Rezultati analize i simulacija pokazuju da zaštitni uređaji na vrijeme reagiraju, i da je koordinacija relejne zaštire dobra, čime se sprečavaju moguća oštećenja opreme u distribucijskoj mreži i solarnoj elekrani. Nakon ovako provedenih simulacija uvijek se pristupa i provedbi testiranja u realnoj mreži i elektani.

6. Literatura

[1] Mrežna pravila elektroenergetskog sustava, NN 36/06. dostupno na: http://www.hep.hr/oie/propisi/MreznaPravilaElektroenergetskogSustava.pdf
[2] Nikolovski, Srete; Marić, Predrag. Elaborat podešenja zaštite Sunčane elektrane Solektra III na mrežu HEP-a. Elektrotehnički fakultet Osijek, 2014
[3] ADAD d.o.o. Elaborat podešenja zaštite za priključak sunčane elektrane Orahovica 1 na mrežu HEP-Operatera distribucijskog sustava. Osijek, 2012.
[4] Wolf, Alen. Koordinacija zaštite fotonaponske elektrane snage 500kW na mrežu HEP-a, diplomski rad, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2015.
[5] EasyPower 9.7 software, EasyPower LCC, Tualatin, Oregon, 2014
[6] Nikolovski, Srete; Zaštita u elektroeneregtskom sustavu. Udžbenik ETF Osijek 2008

Revizija norme ISO 9001:2015
Revision of Standard ISO 9001:2015

L. Maglić[1], O. Maglić

[1]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

*Autor za korespodenciju. E-mail: lmaglic@sfsb.hr

Sažetak

Sustavi upravljanja kvalitetom prema zahtjevima norme ISO 9001 primjenjuju se u Hrvatskoj već dvadesetak godina i gotovo sve organizacije implementirale su ove zahtjeve u svoje sustave upravljanja kvalitetom. Do sada su izašla četiri izdanja ove norme i to 1987., 1994., 2000. i 2008. godine. Posljednja značajnija izmjena je bila u trećem izdanju iz 2000. godine. U novoj reviziji, koja će se pojaviti u jesen 2015. godine, očekuje se nekoliko značajnih novina u zahtjevima za sustave upravljanja kvalitetom. Tvrtke koje primjenjuju zahtjeve sustava upravljanja kvalitetom morati će prilagoditi svoje sustave novim zahtjevima tijekom prijelaznog perioda. U radu će se objasniti novi zahtjevi, te predložiti načini implementacije u postojećim sustavima upravljanja kvalitetom.

Abstract

Quality management systems according to ISO 9001 have been applied for last twenty years, and many organizations have implemented these requirements in their Quality management systems. Up to now there were four editions of this standard at 1987, 1994, 2000 and 2008. Last significant change was presented at third edition of standard from year 2000. New revision which will be issued in September of 2015 will include some significant changes at requirements for Quality management systems. It means that companies which are implementing requirements for Quality management systems will have to adjust their systems to new requirements during transition period. These new requirements and ways to implement them in Quality management systems will be explained in this text.

Ključne riječi: Sustavi upravljanja kvalitetom, zahtjevi, ISO 9001:2015

1. Uvod

Iako su se sustavi upravljanja, na razne načine, primjenjivali od samih početaka industrijske proizvodnje, tek od 1987. godine kada se pojavljuju prvo izdanje norme ISO 9001, počinje veći broj organizacija implementirati standardizirane načine upravljanja kvalitetom. Norme se mijenjaju u skladu s potrebama tržišta i organizacija koje primjenjuju zahtjeve norme, pa se tako povremeno i revidiraju norme za sustave upravljanja kvalitetom, u prosjeku svakih sedam do osam godina. U jesen 2015. godine očekuje se novo izdanje norme ISO 9001 koje će sadržavati značajne novosti u zahtjevima u odnosu na prethodno izdanje iz 2008.

godine. Tvrtke su obvezne primjenjivati ove nove zahtjeve u svojim sustavima upravljanja kvalitetom, ali ne odmah, jer će biti dopušten prijelazni period za implementaciju novih zahtjeva.

Norma ISO 9001 je najviše primijenjena norma u svijetu, koristi ju više od 1 000 000 certificiranih tvrtki i naravno još veliki broj onih organizacija koje se nisu certificirale ali koriste normu. Od svih certificiranih sustava upravljanja više od 70% odnosi se na certifikaciju sustava upravljanja kvalitetom prema normi ISO 9001. Ove činjenice pokazuju da će svaka izmjena u zahtjevima norme ISO 9001 imati globalan utjecaj na tvrtke u svim vrstama djelatnosti.

2. Izdanja norme ISO 9001

Prvo izdanje niza normi ISO 9001 objavljeno je 1987. godine od strane Međunarodne organizacije za normizaciju (ISO). Prva revizija niza normi ISO 9000 uslijedila je 1994. godine nakon čega je i započela intenzivnija primjena ove norme i u Republici Hrvatskoj.

Drugo izdanje niza normi ISO 9000 obuhvaćalo je sljedeće norme:

ISO 9000 - Vodič za primjenu
ISO 9001 - Model osiguranja kvalitete u projektiranju, razvoju, proizvodnji, montaži i servisiranju
ISO 9002 - Model osiguranja kvalitete u proizvodnji, montaži i servisiranju
ISO 9003 - Model osiguranja kvalitete za završnu kontrolu i ispitivanja
ISO 9004 - Vodič za poboljšanja.

Izdanje norme ISO 9001:1994 ipak je više bilo usmjereno na osiguranje kvalitete, tj. na ispunjenje definiranih zahtjeva unutar same organizacije. Ova je norma zahtijevala uspostavljanje, dokumentiranje i održavanje procedura gotovo za sve točke norme. Uobičajena je praksa u organizacijama bila slijediti aktivnosti definirane u procedurama, a manje pažnje se poklanjalo procesima u cijeloj organizaciji. U normi ISO 9001:1994 veća pažnja poklanjala se ispravljanju grešaka, a nije se toliko inzistiralo na poboljšanjima i zadovoljstvu kupca. Norma ISO 9001:1994 bila je prilagođena većim organizacijama i to onima koje su se bavile industrijom. S vremenom sve je više manjih organizacija i onih koje se bave uslužnim djelatnostima, pokazalo interes za uvođenje sustava upravljanja kvalitetom. Zahtjevi norme ISO 9001:1994 su bili teški za primjenu u takvim organizacijama. Zato je krajem 2000. godine nastala norma ISO 9001:2000. To je bilo treće izdanje normi za sustave upravljanje kvalitetom, i u sebi je sadržavalo vrlo značajne izmjene zahtjeva za sustave upravljanja kvalitetom.

Niz ISO 9000:2000 sadržavao je tri norme. To su:

ISO 9000 Sustavi upravljanja kvalitetom – Temeljna načela i rječnik
ISO 9001 Sustavi upravljanja kvalitetom – Zahtjevi
ISO 9004 Sustavi upravljanja kvalitetom – Upute za poboljšavanje sposobnosti

Norma koja definira zahtjeve za sustav upravljanja kvalitetom je norma ISO 9001 i jedino prema zahtjevima definiranim u toj normi može se provoditi certifikacija sustava upravljanja kvalitetom. Ovo, treće izdanje, bilo je prilagođeno i manjim organizacijama i organizacijama koje se bave uslugama, tako da je primjena zahtjeva za sustav upravljanja kvalitetom

postala dostupna velikom broju organizacija i norma ISO 9001 je polako postajala najprimjenjenija norma u svijetu.
Četvrto izdanje norme ISO 9001 pojavilo se 2008. godine, ali nije sadržavalo neke značajnije nove zahtjeve, nego samo smjernice za bolje razumijevanje već postojećih zahtjeva. Tako, nakon sedam godina, izlazi nova revizija norme ISO 9001 koja sadrži značajne novosti, pa će se te novi zahtjevi i način primjene obrazložiti u daljem tekstu.

3. Aneks SL

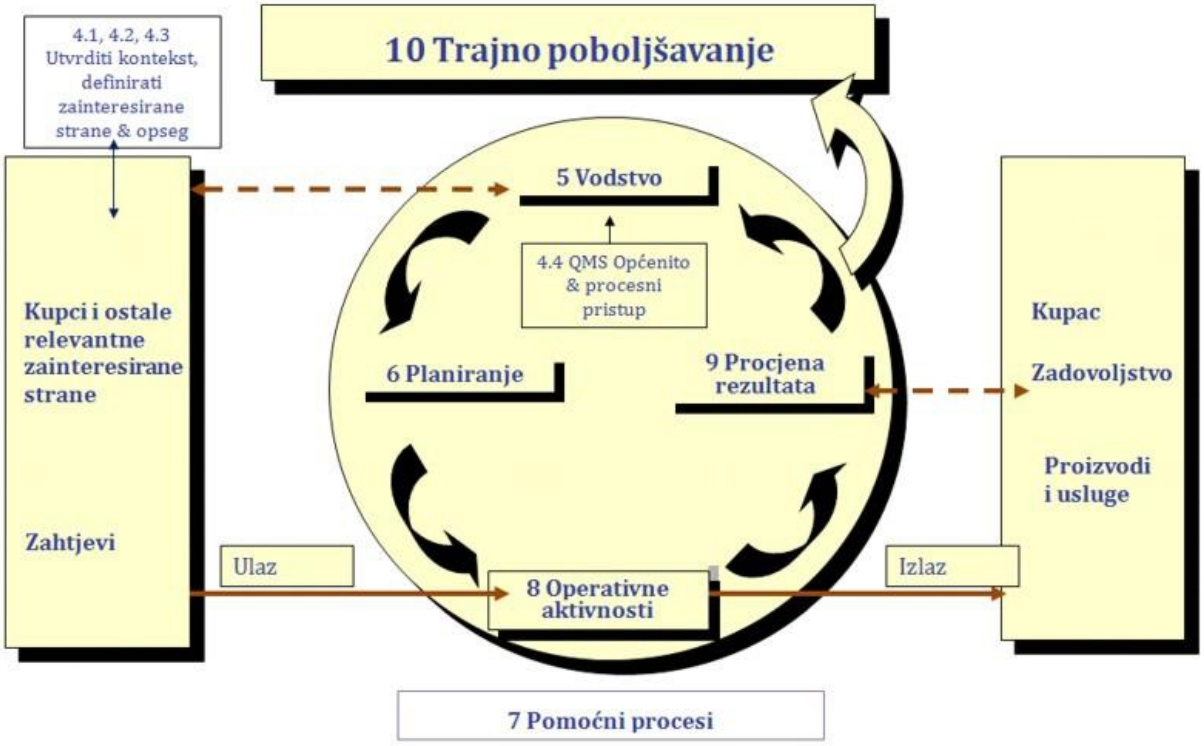
Kao što je već navedeno, norma ISO 9001 bila je prva norma za sustave upravljanja a odnosila se na sustave upravljanja kvalitetom. U posljednjih nekoliko godina broj normi za sustave upravljanja se značajno povećao. Nakon uvođenja norme za sustave upravljanja okolišem ISO 14001, jedno vrijeme su postojale samo te dvije norme koje su često tvorile integrirane sustave upravljanja. Danas postoji 15-tak normi za različite sustave upravljanja, kao norma za sustave sigurnosti hrane, informacijske sigurnosti, zdravlje i sigurnost itd. i sve te norme imaju dijelom slične zahtjeve ali različitu strukturu i organizaciju norme. Kako bi se osigurala konzistentnost normi sustava upravljanja ISO je odlučio uvesti Aneks SL kojim će se standardizirati razvoj normi za sustave upravljanja. Aneks SL definira strukturu koju će morati prihvatiti sve norme za sustave upravljanja.
Neke norme su već i strukturirane nastale na osnovu zahtjeva Aneksa SL kao nova izdanja ISO 27001 i ISO 55001. Tako će sve norme za sustave upravljanja imati 10 poglavlja koja su prikazana u tablici 1. Pristup strukturi norme koji se ovdje koristi naziva se HLS (engl. *High level structure*) ili struktura visoke razine, koja će postaviti zajednički formalni okvir za sve norme za sustave upravljanja. Tako će formalna struktura normi za sustave upravljanja biti zajednička, ali će tekst i potpoglavlja odgovarati specifičnosti pojedine norme. Također, za sve sustave upravljanja koristiti će se isti termini i definicije što će olakšati razumijevanje i komunikaciju.
Nazivi prva tri poglavlja su slični onome što je već postojalo u prethodnim izdanjima norme ISO 9001, ali u ovom slučaju termini i definicije su uključeni u normu a ne upućuju na normu ISO 9000.

Tablica 1 Struktura norme prema Annex SL

Poglavlje	Naziv
1	Opseg
2	Upućivanje na druge norme
3	Termini i definicije
4	Kontekst organizacije
5	Vođenje
6	Planiranje
7	Podrška
8	Operativne aktivnosti
9	Ocjena rezultata
10	Poboljšanje

4. Ključne novine u normi ISO 9001

Norma ISO 9001 je promijenjena u skladu s novostima koje su se u međuvremenu dogodile u načinu poslovanja, što uključuje intenzivno poslovanje preko interneta, male organizacije su dobile trenutan pristup svjetskom tržištu a i pojavio se značajan broj novih normi za sustave upravljanja. Ipak, očekuje se kako nakon ovih izmjena neće biti većih revizija norme ISO 9001 u slijedećih 7-10 godina.



Slika 1. Struktura norme ISO 9001:2015 i PDCA

Norma ISO 9001:2015 bazirana je na poznatom PDCA (*Plan Do Check Act* – Planiraj Provedi Provjeri Djeluj) pristupu kao što je prikazano na slici 1. Poglavlja 1, 2 i 3 nisu relevantna za PDCA pristup.

Detaljnim čitanjem ali i naknadnom primjenom revizije norme ISO 9001:2015 prepoznati će se dosta novina u donosu na prethodna izdanja, a u ovom tekstu će se spomenuti samo ključne novosti koje će utjecati na sve organizacije koje primjenjuju zahtjeve ove revidirane norme. U tekstu se neće razmatrati svi zahtjevi norme niti nabrajati sva potpoglavlja navedenih glavnih točaka norme ISO 9001:2015.

Organizacije koje već imaju uvedene sustave upravljanja kvalitetom ne moraju svoje priručnike kvalitete ili dokumentirane procedure usklađivati s brojevnim oznakama poglavlja koje su korištene u novom izdanju norme ISO 9001.

4.1 Kontekst organizacije

Ovo je novi pojam kojega nije bilo u prijašnjim izdanjima norme ISO 9001, ali većina organizacija koje uspješno djeluju je već na neki način ispunila dio ovih zahtjeva. Kontekst organizacije odnosi se na poslovno okruženje u kojem organizacija djeluje. Organizacija mora definirati unutarnje i vanjske probleme koji su relevantni za njenu svrhu i strateško opredjeljenje te utječu na sposobnost postizanja željenih rezultata sustava upravljanja kvalitetom. Uprava treba biti u stanju prezentirati razumijevanje šireg poslovnog okruženja uključujući društvene i zakonske aspekte koji mogu djelovati na mogućnost ispunjenja zahtjeva. Nakon što se odrede interni i eksterni aspekti koji mogu utjecati na organizaciju, potrebno ih je periodički nadzirati i pregledavati. Interni aspekti mogu biti kompetentnost djelatnika, stupanj automatizacije opreme u proizvodnji, zaštita internih podataka, inovacije i drugi interni faktori. Eksterni aspekti mogu biti promjene na tržištu, konkurencija, kupci, zakonska regulativa i slično.

Organizacija mora utvrditi i koje su zainteresirane strane relevantne za sustav upravljanja kvalitetom i odrediti zahtjeve tih zainteresiranih strana. Informacije o zainteresiranim stranama i njihovim zahtjevima moraju se nadzirati i pregledavati. Prema normi ISO 9001 zainteresirana strana su osoba ili organizacija koje mogu utjecati, biti pogođeni, ili vide se da će biti pogođeni odlukom ili aktivnosti tvrtke koja primjenjuje zahtjeve sustava upravljanja. Teoretski zainteresirane strane mogu biti svi koji imaju bilo kakav kontakt sa organizacijom, međutim u normi se kaže relevantne zainteresirane strane i to one koje je organizacija definirala kao takve.

Zainteresirane strane mogu biti kupci, dobavljači, vlasnici, djelatnici, društveno okruženje i još mnogo drugih što ovisi o vrsti djelatnosti kojom se organizacija bavi. Norma zahtijeva razumijevanje potreba i očekivanja zainteresiranih strana koja su relevantna za tvrtkin sustav upravljanja kvalitetom.

4.2 Vođenje

U ovom izdanju norme se snažnije naglašava uloga uprave u sustavu upravljanja kvalitetom. Od uprave se sada zahtijeva direktno uključivanje u aktivnosti sustava upravljanja kvalitetom. Uloga predstavnika uprave za kvalitetu više nije prisutna u normi, čime se želi naglasiti kako uprava ne treba delegirati odgovornosti za sustav upravljanja na imenovane funkcije, nego sama treba aktivno djelovati u sustavu upravljanja kvalitetom. Tako će uprava između ostaloga pružiti dokaze o promicanju svijesti o važnosti procesnog pristupa i promoviranju trajnog poboljšavanja. Uprava je odgovorna za djelotvornost sustava upravljanja kvalitetom. Pod pojmom Uprava smatramo pojedince ili grupe ljudi koji upravljaju i kontroliraju organizaciju na najvišoj razini, s time da treba uzeti u obzir opseg sustava upravljanja. Ako se opseg odnosi na cijelu organizaciju onda se i pojam uprava odnosi na vodstvo cijele tvrtke, međutim ako se opseg sustava odnosi na pojedini pogon onda je uprava pojam koji se odnosi na vodstvo toga pogona.

4.3 Planiranje

Planiranje se odnosi na planiranje sustava upravljanja kvalitetom, a ne na planiranje proizvoda. Novost je naglašavanje analize rizika, ali ne samo u negativnom smislu nego se zahtijeva analiza prijetnji i prilika, dakle i negativnih i pozitivnih posljedica aktivnosti, što je u skladu s normom ISO 31000 za upravljanje rizicima. Uprava će morati biti u stanju prezentirati razumijevanje poslovnih rizika koji su pred njima i kako ti rizici djeluju na mogućnost ispunjavanja zahtjeva. U normi ISO 9001:2015 se rizik definira kao učinak nesigurnosti na očekivani rezultat. Analiza rizika će se uključivati u raznim točkama norme, svakako u razvoju, upravinoj ocjeni, internom auditu ili kada se bude razmatrala razina kontrole za vanjske procese. Iako većina organizacija ima neku vrstu analize opasnosti koja se može smatrati analizom rizika, manji broj tvrtki ima razvijene tehnike za analize prilika i mogućnosti.

U normi ISO 9001:2015 više nema zahtjeva za preventivne akcije, jer su one zamijenjene analizom rizika. Preventivne akcije su u prethodnim izdanjima norme bile često pogrešno shvaćene i korištene u situacijama kada je trebalo koristiti korektivne akcije jer je već postojala aktualna nesukladnost, pa se ovom izmjenom sprečavaju takve zabune.

Ciljevi kvalitete moraju uključivati i planove i programe za njihovo ostvarivanje i načine evaluacije realizacije ciljeva. Dakle, pri definiranju ciljeva kvalitete potrebno je prezentirati i načine kako ih organizacije planiraju ostvariti. Ciljevi kvalitete i dalje trebaju biti mjerljivi i konzistentni s politikom kvalitete.

4.4 Podrška

Zahtjevi definirani u točki 7 Podrška norme ISO 9001:2015 su u dobrom dijelu sukladni sa zahtjevima točke 6 iz norme ISO 9001:2008, ali i ovdje ima nekih novina. Naglašava se činjenica da svi koji djeluju pod nadzorom organizacije trebaju biti svjesni važnosti politike kvalitete, utjecaja ciljeva kvalitete na učinkovitost sustava upravljanja kvalitetom te posljedica nesukladnosti sa zahtjevima sustava upravljanja kvalitetom. U prethodnom izdanju svjesnost nije bila toliko naglašena.

Komunikacija nije više opisana kao samo interna već se zahtijeva i definiranje eksterne komunikacije. Organizacija sama odlučuje s kime, kako i o čemu komunicira.

U poglavlju podrška postoji zahtjev i za dokumentirane informacije. Novost je što se više ne zahtijevaju priručnik kvalitete ili obavezne dokumentirane procedure. Organizaciji se daje sloboda da sama odluči o potrebnoj dokumentaciji, ali u tekstu norme ISO 9001:2015 i dalje se mogu naći zahtjevi za dokumentiranu potvrdu o ispunjenju pojedinih zahtjeva norme. Organizacije koje već imaju dobro uspostavljen sustav dokumenata prema zahtjevima norme ISO 9001:2008 neće morati značajno mijenjati taj sustav.

4.5 Operativne aktivnosti, ocjena rezultata i poboljšanja

Pojam nabave više ne postoji u izdanju norme ISO 9001:2015 nego se koristi pojam vanjski proizvodi i usluge. U poglavlju Operativne aktivnosti sada se nalazi i zahtjev za upravljanje nesukladnim izlazima procesa, proizvodima i uslugama.

U zahtjevu za nadzor zadovoljstva kupca, morati će se definirati kako će se koristiti informacije o zadovoljstvu kupca. Upravina ocjena će sadržavati i strateška opredjeljenja te informacije o rizicima i prilikama. Nakon otkrivanja nesukladnosti potrebno je utvrditi da li postoje i druge slične nesukladnosti u sustavu upravljanja kvalitetom. Kao što je ranije opisano preventivne akcije nisu zahtijevane u novom izdanju norme.
Navedeni novi zahtjevi i izmjene su samo značajne novine u normi ISO 9001:2015. Načini ispunjenja tih zahtjeva od strane tvrtki i pristup auditora tijekom audita u nadolazećem vremenu će na pokazati koliko su ove novine doprinijele poboljšanju sustava upravljanja u mnogobrojnim organizacijama koje primjenjuju zahtjeve norme ISO 9001.

5. Zaključak

Norma ISO 9001 je primijenjena u ogromnom broju tvrtki u svijetu a novo izdanje norme ISO 9001:2015 predviđa se za rujan 2015. godine. Promjene koje se nalaze u toj reviziji utjecati će na poslovanje gotovo svih tvrtki. Novi zahtjevi ne predstavljaju revolucionarnu promjenu kao što je to bilo slučaj sa izdanjem iz 2000. godine, ali ipak sadržavaju dovoljno novina da svaku organizaciju obavežu na ozbiljan i temeljit pristup implementaciji novih zahtjeva. Prijelazni period od tri godine izgleda kao dovoljno dugo razdoblje, no iskustvo s revizijama normi pokazuje kako s implementacijom novih zahtjeva treba krenuti što prije, jer se postojeći sustavi upravljanja kvalitetom ne mogu mijenjati brzo.

6. Literatura

[1] DIS 9001:2015, International Organisation for Standards, 2015
[2] Maglić, Leon; Kondić, Živko; Kljain, Milan. Qaulity Audits of Management Systems, Časopis Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering 55 (2009) 11, 695-700.
[3] Green, Richard. ISO 9001 story so far, ISO, 2015
[4] BSI, ISO 9001 understanding the changes, BSI, 2015
[5] Kliškić, Goran. Revizija norme ISO 9001:2015, TUV Croatia, 2015.

Edukacija u svrhu implementacije tehničke regulative

Education for the Purpose of implementation of Technical Regulations

H. Škufca[1*], J. Osmanković[2]

[1]Istraživačko-razvojni centar za gasnu tehniku (IGT), Gradačačka br. 142, Sarajevo, BiH
[2] Ekonomski fakultet Sarajevo, Trg Oslobođenja 1, Sarajevo, BiH

*Autor za korespodenciju. E mail: gasbih@bih.net.ba

Sažetak

Želje i planovi zemalja jugoistočne Evrope su što brže proći fazu tranzicije i što prije se povezati u jedinstveno evropsko zajedničko tržište. Istovremeno i zemlje Evropske unije žele proširiti tržište i na toj osnovi stvoriti preduslove za pouzdaniju i ekonomičniju opskrbu energentima. Upravo zbog ove činjenice, Evropska zajednica je podržala formiranje Energetske zajednice zemalja jugoistočne Evrope, odnosno inicirala i podržala funkcionalnu integraciju električnih i gasnih sistema na nivou regiona u jedinstven evropski elektro i gasni sistem.

Očekivani razvoj gasne privrede u regionu (jugoistočna Evropa) zasnovan je i na planovima povezivanja Kaspijskog regiona sa zapadnom Evropom. Ovim se aktuelizira pitanje izgradnje neophodne infrastrukture koju zahtijevaju visoke investicije i primjena najsavremenijih tehnologija, harmoniziranih evropskih standarda i tehničkih propisa. Ovo je u direktnoj vezi sa uvođenjem nove tehničke regulative i njenom implementacijom u praksi. Da bi navedeno bilo i ostvarivo potrebno je pokrenuti sistemsko rješavanje stručnog osposobljavanja i usavršavanja kadrova za preuzimanje obimnih i složenih zadataka. [13] Investicije u obrazovanje su nužne i opravdane investicije [13]. Stoga tematsko obrazovanje, dodatna edukacija, stručno osposobljavanje, cjeloživotno učenje (LLL) moraju dobiti najviši prioritet u kompanijama, institucijama pa i svim državnim institucijama. Posao i zadovoljstvo neke zajednice će se u budućnosti zasnivati na ljudskom kapitalu, koji uključuje obrazovanje (kvalifikaciji zaposlenih) i zdravlje kao dvije ključne komponente [13]. Upravo zbog ovog evidentna je potreba stalnog stručnog usavršavanja svih kadrova u gasnim kompanijama ali i u kompanijama i institucijama sa kojima gasne kompanije ostvaruju saradnju.

Tu je također značajna i sistematičnost što može proizaći jedino iz formiranja edukacionog centra koji će imati jedinstven pristup edukativnim aktivnostima.

Ključne riječi: sistematičnost, kadrovi, edukacija, stručno osposobljavanje i usavršavanje

Abstract

The desires and plans of the countries of Southeast Europe are to go through the transition phase as quickly as possible and be incorporated into the single European common market.

At the same time, the countries of the European Union also want to expand the market and create on that basis the preconditions for a more reliable and more economical supply of energy. For this very fact, the European Community supported the establishment of the Energy Community of the countries of Southeast Europe, namely it initiated and supported the functional integration of electricity and gas systems at the level of the region into a single European electricity and gas system.
The expected development of the gas industry in the region is also based on the plans of connecting the Caspian region with the Western Europe. This topicalizes the issue of construction of necessary infrastructure that is required by large investments and application of the state-of-the-art technologies, harmonized European standards and technical regulations. This is in direct connection with the introduction of new technical regulations and their implementation in practice.
In order for the above stated to be achievable as well, it is necessary to initiate a systematic resolution of vocational and advanced training of personnel for taking on comprehensive and complex tasks. [13]
Investments into education are necessary investments [13]. Therefore, thematic training, additional education and vocational training must be given the highest priority by companies, institutions and even governments themselves. The work and satisfaction of a community in the future will be based on employee qualification. [13]. Precisely because of this, there is an evident need for constant advanced training of all personnel in gas companies, but also in companies and institutions with which gas companies establish collaboration.
What is also significant in this is systematicness which can result only from an establishment of an education center that will have a unified access to educational activities.

Key Words: systematicness, personnel, education, vocational and advanced training

1. Uvod

Znanje je u savremenom svijetu postalo glavni i najmoćniji resurs na kome se pravi razdjelnica između bogatih i siromašnih, moćnih i nemoćnih [1] [11] [12] [13] [14]. Skoro sve značajnije oblasti ljudske djelatnosti su nezamislive bez savremene tehnologije i visokoobrazovanih specijalista, pa prema tome ni bez odgovarajućeg sistema školovanja. Brze promjene u sferi nauke i tehnologije zahtijevaju kao nikad do sada neprekidno praćenje novih dostignuća i njihovu primjenu u praksi, ali i neprekidno stručno usavršavanje kadrova u odgovarajućim oblastima i specijalnostima.

Investicije u obrazovanje su nužne investicije za osiguranje budućnosti svake zemlje. Stoga bi tematsko obrazovanje, dodatna edukacija i stručno obrazovanje morali dobiti najviši prioritet kompanija, institucija, ali i samih država. Posao i zadovoljstvo neke zajednice će se u budućnosti zasnivati na kvalifikaciji zaposlenih. Da bi se ova kvalifikacija pretvorila u dugotrajnu konkurentsku prednost, nužno je da saradnici u kompanijama imaju mogućnost i motivaciju za dugoročno učenje [13].

Upravo zbog svega toga evidentna je potreba stalnog stručnog usavršavanja svih kadrova u gasnim kompanijama (počev od top menadžmenta, preko marketinga, do projektanata, majstora i operatera), ali također i u kompanijama i institucijama sa kojima gasne kompanije ostvaruju saradnju.

2. Kompetentni i edukacioni centar za gasnu tehniku

2.1 Uloga i zadaci edukacionog centra

Osnovna uloga je sagledavanje objektivne situacije koja se, u širem regionu, karakteriše nepostojanjem adekvatnog sistema specijalističkog osposobljavanja za rad na poslovima u okviru gasnih kompanija i kompanija koje rade za gasnu privredu. Procjena je da bi se poslovi mogli puno kvalitetnije i efikasnije organizirati ukoliko bi se uspostavio model koji bi uključivao jedinstvene nastavne planove i programe, osposobljavanje trenera, obezbjeđenje literature za trenere/predavače i literature za polaznike, definisanje jedinstvenih kriterija čime bi se stvorili bitni preduslovi i za funkcionisanje tržišta usluga u ovoj oblasti.

Posebno treba naglasiti značaj edukacionog centra u sistematičnom i jedinstvenom pristupu svim stručnim edukativnim aktivnostima uz mogućnost jednostavnog praćenja kako zahtjeva tehničke regulative, tako i primjene novih tehnoligija. To bi ujedno bilo i mjesto susreta teorije i prakse, razmjene iskustava i stručnog rješavanja problema iz prakse.

Zadaci Edukacionog centra:

- Formiranje savjeta za edukaciju (članovi treba da budu stručnjaci iz tehničkog i/ili personalnog sektora gasnih kompanija, proizvođača opreme i uređaja, kao i izvođača radova).
- Sistematiziranje kvalifikacionih zahtjeva koji proističu iz tehničkih pravila (obučeno lice, stručno lice, kompetentni stručnjak, autorizirani stručnjak).
- Sagledavanje potreba i planiranje aktivnosti na stručnom usavršavanju i inoviranju znanja kadrova u gasnim kompanijama i kadrova u nadležnim državnim tijelima i udruženjima.
- Priprema i predlaganje optimalnih organizacionih modela za sprovođenje aktivnosti na stručnom osposobljavanju i usavršavanju i potvrđivanju osposobljenosti za obavljanje određenih poslova u gasnim kompanijama i kompanijama koje rade određene tehničke poslove za gasne kompanije.
- Priprema jedinstvenih sadržaja nastavnih planova i programa.
- Priprema jedinstvenih pravila za provjeru znanja.
- Osposobljavanje trenera.
- Učešće u edukativnim aktivnostima na regionalnom nivou.
- Podrška u aktivnostima vezanim za suradnju s nadležnim državnim organima.
- Obezbjeđenje stručne specijalističke podrške ministarstvima obrazovanja i srednjim stručnim školama.
- Vođenje jedinstvene baze podataka o nastavnim planovima i programima, literaturi, nastavnim sredstvima, rokovima, polaznicima i izdatim uvjerenjima.

Uključivanje relevantnih partnera u definisanje edukativnih aktivnosti je od velikog značaja. To obezbjeđuje ne samo kontinuiranost u radu već i praćenje realnih potreba gasnog sektora i gasne privrede u svakodnevnom radu, odnosno praksi.
Učešćem svih interesnih predstavnika mogu se pripremiti programi edukacije u skladu sa zahtjevima tehničke regulative uz osiguranje njegovog provođenja, odnosno. financiranja.

2.2 Iskustvo IGT-a

Nesporna činjenica o potrebi za konitinuiranom edukacijom predstavljala je ishodište za naše opredjeljenje da se maksimalno angažiramo na stvaranju i osposobljavanju kompetentnog edukacionog centra gasne struke. IGT, već od svog osnivanja, sa puno entuzijazma trasira put edukaciji. Ponekad je to bio vrlo trnovit put. Zahvaljujući entuzijazmu i požrtvovanju uposlenika, te podršci gasnih kompanija i podršci Saveznog ministarstva za tehničku saradnju SR Njemačke, kao i Njemačkog društva za tehničku saradnju (GTZ) i posebno Njemačkog stručnog udruženja za gas i vodu (DVGW), uspješno je pripremljen i realiziran dvogodišnji projekat "Uspostava kompetentnog i edukacionog centra gasne struke pri Istraživačko-razvojnom centru za gasnu tehniku u Sarajevu". Motivaciju da istrajemo dodatno su nam dali naši partneri iz Njemačke, odnosno DVGW, GWI (Njemački Institut za gas) i GTZ. [10]

Potreba za uspostavom jednog kompetentnog edukacionog centra pojavila se kada je rad na projektu «Harmonizacija zakonske i tehničke regulative u gasnom sektoru zemalja jugoistočne Evrope» rezultirao sa cca 50 novih tehničkih pravila. U tom momentu postalo je sasvim jasno da se ova kompleksna tehnička regulativa neće moći adekvatno prenijeti u praksu bez odgovarajuće stručne obuke i stručnog usavršavanja menadžmenta, inžinjera, tehničara, majstora i svih ostalih koji učestvuju u procesima od projektovanja do eksploatacije i održavanja gasnih postrojenja. Da bi se ovako obimne i složene edukacije mogle sprovesti neophodno je bilo da se za taj posao prvo osposobi jedan edukacioni centar, što je podrazumijevalo osposobljavanje budućih trenera i odgovarajuća nastavna sredstva. U obuci trenera su učestvovali mentori koji dolaze iz prvog reda stručnjaka koji su kreirali i koji sprovode ovu regulativu u okviru DVGW-a. [10]
To je upravo u cijelosti uspjelo kroz projekt javno-privatnog partnerstva između IGT-a, DVGW-a i GTZ-a.
Edukacioni centar IGT-a je kroz ovaj projekt, zahvaljujući dobrom konceptu i besprijekornoj 18-mjesečnoj realizaciji školovanja trenera, postigao da dobije certifikat «Kompetentnog i edukacionog centra za gasnu tehniku» za oblasti transporta gasa, distribucije gasa, primjene gasa (domaćinstva/industrija), mjerenja i regulacije pritiska gasa. [2] [5-10]
U pripremnoj fazi ovog projekta izvršen je izbor stručne liturature i prezentacionih materijala edukacionih centara DVGW-a i GWI-a, a potom je u periodu od osamnaest mjeseci, 14 odabranih kandidata, magistara i diplomiranih inžinjera, sa referensama u gasnoj struci, prošlo obuku za trenere iz sedam nastavnih oblasti u okviru gasne struke.
U obuku je također bila uključena i oblast didaktike, što značajno doprinosi uspješnom prenošenju znanja od trenera na polaznike kurseva, seminara i ostalih oblika stručnog usavršavanja.

U završnoj fazi su kandidati pripremali po dva seminarska rada za svaku tematsku oblast za koju polažu ispit, održali ispitno predavanje u realnim uslovima, te polagali pismeni, a potom i usmeni dio ispita. Nakon uspješno završenih ispita kandidati su dobili i DVGW/GWI certifikate čime su zvanično postali treneri za određene oblasti.
Certifikat DVGW-a i GWI-a (Slika 1) koji je dodijeljen IGT-u kao instituciji predstavlja i formalno priznanje ove kompetentnosti koju će svakako u praksi biti neophodno stalno potvrđivati.

ZERTIFIKAT CERTIFIKAT

gwi DVGW

Der DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches – Technisch-wissenschaftlicher Verein und das GWI Gaswärme-Institut bestätigen dem IGT Forschungs- und Entwicklungszentrum für Gastechnik die erfolgreiche Qualifizierung als

IGT-Kompetenz- und Schulungszentrum für Gastechnik – anerkannt von DVGW und GWI –

sowie die Qualifizierung seiner Trainer im Rahmen des gemeinsam durchgeführten BMZ/GTZ-geförderten Projektes, insbesondere in den Bereichen:

- **Gastransport**
- **Gasverteilung**
- **Gasanwendung (häusliche/industrielle)**
- **Gasmessung und -regelung**

DVGW – Njemačko stručno udruženje za gas i vodu – Tehničko-naučna udruga i GWI – Institut za gas i toplinu, potvrđuju IGT Istraživačko razvojnom centru za gasnu tehniku uspješno kvalificiranje kao

Kompetentnog i edukacionog centra za gasnu tehniku

kao i kvalificiranost njegovih trenera u okviru zajednički sprovedenog projekta uz podršku Njemačkog saveznog ministarstva za naučno tehničku saradnju (BMZ)/ Njemačkog društva za tehničku saradnju (GTZ) u oblastima:

- **transport gasa**
- **distribucija gasa**
- **primjena gasa (domaćinstva/industrija)**
- **mjerenje gasa i regulacija**

Bonn 28.08.2006

DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.
Dr.-Ing. Walter Thielen
Hauptgeschäftsführer

GWI Gaswärme-Institut e.V.
Prof. Dr.-Ing. Klaus Görner
Vorstand

Slika 1. Certifikat Kompetetnog i edukacionog centra pri IGT-u

3. Edukacija u svrhu implementacije tehničke regulative

Sva tehnička pravila imaju jasno definisane kvalifikacione zahtjeve preduzeća i pojedinaca koji učestvuju u njihovoj implementaciji. U tehničkim pravilima je nedvosmisleno utvrđeno na koji način i kako se dokazuje stručna kvalificiranost (tablica 1).

Tablica 1. Prikaz kvalifikacionih zahtjeva tehničkih pravila

Tehničko pravilo	Zahtjevi (tačka, broj,..)	Kako se zahtjev ispunjava (dokaz)
G 465-2 Gasovodi s pogonskim pritiskom do 5 bar – Održavanje	Osposobljenost firme za gradnju i održavanje gasovoda (tačka 3, stav 2)	DVGW certifikat prema GW 301 za odgovarajuću grupu (tačka 3,stav 2)
	Osposobljenost varilaca PE cijevi (tačka 4.6,stav 2)	Potvrda prema GW 301 (tačka 4.6, stav 2)
G 651 Punionice za vozila na prirodni gas	Odobravanje konstrukcije spojnice za punjenje (tačka 4.7.11.9)	Mora imati DVGW certifikat tipa ili biti pojedinačno ispitana od autoriziranog stručnjaka (tačka 4.7.11.9)
	Provjera zadovoljenja zahtjeva tehničkog pravila (tačka 5.4.1)	DVGW autorizirani stručnjak za punionice (tačka 5.4.1)
	Odobravanje odstupanja od zahtjeva tehničkog pravila (tačka 5.4.2)	Investitor obavještava autoriziranog stručnjaka o odstupanjima. Autorizirani stručnjak vrši ispitivanja (tačka 5.4.2)
	Odobravanje bitnih izmjena u odnosu na tehničko pravilo (tačka 5.4.3)	Autorizirani stručnjak mora da ustanovi isti nivo sigurnosti kod bitnih izmjena sprovođenjem ispitivanja prema tački 5. (tačka 5.4.3)
	Potvrđivanje sprovedenih ispitivanja (tačka 5.4.4.)	Autorizirani stručnjak kome je povjereno ispitivanje na mjestu postavljanja treba da potvrdi provedena ispitivanja potvrdom o ispitivanju (tačka 5.4.4.)
GW 301 Kvalifikacioni kriteriji	Kvalificiranosti preduzeća (tačka 1)	Pribavljanjem certifikata koji izdaje DVGW (tačka 1)
	Osoba koja vrši nadzor zavarivanja čeličnih gasovoda mora biti kvalificirana (tačka 5.3)	Kvalificiranost se dokazuje izdatim certifikatom prema EN 719 (tačka 5.3)

za preduzeća koja grade gasovode	Osoba koja vrši nadzor zavarivanja PE gasovoda mora biti kvalificirana (tačka 5.3)	Kvalificiranost se dokazuje izdatom važećom potvrdom jedne od obrazovnih ustanova prema GW 331 (tačka 5.3)
	Stručnosti i obučenosti izvođačkog kadra koje vrši naknadno omotavanje cijevi, armatura i fazonskih komada (tačka 5.4)	Stručnost se dokazuje posjedovanjem potvrde prema GW 15 (tačka 5.4)
	Stručnost osoblja za zavarivačke radove na čeličnim cijevima (tačka 5.4.1)	Zavarivačke radove na čeličnim cijevima mogu izvoditi isključivo zavarivači prema EN 287-1 (tačka 5.4.1)
	Stručnost osoblja za zavarivačke radove na gasovodima od polietilena (tačka 5.4.1)	Za zavarivačke radove na gasovodima od polietilena može se upošljavati samo osoblje koje posjeduje važeću potvrdu obrazovne ustanove prema GW 330 uz dokaz o kontroli (tačka 5.4.1)

Koristeći novostečena iskustva, naš program edukativnih aktivnosti smo koncipirali prvenstveno u smjeru osposobljavanja kadrova za primjenu nove tehničke regulative i to na bazi specijalističkih usmjerenja uvažavajući različite nivoe stručne izobarazbe kao i konkretne obaveze i odgovornosti polaznika (tablica 2).

Tablica 2. Ciljne grupe polaznika i područja rada

Ciljne grupe	*Oblasti*
Memadžment Projektanti i nadzorni organi Izvođači – majstori Rukovaoci Serviseri	Transport gasa
	Distribucija gasa
	Regulacija pritiska gasa
	Mjerenje količine gasa
	Primjena gasa u domaćinstvu i zanatstvu
	Primjena gasa u industriji
	Primjena gasa u saobraćaju

Sistematičnost u pristupu edukativnim aktivnostima ogleda se kroz usklađivanje nastavnih planova i programa s tehničkim pravilima koja su urađena u okviru projekta “Harmonizacija zakonske i tehničke regulative u gasnom sektoru zemalja jugoistočne Evrope”, a koji su dosljedno usmjereni prema određenim ciljnim grupama koje su opet definisane po kriterijumima specijalnosti, nivou stručne izobrazbe i pozicijama u organizacionoj strukturi.

Ispunjavajući kvalifikacione zahtjeve polaznici stiču zvanje obučeno lice, stručno lice, kompetentni stručnjak ili autorizirani stručnjak za određeno područje rada. Ovo naravno podrazumijeva i obuhvata usklađivanje s novim Evropskim Direktivama.
Za određene teme predviđa se također učešće DVGW eksperata iz SR Njemačke (kako se to već prakticira skoro deset godina), što će posebno doprinijeti produbljivanju znanja i upoznavanju polaznika kurseva s najnovijim tehnologijama, tehničkim dostignućima i suvremenom praksom.
U cilju racionalizacije troškova edukacije planirano je da se kursevi i seminari organiziraju ne samo u Sarajevu nego i po regionalnim centrima, a u saradnji s lokalnim institucijama ili privrednim subjektima.
Uključivanje relevantnih partnera u definisanje edukativnih aktivnosti je od velikog značaja. To obezbjeđuje ne samo kontinuiranost u radu edukacionog centra, već i praćenje realnih potreba gasnog sektora i gasne privrede u svakodnevnom radu, odnosno praksi. Ovakav pristup zasigurno će omogućiti izbjegavanje dobro poznatog stava “teorija je jedno – a praksa nešto drugo” jer je cilj upravo suprotan.
Partneri u ovim aktivnostima su svakako preduzeća za transport prirodnog gasa; preduzeća za distribuciju prirodnog gasa; projektantske organizacije; inžinjering firme; firme-izvođači gasnih instalacija; proizvođači opreme; preduzeća za proizvodnju i distribuciju toplote; industrijska preduzeća koja koriste gasovita goriva; općinski organi za poslove prostornog uređenja, okoliša, građenja, i naravno dimnjačarske organizacije.
Obzirom da se IGT od svog osnivanja uspješno bavi poslovima edukacije kadrova u gasnoj struci, to smo bili u prilici da po okončanju ovog projekta nastavimo ove aktivnosti ali na dosta sistematičniji i savremeniji način obogaćeni novim znanjima, novom literaturom i novim nastavnim sredstvima. [2] [3] [5-9]

Tome treba dodati da je kroz ovaj program IGT dobio oko 2500 stranica odabranog edukacionog materijala, koji se sa svakom novom obukom obogaćuje i aktualizira, te da raspolaže svom neophodnom infrastrukturom za odvijanje nastavnog procesa za oblasti transporta, distibucije, mjerenja i regulacije pritiska gasa, obračuna, industrijske primjene i unutrašnjih gasnih instalacija. [7]

4. Zaključak

Kao što je naprijed već rečeno, plan edukativnih aktivnosti se koncipira uvažavajući različite nivoe stručne izobarazbe, kao i konkretne obaveze i odgovornosti polaznika, te se i edukativni programi namjenski pripremaju prema potrebama zainteresiranih gasnih kompanija.

Dodatno na osnovu ovih znanja i saznanja Edukacioni centar može pružiti pomoć i podršku kompanijama u pripremi konkretnih kratkoročnih i dugoročnih (godišnjih ili višegodišnjih) planova edukacije njihovih kadrova.
Zavisno od djelatnosti kompanije, vrši se analiza potrebnih kvalifikacija (utvrđenih u tehničkm pravilima) i analiza postojećih kvalifikacija zaposlenika. Na osnovu ovih podataka izrađuje se godišnji ili trogodišnji plan stručnog osposobljavanja i usavršavanja zaposlenika.

Plan edukacije obuhvata definisanje ciljnih grupa (grupa polaznika), utvrđivanje nastavnih programa (sa tematskim jedinicama, nastavnim sadržajem tematskih jedinica, brojem časova, tehničkim podlogama, formom dokaza o završenoj obuci, periodu važenja dokaza, odnosno periodom produžavanja certifikata, i drugih relevantnih podataka) i svakako utvrđivanjem subjekta koji vrši obuku. Ovako opsežan program treba biti praćen i elektronskom verzijom, odnosno softwerskom obradom podataka koja će zasigurno olakšati pretraživanje i operativno korištenje.

Izrada ovakvih planova edukacije kadrova će kompanijama omogućiti jednostavan pregled kvalifikacija zaposlenika, „kontrolu" izvršioca obuke i blagovremeno planiranje edukacije kako s aspekta kadrovskih potreba, tako i s aspekta sagledavanja postojeće infrastrukture, odnosno postojećih institucija koje mogu pružiti odgovarajuću uslugu.

Da bi Edukacioni centar u potpunosti ispunio svoju ulogu, neophodno je da se saradnici neprekidno samostalno educiraju prateći prvenstevno promjene u tehničkoj regulativi – EU smjernicama, tehničkim propisima, tehničkim pravilima i standardima. Svojom obavezom IGT smatra pokretanje i realizaciju posebnih regionalnih edukativnih projekata za trenere, kao i praćenje njihovog rada kroz pisane radove i ankete o zadovoljstvu korisnika.

IGT će također voditi brigu o stalnom proširivanju kruga certificiranih trenera pri čemu će se voditi računa o specijalističkim usmjerenjima, ali također i o regionalnim aspektima kako bi se stvorili preduslovi za uspješniju poslovno-tehničku saradnju.

IGT, kao kooperacioni partner DVGW-a, je spreman dati punu podršku, ali i prenijeti svoja iskustva kod formiranja Edukacionih centara u zemljama učesnicama projekta „Harmonizacija tehničke regulative u gasnom sektoru zemalja jugoistočne Evrope".

5. Literatura

[1] Anon. (1988). Education and development: A review. Wordl Bank Research Obsrever 3 (1988): str. 99-116

[2] Anon. (1991). Međunarodno savjetovanje GAS-JUS na temu «Prijedlozi tehničkih normativa i standarda za unutrašnje gasne instalacije» u sklopu kojeg je održana i izložba «Gas za kucu» Istraživačko-razvojni centar za gasnu tehniku, Sarajevo – IGT http://www.igt.ba

[3] Anon. (2001). Međunarodno savjetovanje na temu «Legislativa i tehnička regulativa u gasnom sektoru zemalja jugoistocne Evrope» Istraživačko-razvojni centar za gasnu tehniku, Sarajevo – IGT http://www.igt.ba

[4] Anon. (2006). Međunarodna gasna Konferencija «Perspektive regionalne suradnje u stvaranju gasnog tržišta jugoistocne Evrope i povezivanje s Evropskom unijom» Istraživačko-razvojni centar za gasnu tehniku, Sarajevo – IGT http://www.igt.ba

[5] Anon. (2011a). Stručno osposobljavanje i usavršavanje - Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V Berufsbildung und Veranstaltungen – DVGW. Preuzeto sa: www.dvgw.de Dokumentacija dostupna na Gaswärme-Institut e.V. Essen – GWI www.GWI.de

[6] Anon. (2011b). Edukacija. Istraživačko-razvojni centar za gasnu tehniku, Sarajevo – IGT http://www.igt.ba/edukacija.html

[7] Anon (2011c). Studije. Istraživačko-razvojni centar za gasnu tehniku, Sarajevo – IGT http://www.igt.ba/studije.html

[8] Anon. (2011d). Tehnička regulativa. Istraživačko-razvojni centar za gasnu tehniku, Sarajevo – IGT http://www.igt.ba/regulativa.html

[9] Anon. (2011e). Laboratorijska i terenska ispitivanja. Istraživačko-razvojni centar za gasnu tehniku, Sarajevo – IGT http://www.igt.ba/labaratorija.html

[10] Anon. (2011f). Uloga prirodnog gasa u regionu jugoistočne Evrope u narednom desetljeću Istraživačko-razvojni centar za gasnu tehniku, Sarajevo – IGT http://www.igt.ba/igt_konf.html

[11]Simmons, J. (1979): Education for development reconsidered. World Development 7 (1979): str. 1005-1016

[12]Singh, A. (1994). Global economic changes, skills and international competitivness. International Labour Review 133 (1994): str. 167-183

[13]Todaro, P. M. & Smith, C. S. (2006). Ekonomski razvoj. Šahinpašić, Sarajevo

[14]Wadi, D. H. Et al. (1990). Eduacation and Development: Evidence for New Priorities. Wordl Bank, Washington DC

Uloga utilizatora u postizanju energetske učinkovitosti
The role of the utilizer in achieving energy efficiency

T. Grizelj[1], J. Hrnjica Bajramović[2*]

[1]ITG Wärmetechnic GmbH, Wien, Austria,
[2]Grizelj d.o.o. Sarajevo, Bosna i Hercegovina

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: grizelj@grizelj.com

Sažetak

Neminovno je da se mora težiti energetskoj učinkovitosti kako bi bio podstaknut održivi razvoj u većini tehnoloških projekata/procesa koji mogu doprinjeti ekonomskoj profitabilnosti i zaštiti okoliša, i to kroz ekološku, energetski, financijsku opravdanost ili učinkovitosti namjenskih tehnologija.

Jedna od mogućnosti postizanja učinkovite iskoristivosti energije jeste instaliranje utilizatora, kao i plamenika sa rekuperatorom.

Većina značajnih tehnoloških procesa tokom eksploatacije ima energijske gubitke koji se ogledaju u ispuštanju dimnih plinovima. Proces utilizacije omogućuje korištenje baš tih dimnih plinova s ciljem povećanja energetske učinkovitosti kroz smanjenje utroška primarnog energenta.

Instaliranjem utilizatora omogućuje se rekuperacija dimnih plinova ulazne temperature od 300°C do 900°C, a izlazne temperature približno 160°C, i svježeg zraka ulazne temperature 15°C, a izlazne temperature zraka od 100°C do 600°C. Rekuperirani plinovi/zrak se koriste na namjenskim plamenicima koji koriste vreli zrak do 600°C u tehnološkom procesu.

Ključne riječi: energetska učinkovitost, utilizacija, rekuperacija, plin

Abstract

It is inevitable to strive for energy efficiency in order to encourage sustainable development in most technological projects / processes that can contribute to economic profitability and environmental protection, through environmental, energy, financial justification/profitability or efficiency of specific technologies.

One of the possibilities for an effective energy efficiency is installing utilizer, and the burner with recuperator.

Most significant technological processes during service has the energy losses that are reflected in the discharge of flue gases. The process of utilization allows to use just these flue gas in order to increase energy efficiency by reducing the consumption of primary energy.

Installing utilizer allows the recuperation of flue gas inlet temperature of 300°C to 900°C and outlet temperature of about 160°C, and the fresh air inlet temperature 15°C, and the outlet

air temperature of 100°C to 600°C. The recovered gas / air used on dedicated burners that use hot air to 600°C in the technological process.

Keywords: energy efficiency, utilization, recuperation, gas

1. Uvod

Korištenje otpadnih materija danas je postala privredna/gospodarska aktivnost, ali izazovna i inovativna prilika za struku u osmišljavanju novih tehničko tehnoloških rješenja koja će otpad maksimalno ali efektno iskoristiti uz eliminaciju negativnih uticaja na okolinu.

Otpad definitvno treba promatrati kao obnovljivu materiju, koja uz efikasnu i korektnu tehnologiju može biti održiv način ekonomske profitabilnosti.
Vrlo česte su industrije koje u svojim radnim procesima troše enormne količine energije, ali uz to imaju i velike količine «otpadne» energije koja se može iskoristiti na više načina.
Jedan od načina je i instaliranje utilizatora.
Utilizator se može instalirati kao nadogradnja na postojeću tehnologiju u namjenskim industrijama koje za svoje radne procese koriste vrlo visoke radne temperature.

Utilizator je u biti namjenski izmjenjivač toplote i "plamenik" - koji koristi vreli zrak i omogućava kroz rekuperaciju i turbo sistem sa pratećom softiciranom opremom iskorištavanja otpadnih dimnih plinova iz termoenergetskih i industrijskih postrojenja do 50% te povećaju energetsku efikasnost postrojenja 20% - 35% uz smanjenje utroška primarnog energenta, što je realno značajan benefit.
Svako postrojenje u kome se primjeni utilizator ekonomski je isplativo, ovisno o fondu radnih sati i iskorištenju kapaciteta postrojenja, za 10000 do 15000 sati rada.

Modularno tehnološko rješenje nudi sukcesivno tehničko rješenje i po potrebi mogućnost proširenja kapaciteta i poboljšanja konfiguracija s ciljem povećanja energetske efikasnosti svakako uz zašitu prirode - okoliša.

Dakle ovdje se radi o odbačenom i neiskorištenom izvoru energije. To je iskorištavanje vrelog zraka iz utilizatora gdje se vrši rekuperacija dimnih gasova/plinova i svježeg zraka. Ovdje je vreli zrak iz utilizatora iskorišten za stvaranje jednog vida energije, koji može da zamjeni određeni postotak energenta. S' obzirom na to da se ovdje vrši rekuperacija dimnog gasa/plina sa svježim zrakom, promatrajući iz ekološkog aspekta, ovo može biti pozitivno.

Bosna i Hercegovina je zemlja u tranziciji, koja je na putu prihvaćanja EU legislativa, te treba da se kroz svoje projekte, koji se odnose i na javni i na privatni sektor, ponaša u skladu pravila i normi koje nalaže EU.
Prije svega, potrebno je upravljati energetskim resursima na način da se svi vidovi energije proizvode i stvaraju samo prema potrebama. Također, jako je bitno primjeniti sve mjere štednje i provesti što efikasnije korištenje. Ono što je potrebno implementirati na prostor BiH jesu nove ideje i tehnologije, zasnovane na obnovljivim energetskim resursima, jer je cilj –

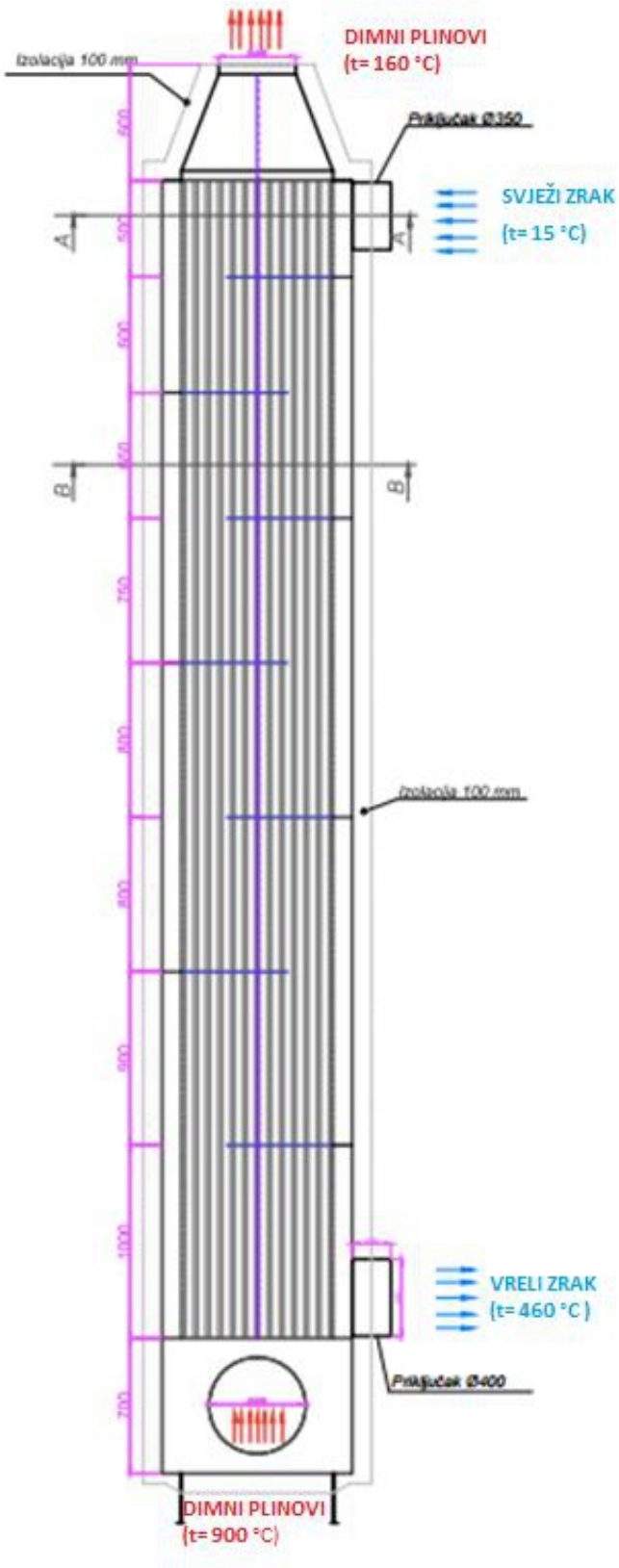
održivi razvoj. Ta održivost je bitna, promatrajući stvari sa energetskog i financijskog aspekta, ali u ovom kontekstu priče je bitno reći da sve ideje i tehnologije koje su nastale kao produkt ideja i financijske mogućnosti za stvaranje istih, moraju biti u skladu sa zakonskim i moralnim načelima.
Direkcija EU za energiju i transport je napravila lako-pamtljiv plan rada 20-20-20 do 2020.godine. Štetne emisije se trebaju smanjiti za 20%, uštedjeti 20% energije i dobiti 20% enerije iz obnovljivih energetskih izvora.

2. Tehničke karakteristike utilizatora

Utilizator kao izmjenjivač topline ima namjenu da vrši rekuperaciju dimnih gasova/plinova, ulazne temperature od 300 – 900°C, a izlazne temperature približno 160°C, i svježeg zraka ulazne temperature 15°C, a izlazne temperature zraka 100–600°C. Rekuperirani plinovi/zrak se koriste na namjenskim plamenicima koji koriste vreli zrak temperature do 600°C.

Utilizator ima četiri priključka, od kojih su dva za dimne plinove, a dva za svježi zrak/vazduh. Takođe, posjeduje odgovarajuće svijetle otvore, zavisno od kapaciteta utilizatora.

Na gornjem priključku svježeg zraka/vazduha utilizatora je instaliran ventilator svježeg zraka/vazduha na antivibracionom bloku. Na gornjem priključku utilizatora dimnih plinova/gasova je instaliran ekshaustor sa aksijalnim kompenzatorom (slika 1.)

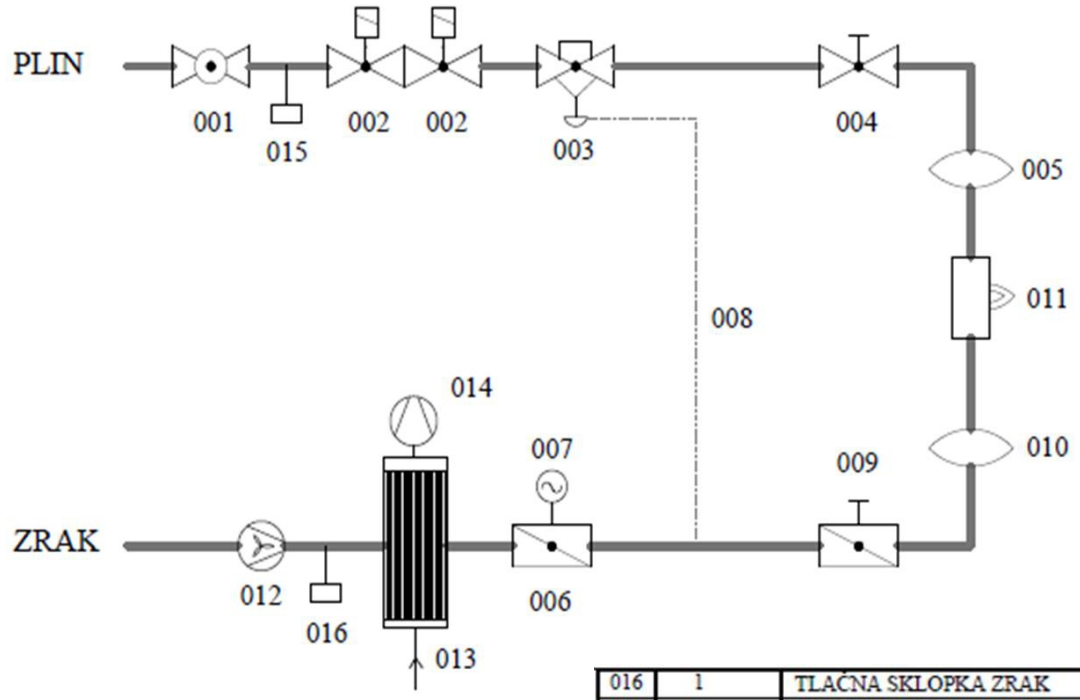


Slika 1. Prikaz Utilizatora vertikalne postavke

Gasni/plinski plamenik koristi pregrijani zrak temperature do 500°C.
Na taj način se smanjuje štetna emisija polutanata, a povećava energetska efikasnost/učinkovitost od 20% do 30%, što je po Direktivi 20-20-20 od izuzetnog značaja. Ovaj princip rada, kako nalaže Direktiva, smanjuje štetnost u kontekstu okoliša, a povećava efikasnost, u kontekstu energenta i ekonomije. Kroz turbo eko efekt, racionalizira se utrošak energenta. Na taj način se postiže više energije i povećava energetska efikasnost/učinkovitost.
Proizvođač plinskih/gasnih plamenika koji imaju mogućnost da koriste vreli zrak je firma GRIZELJ, kapaciteta od 4 kW do 5275 kW u 14 veličina sa omjerom regulacije 1:10 (100 kW – 1000 kW), koji rade na LPG/UNP/UNG/zemni plin/gas, ulazni tlak/pritisak 100 mbar.
Plamenik se sastoji od: kućišta, plamene glave, visokonaponskog trafoa, elektrode, plinske/gasne dizne, stabilizatora plamena, nadzirača plamena, priključaka za zrak/vazduh i plin/gas navojne ili prirubničke izvedbe ovisno o kapacitetu ili veličini plamenika.

Slika 2. Izgled plamenika

Sastavna tehnologija zračne/vazdušne armature je :
ventilator svježeg zraka/vazduha na antivibracionom bloku (instaliran na utilizatoru),
regulaciona zračna/vazdušna klapna za radnu temperaturu do 500°C sa postavnim motorom, prigušnica, aksijalni kompenzator, tlačna sklopka za nadzor tlaka/pritiska, zraka/ vazduha.
Sastavna tehnologija plinske/gasne armature je :
kuglasti ventil, filter, regulator tlaka/pritiska plina/gasa, elektro magnetni ventili, kontrola zaptivenosti, regulator protoka plina/gasa koji je pneumatski spregnut/spojen sa zračnom armaturom, aksijalni kompenzator, tlačna sklopka za nadzor tlaka/pritiska, plina/gasa.



Slika 3. Sastavna tehnologija plinske i zračne armature

POZ.	KOLIČINA	OPIS
016	1	TLAČNA SKLOPKA ZRAK
015	1	TLAČNA SKLOPKA PLINA
014	1	EKSHAUSTOR DIMNIH PLINOVA
013	1	UTILIZATOR
012	1	VENTILATOR SVIJEŽEG ZRAKA
011	1	PLAMENIK
010	1	KOMPENZATOR
009	1	VENTIL ZA NAMJEŠTANJE PROTOKA ZRAKA
008	1	PNEUMATSKA VEZA
007	1	ELEKTROMOTORNI POGON
006	1	LEPTIR ZAKLOPKA ZA ZRAK
005	1	KOMPENZATOR
004	1	VENTIL ZA NAMJEŠTANJE PROTOKA PLINA
003	1	REGULATOR ODNOSA ZRAK/PLIN
002	2	ELEKTROMAGNETNI PLINSKI VENTIL
001	1	ZAPORNA KUGL SLAVINA

3. Energetska efikasnost instaliranja utilizatora

Treba spomenuti da plamenik ne mora uvijek da radi punim kapacitetom i da producira 1000 kWh energije. Ukoliko je kapacitet plamenika manji, shodno tome, ušteda je manja. Plamenik može da obavlja svoju funkciju i na manje od 1000 kWh. Međutim ako plamenik radi punim kapacitetom, za energetski aspekt nije toliko bitno da li je riječ o prvoj varijanti sa 100% energenta ili o drugoj varijanti sa 80% energenta i 25% rekuperacijske energije.

Utilizator - Turbo Sistem je idealan primjer provedene energetske efikasnosti u djelo. Došlo je do ostvarenja glavnog principa te vrste efikasnosti, zamjene odbačenih i neobnovljivih energenata sa obnovljivim. Proizvodnja, distribucija i potrošnja energije su djelatnosti koje moraju na direktan ili indirektan način da utiču na sva područija ljudskog djelovanja. Energetska efikasnost se, po definiciji, predstavlja kao sve one mjere koje su isplanirane, a naknadno i provedene, a koje za cilj imaju korištenje minimalno moguće energije, ali da stopa proizvodnje i udobnosti ostane nepromjenjena.

Iz perspektive rada Utilizatora-Turbo Sistema: Plamenik radi punim kapacitetom od 1000 kWh, uz pomoć energenta koji se plaća i koji nije obnovljiv. Ukoliko se 20% tog energenta (200 kWh) zamjeni sa 20% novonastale energije dobijene iz Utilizator -Turbo Sistema, tako što se vreli, otpadni gas/plin rekuperira i koristi kao zamjena energenta. Najbitnije u svemu ovome je da je ovaj otpadni gas/plin iz utilizatora stvorio novu, rekuperiranu energiju, koja može :

1. adekvatno da zamijeni određeni postotak energenta;
2. spada u obnovljivi izvor energije.

Ovim je ispunjen uslov EU Direktive koji se odnosi na 20% uštede energije i stvaranje nove energije iz odbačenih i obnovljivih resursa.

4. Financijski pregled

Realno gledajući rekuperaciona energija je "besplatna", te nastaje prilikom upotrebe Utilizator – Turbo Sistema, i koristi se da se zamijeni sa 20% energenta, koji košta. 20% manje energenta, odnosno predstavlja i 20% manje financijskog izdatka.
Promatrajući cijene energenata LPG-a ili zemnog plina, 20% energenta = 200 kWh i to izgleda ovako:
Cijena LPG-a je 1,80 KM/kg, a cijena zemnog plina je 1,00 KM/m³.

LPG – energent
200 kWh : 12, 8 kW/kg = 15,625 kg/h
x 1,80 KM/kg = 28, 125 KM/h
28,125 KM/h x 8760 h/a = 246.375,00 KM/a

Zemni plin – energent
200 kW/h : 9 kW/m³ = 22,22 m³/h
x 1,00 KM/m³ = 22,22 KM/h
22,22 KM/h x 8760 h/a = 194.666,66 KM/a

Dakle, na godišnjem nivou bi se uštedilo 246.375,00 KM ukoliko se radi o energentu LPG, a 194.666,66 KM, ukoliko se radi o energentu Zemni plin.

Umanjenjem postotka energenta za 20%, plamenik gubi 200 kWh od punog kapaciteta rada. Za kapacitet plamenika od 200 kWh je potrebno imati 15, 62 kg/h LPG-a ili 22,22 m³/h, što u vrijednosti novca domaće valute predstavlja trošak od 28,12 KM/h ako je u pitanju LPG ili 22,22 KM/h ako je u pitanju zemni plin. Na godišnjem nivou je to, u novčanom kontekstu, 246.375,00 KM/a ako je u pitanju LPG ili 194.666,60 KM/a ako je u pitanju zemni plin kao energent.

5. Zaključak

Instaliranje UTILIZATORA – turbo sistema, u namjenskim industrijama osigurava značajne benefite koji se ogledaju kroz ekološku prihvatljivost, energetsku efikasnost i financijsku opravdanost.

Utilizator u potpunosti ispunjava uvjete EU Direktivu 2009/28/EC popularno nazvana 20 – 20 – 20 do 2020. godine.
Energetska efikasnost je cilj koji je ispunjiv uz instaliranje utilizatora i opravdan, a svakako namjenskim industrijama neophodan.
«Rasipanje» energije više definitivno nije trend i postao je pravi izazov osmisliti način, rješenje, tehnologiju, na koji će se postići značajne energetske uštede kroz efikasan rad a koje predhode ekonomskim uštedama, ali uz ekološku prihvatljivost.
Utilizator to definitivno omogućava.

6. Literatura

[1] Istraživačko naučna dokumentacija firme ITG Wärmetechnic GmbH, Wien, Austria**,** 2012 – 2014
[2] Istraživačko naučna dokumentacija firme GRIZELJ d.o.o., Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2012 – 2014

Razvoj plinifikacije i doprinosi energetskoj stabilnosti u slavonskoj regiji - 40 godina HEP Plina d.o.o. Osijek

Development of gasification and contributions to energy stability in the Slavonia region - 40 years of the HEP Plin Ltd. Osijek

Z. Tonković[1] M. Ivanović[2]

[1] HEP-Plin d.o.o., Osijek, Hrvatska
[2] PANON-institut za strateške studije, Osijek, Hrvatska

*Autor za korespodenciju. E-mail: zlatko.tonkovic@hep.hr

Sažetak

U radu se daje kraći povijesni pregled razvoja plinifikacije na području slavonske regije u proteklih 40 godina, prikazuje se tehnološki razvoj poslovanja i doprinos HEP PLINA stabilnosti opskrbe energijom Istočne Hrvatske te ukazuje na razvoj pojedinih oblika potrošnje i tržišnih udjela. Posebno se analizira tehnička opremljenost poslovanja te kadrovska ekipiranost jednog od najvećih distributera prirodnog plina u Republici Hrvatskoj.

Abstract

The paper provides a brief historical overview of the gasification development in the Slavonia region in the past 40 years, showing the technological development of the business and the contribution of the HEP PLIN Ltd to stability of energy supply in Eastern Croatian, and points to the development of certain forms of consumption and market shares . Especially analyzes technical equipment of the business and team building of one of the largest natural gas distributor in the Republic of Croatia.

Ključne riječi: HEP plin d.o.o. / prirodni plin / plinofikacija regije / Slavonija i Baranja / distribucija prirodnog plina

1. Uvod

Korištenje prirodnoga plina u slavonsko-baranjskoj regiji započelo je nakon otkrića naftnog polja Beničanci (1968.) i plinskog polja Bokšić-Lug (1973.). [1]: Počeci plinifikacije u regiji se mogu promatrati u dvije etape:

- u prvoj etapi (razdoblje 1972. - 1975.) obavljeni su elementarni pripremni radovi i plin su počeli koristiti industrijski kapaciteti u Donjem Miholjcu i Slatini koji su locirani uz naftna i plinska polja, odnosno uz trasu magistralnog plinovoda Bokšić – Zagreb;

- u drugoj fazi etapi (1975. - 1979.) počela je realizacija pojedinačnih projekata korištenja prirodnog plina (kaptažnog iz naftnih bušotina i slobodnog iz plinskih polja) kod industrijskih potrošača koji su bliže izvorima te postojećim magistralnim plinovodima.

1. Osnivanje i razvoj „HEP Plin“-a i plinifikacija Slavonije

Ni godinu dana nakon otkrića plinskog polja Bokšić Lug - već 1974. godine - u proces plinifokacije regije uključila se "Elektroslavonija" Osijek i to:

a) izgradnjom plinsko-turbinske elektrane u Osijeku (kao velikog potrošača slobodnih količina plina) i

b) imenovanjem (po lokalnim vlastima) za nositelja poslova plinofikacije na regionalnoj razini.

Po imenovanju za nositelja poslova plinifikacije na području Slavonije i Baranje - u ljeto 1975. g. pri odjelu za razvoj tadašnjeg OOUR-a ˝Elektroslavonije˝ - Termo-elektrana-Toplana“ Osijek, na razvoju su plinifikacije zaposlena su tri djelatnika. Krajem godine bilo ih je 7; kako je rastao obujam poslova, povećavao se i broj zaposlenika (tab. 1) te prilagođavala organizacijska struktura. Povećanjem broja kupaca i razvojem poslovanja ukazala se potreba za višim organizacijskim oblikom te je 1979. g. Odjel za razvoj plini-fikacije prerastao u višu organizacijsku razinu: ˝Elektroslavonija˝ je formirala - pogon „Distribucija plina“.

Tablica 1. Broj zaposlenih u pogonu „Distribucija plina“ 1975.-2000.

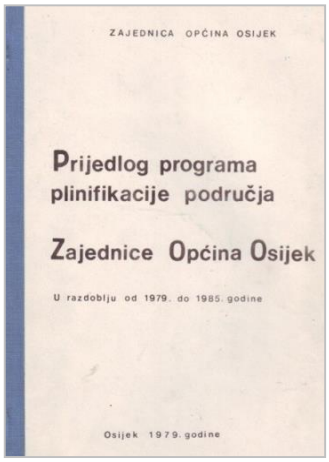
1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.	1986.	1987.
7	17	20	24	27	30	49	56	60	65	71	73	75
	1988.	1989.	1990.	1991.	1992.	1993.	1995.	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.
	81	93	103	94	96	100	111	114	119	118	117	119

Izvor:[2]

Elektrificiranost naselja u Slavoniji i Baranje bila je sredinom 50-tih godina prošlog stoljeća naglašeno niska; 1956. godine u regiji samo je 11% naselja bilo elektrificirano. Projek-tiranje, proizvodnja komponenata, montaža, puštanje u pogon i održavanje mreže, kao i prodaja električne energije bilo je u nadležnosti „Elektroslavonije“ koja je u slijedećih trideset godina ostvarila 100%-tnu elektrifikaciju naselja u regiji. [3] U sedamdesetim godinama aktivnosti na širokoj elektrifikaciji su smanjene, a istodobno započinje izgradnja magistralnog plinovoda do Osijeka, radi dobave prirodnog plina za plinsko-turbinsku elektranu (PTE). Te dvije okolnosti su – po prirodi ekonomske logike i tehnologije poslovanja – nametnule novu razvojnu politiku u „Elektroslavoniji“: tako se - uz električnu energiju - opskrba kućanstava, industrije i ostalih potrošača prirodnim plinom razvija kao nova djelatnost. Projektiranje plinskih distribucijskih mreža analogno je projektiranju kabelskih električnih mreža. Situacije u gradskim i mjesnim ulicama „kopirane“ su za potrebe plinofikacije. Zemljani radovi, polaganje i montaža plinovoda slični su polaganju i montaži električnih kabela, dakako uz usvajanje novih vještina postojećih radnika pod nadzorom stručno osposobljenih majstora, dovedenih sa strane. Mehanizacija za kopanje rovova – identična. Očitanje brojila, obrada potrošnje, izdavanje računa i naplata od potrošača mogla se odvijati zajednički za plin i elektriku. Katalozi potrošača, nastali u razdoblju elektrifikacije samo su dopunjavani podacima za plin. Konačno, razvojni planovi za dogradnju plinskih i električnih mreža najlakše su se mogli usklađivati ako je to sve bilo „pod jednom kapom“; jer - električnu mrežu treba drugačije (slabije) dimenzionirati, ako se priprema potrošne tople vode, kuhanje i grijanje obavljaju korištenjem plina. Ne treba naglašavati da je

sva administrativna infrastruktura – uključujuću radni prostor – rješavana zajednički i (u prvo vrijeme) u postojećim prostorima.* [4]

Stručnjaci "Elektroslavonije" izradili su 1978. g. "Program plinifikacije područja ZO Osijek u razdoblju 1979.- 1985. godine" kojeg su razmatrale i usvajale (tijekom 1979.g.) skupštine 14 općina na području regije te Skupština Zajednica općina Osijek. Ovaj je Program analizirao problematiku uvođenja prirodnoga plina u 25 većih naselja te su utvrđene etape i prioriteti plini-fikacije regije. [5] Od tog vremena kontinuirano se proširuju i međusobno nadopunjuju regionalni plinovodi kaptažnog i čistog prirodnoga plina, te postupno uklapaju u jedinstveni plino-op-skrbni sustav Hrvatske. Može se zaključiti da je plinovodni sustav regije Slavonije i Baranje krajem XX. stoljeća dobio konture zacrtane „Programom plinifikacije 1979.-1985. godine“.



Slika 1. Naslovnica „Programa plinifikacije...“

1.1. Plinifikacije Slavonije do 1991. godine

Proces plinifikacije Slavonija opisuju podaci o izgradnji plinovodne mreže, broju mjerno-redukcijskih stanica i broju potrošača (tab. 2, 3 i 4.).

Tablica 2. Izgrađena distribucijska plinovodna mreža u Slavoniji 1976.-1991. (km)

Rb	Općina	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1983.	1985.	1987.	1989.	1991.
11.	Ukupno	3	6,5	21,8	34,8	49,6	86,2	136	168	193	372	444

Izvor: [6] [7] [8]

Tablica 3. Mjerno-redukcijske stanice na području Slavonije 1976.-1991. (kom)

	Općina	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1983.	1985.	1987.	1989.	1991.
5.	Ukupno		2	3	6	7	13	15	23	26	32	38

Izvor: [6] [7] [8]

Izgradnja magistralnih plinovoda bila je sinhronizirana s izgradnjom distribucijske mreže u naseljima, kao i izrada plinskih instalacija potrošača, tako da su odmah nakon završetka montažnih radova puštani u eksploataciju. Međutim, nakon 1982. godine - iz već nave-denih razloga (nedostatne količine plina u regiji i nedovoljna financijska sredstva) - izgradnja magistralne plinovodne mreže na području ZO Osijek stagnira.

Tablica 4. Broj potrošača prirodnog plina u Slavoniji od 1976. do 1991. godine

Rb	Općina	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1983.	1985.	1987.	1989.	1991.
10.	Ukupno	2	386	812	1380	2186	3218	5383	6672	8372	15473	20093
a	Velepotrošači	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
b	Ind.kom.potr.	0	14	36	61	97	205	354	495	576	691	891
c	Kućanstva	0	370	774	1317	2087	3011	5017	6175	7794	14749	19219

Izvor: [6] [7] [8]

* Ovdje treba dodati da su - u europskoj uzornoj i jednoj od najuglednijih svjetskih elektroprivreda - Electricite de France, elektrodistribucija i distribucija plina (Gas de France) bili objedinjeni.

Kod broja potrošača prirodnog plina u Slavoniji u razdoblju 1976.-1991. uočava se eksponencijalni rast industrijskih i komunalnih organizacija (uslužni i javni sektor) te kućanstava. Priključivanje novih potrošača ovisilo je prvenstveno o količinama raspoloživog prirodnog plina, zatim o povezanosti lokalnog konzuma s magistralnom mrežom, a potom s veličinom konzuma i izgrađenosti lokalne distribucijske mreže - koja se lokalno financirala.] Raspoložive količine prirodnog plina nisu bile u to vrijeme dostatne da se „Program plinifikacije Slavonije i Baranje“ realizira planiranom dinamikom i kapacitetima; naime – pridobiveni prirodni plin u Slavoniji je - zbog nedovoljnog plinskog konzuma i distribucijskih plinovoda (**1977. potrošnja plina je iznosila cca 90 mil. m^3**)* - usmjeren prema postojećim velikim potrošačima u drugim dijelovima Hrvatske (Zagreb i okolica). [6] [7] [9] Od ukupno 14 općina Istočne Hrvatske u 1991. godini plin se koristi na području 9 općina, a neplinificirane općine su: Beli Manastir, Đakovo, Nova Gradiška, Vukovar i Županja. No, u tom razdoblju (**1977.-1991.)** Elektroslavonska „Distribucija plina“ je intenzivno radila na pripremnim radovima za dovođenje plina na njihova područja; za općinu Nova Gradiška snimljen je potencijalni plinski konzum, a za općine Beli. Manastir, Đakovo i Županja napravljena su idejna rješenja priključenja na plinski sustav i raspleta plinovodne mreže u općinskim centrima s pripadajućim troškovnicima, dok je za Vukovar bio već izrađen i izvedbeni projekt glavnog distribucijskog plinovoda.

1.2. Opskrba plinom u vrijeme Domovinskog rata (1991.-1995.)

Na plinskom sustavu (objekti i instalacije) načinjene su velike ratne štete, stradali su dijelom arhiva i projektna dokumentacija, veće količine potrošenog plina nisu naplaćene te su znatne količine plina nekontrolirano istjecale zbog ratnih oštećenja (do njihova popravka). O tome vidi opširnije u radu „Opskrba prirodnim plinom istočne Hrvatske za vrijeme i nakon rata“ [6]

Za cijelo vrijeme ratnih događanja (1991.-1995.) bilo je otežano snabdijevanje plinom krajnjih potrošača, poremećeni su, također, i gospodarski i društveni tokovi što je utjecalo i na smanjenje potrošnje te su, unatoč velikim radnim naporima zaposlenika „Distriubucije plina“, uslijedili i nepovoljni financijski rezultati.

Potrošnja plina u Istočnoj Hrvatskoj 1991. godine je smanjena u odnosu na 1990. za 13,6% . no, to ne daje ni približnu sliku ratnih razaranja i šteta, pogotovo ne u Osijeku. Glavnina ratnih razaranja dogodila se u drugoj polovici 1991. godine, a neka i krajem godine. Tijekom rata plin se u Osijeku trošio bez ograničenja u PTE i Gradskoj toplani, dakle kod onih velepotrošača, koji su prethodnih godina, u mirnodopskim uvjetima, prema usvojenoj kategorizaciji potrošača bili uglavnom bez plina. tj. trošili su alternativna goriva. Kućanstva su u ratnim mjesecima trošila približno polovicu plina u odnosu na iste mjesece prethodnih godina (tab.5). Relativno najmanja potrošnja plina bila je u prosincu 1991. godine kada je iznosila samo 38 % potrošnje istog mjeseca prethodne godine. [6]

* 21 mil. m^3 = distributivni potrošači „Elektroslavonije“ + cca 60 mil. m^3 = direktni potrošači „INA Naftaplina“ (Ciglane u Našicama i P.Slatini, Cementara Našice i Kombinat Belišće,

Tablica 5. Isporučene količine prirodnog plina u gradu Osijeku 1990. – 1992. (10^6 m^3)

Sektor potrošnje	1990.(I-XII)	1991. (I-XII)	1992. (I-VI)
Kućanstva	23,7	19,7	7,8
Industrijski i komunalni. potrošači	62,9	21,4	6,9
Energetske transformacije	45,6	42,7	43,0
Ukupno	132,2	83,8	57,7

Izvor: [6]

Zahvaljujući pogonu na plin - proizvodnja električne energije i topline za grijanje stanova - održana je energetska opskrba Osijeka i tako zadržan značajan dio stanovništva u njemu. Općenito se može zaključiti da su u cijelom ratnom razdoblju, osim 18. rujna 1991. svi potrošači u Osijeku bili opskrbljeni plinom. Opskrbljenost plinom - u uvjetima konstantnih ratnih djelovanja na civilne objekte - Osijek može zahvaliti prvenstveno izuzetnoj požrtvovanosti dežurnih ekipa plino-instalatera, ali isto tako i dobro osmišljenoj te kvalitetno izvedenoj plinskoj mreži. Naime, Osijek je bio jedini grad u Jugoslaviji, koji se napajao plinom preko 3 gradske MRS-e međusobno povezane poluprstenastom mrežom. U ratnim uvjetima kada je neprijatelj pogodio dvije MRS-e, bila je dovoljna samo treća MRS-a za zadovoljavajuću opskrbu Grada plinom, jer je potrošnja plina na gradskoj mreži bila znatno smanjena, a PTE se opskrbljivala iz magistralnog plinovoda INA-Naftaplina. Dakle, u ratnim uvjetima prirodni plin je bio temeljni nosilac cjelokupne energetike Osijeka**.** [6]

Ratna razaranja nisu samo smanjila potrošnju prirodnog plina i prekinula izgradnju novih objekata za opskrbu potrošača nego su upravo postojeći objekti bili čest cilj neprijateljskih napada kako u Osijeku i okolici tako i u: Donjem Miholjcu, Podravskoj Slatini, Valpovu, Vinkovcima i Đeletovcima. Vrijednost izgubljene i izgorene arhivske i tehničke dokumentacije teško je procijeniti, a isto tako nemoguće je izračunati gubitke zbog prekida posla te nemogućnosti efikasnog obavljanja radnih zadataka zbog stalne ratne prijetnje. Pretrpljeni strah s mogućim trajnim psihičkim posljedicama nitko ne može financijski vrednovati niti nadoknaditi. U tablici 6 daje se pregled ratnih šteta u 1991. I 1992. godini

Tablica 6. Procjena ratnih šteta na plinskim postrojenjima u Istočnoj Hrvatskoj (područje bivše ZO Osijek) u 1991. I 1992. godini (1000 DEM)

Objekt štete	Prema dostupnosti objekta		
	dostupni teritorij	nedostupni teritorij	ukupno
Pogonski objekti i oprema	242	480	722
Poslovni objekti	1.311	0	1.311
Vozila i mehanizacija	87	0	87
Ostala sredstva	52	0	52
Ukupno A	1.692	480	2.172
6. Energenti	11	23	34
7. Ost. mater, za preradu	0	0	0
8. Ukupno B	11	23	34
9. Sveukupno	1.703	503	2.206

Izvor: [6] Napomena Bez obuhvata šteta na okupiranom područjo i štete nakon 1.7.1992. u Sl.Brodu;:

1.3. Opskrba plinom u razdoblju 1996. – 2014.

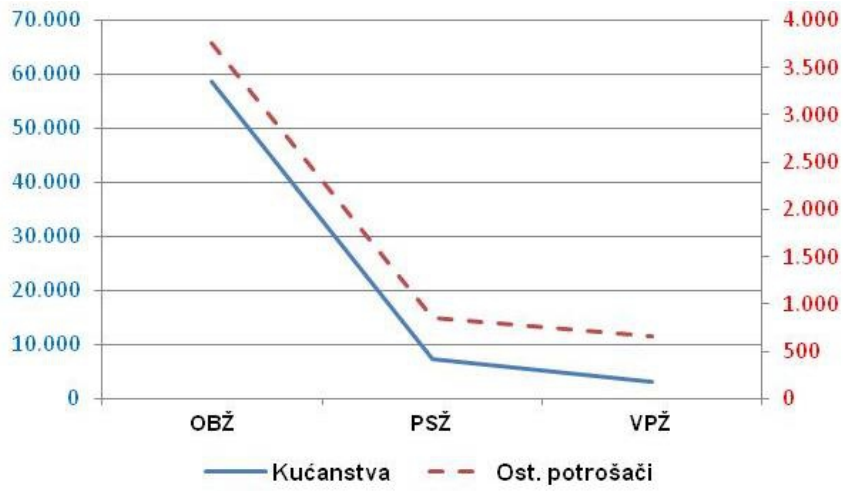
Nakon ratnih razaranja (1991.-1995.) učinjene ratne štete na objektima plinskog sustava su sanirane i nastavljeno je s procesom plinifikacije regije Slavonije i Baranje; tako je na-rednih godina (1996.-2014.) izgrađeno više od 4.000 km novih distribucijskih plinovoda.

Širenjem područja plinifikacije na nove općine i gradove te pod utjecajem liberalizacije tržišta plina i na području slavonsko-baranjske regije javljaju se nove komunalne organizacije za distribuciju prirodnog plina. Tako je „Elektroslavonija“ – s jedne strane - završivši svoju prvobitnu misiju (plinofikacija regije), a s druge strane – uvažavajući tržišne i lokalne političke prilike - prepustila lokalnim tvrtkama poslove distribucije plina u Slavonskom Brodu, Vinkovcima i Vukovaru. „Distribucija plina“ Osijek (kasnije „HEP Plin“) je i dalje ostala najveći distributer prirodnog plina u slavonsko-baranjskoj regiji, a po nizu energetskih, tehnoloških i ekonomskih parametara već je desetljećima po veličini poslovanja drugi distributer prirodnog plina u Republici Hrvatskoj. [10] Pregled korištenja prirodnog plina - tj. broja potrošača HEP PLIN-a na području Osječko-baranjske. Požeško slavonske i Virovitičko-podravske županije daje se u tab. 7 i sl. 2;

Tablica 7. Broj potrošača na distribucijskom području HEP Plina u Osječko-baranjskoj, Požeško-slavonskoj i Virovitičko-podravskoj županiji 2014. godine

Rb	Opskrbno područje	Broj plinif. naselja	Broj kupaca (31.12.2014.)		
			Kućanstva	Ostali potrošači	Ukupno
1.	**Osječko-baranjska**	**165**	**58.801**	**3.759**	**62.560**
1.1.	Grad Beli Manastir	4	767	108	875
1.2.	Grad Belišće	9	2.697	96	2.793
1.3.	Grad Donji Miholjac	7	2.482	267	2.749
1.4.	Grad Đakovo	7	5.031	426	5457
1.5.	Grad Našice	12	3.929	520	4449
1.6.	Grad Osijek	9	30.758	1.431	32.189
1.7.	Grad Valpovo	8	2.686	158	2.814
1.8.	Općina Antunovac	2	894	31	925
1.9.	Općina Bilje	4	379	20	399
1.10.	Općina Bizovac	6	1.055	66	1.121
1.11.	Općina Čeminac	5	108	9	117
1.12.	Općina Čepin	2	2.783	92	2.875
1.13.	Općina Darda	4	337	46	383
1.14.	Općina D. Motičina	2	18	5	23
1.15.	Općina Đurđenovac	14	993	84	1077
1.16.	Općina Ernestinovo	3	200	12	212
1.17.	Općina Feričanci	4	409	35	444
1.18.	Općina Gorjani	1	3	4	7
1.19.	Općina Jagodnjak	1	2	4	6
1.20.	Općina Kn. Vinogradi	5	118	30	148
1.21.	Općina Koška	7	624	36	660
1.22.	Općina Magadenovac	6	406	58	464
1.23.	Općina Marijanci	6	339	30	369
1.24.	Općina Petlovac	2	16	1	17

1.25.	Općina Petrijevci	2	672	43	715
1.26.	Općina Podgorač	3	19	5	24
1.27.	Općina P. Moslavina	3	71	10	81
1.28.	Općina Popovac	2	16	6	22
1.29.	Općina Punitovci	3	38	6	44
1.30.	Općina Satnica Đk	1	15	3	18
1.31.	Općina Semeljci	5	383	53	436
1.32.	Općina Strizivojna	1	217	19	296
1.33.	Općina Šodolovci	2	7	0	7
1.34.	Općina Viljevo	5	96	16	112
1.35.	Općina Viškovci	3	216	26	242
1.36.	Općina Vladislavci	3	17	3	20
1.37.	Općina Vuka	2	0	0	0
2.	**Požeško-slavonska**	**47**	**7289**	**856**	**8145**
2.1.	Grad Pleternica	1	89	4	93
2.2.	Grad Požega	14	5711	586	6297
2.3.	Općina Brestovac	4	204	13	217
2.4.	Općina Jakšić	10	562	70	632
2.5.	Općina Kaptol	3	69	36	105
2.6.	Općina Kutjevo	13	565	142	707
2.7.	Općina Velika	2	89	5	94
3.	**Virovitičko-podravska***	**29**	**3165**	**663**	**3828**
3.1.	Grad Slatina	11	2714	487	3201
3.2.	Općina Čađavica	9	245	44	289
3.3.	Općina Nova Bukovica	3	182	15	197
3.4.	Općina Sopje	6	24	117	141
4.	**Uk. HEP-PLIN**	**241**	**69.255**	**5,278**	**74.533**
5.	Druga distrib. područja			79	79
6.	Sveukupno	241	69.255	5.357	74.612



Izvor: [2] ***/** U Virovitičkoj županiji HEP Plin pokriva samo područje nekadašnje općine Podravska Slatina

Slika 2. Broj potrošača prirodnog plina u distribuciji „HEP-PLIN"-a u 2014. godini; [2]

2. „HEP Plin“ danas

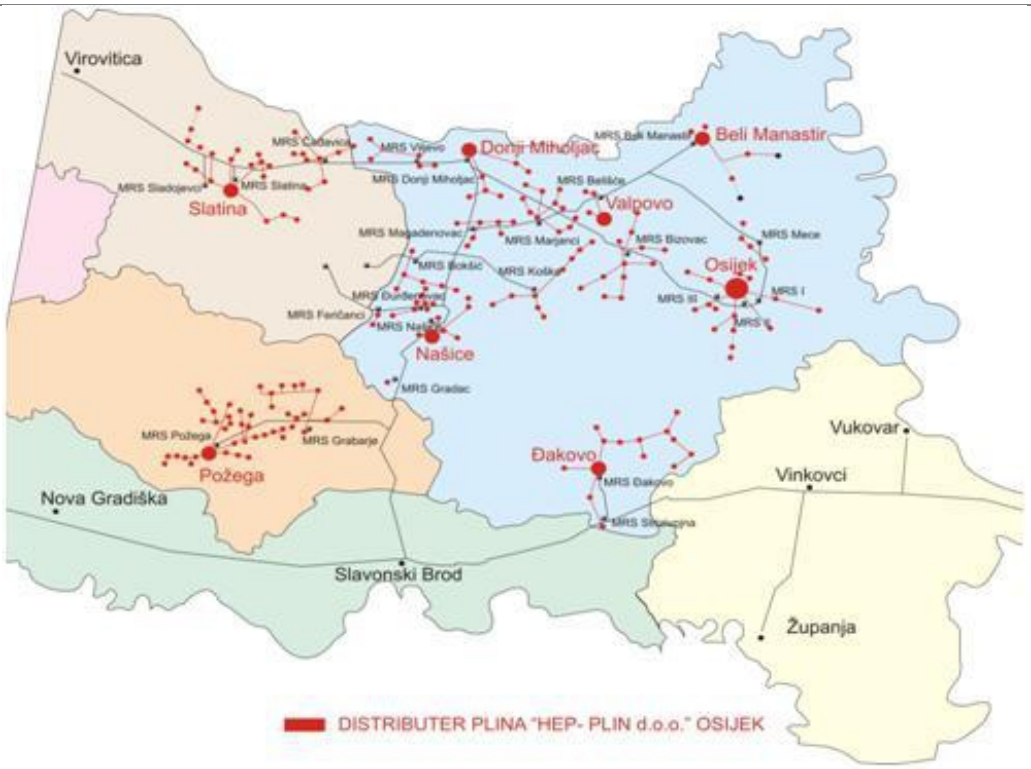
Promjenom zakona o energetici u RH (2001. g.) HEP d.d. osniva „HEP-PLIN“ d.o.o. kojemu je temeljna djelatnost distribucija i opskrba prirodnim plinom. Za obavljanje poslovanja, HEP d.d. kao osnivač, ugovorom o najmu, dao je „HEP-PliN“-u na korištenje imovinu pravnoga prethodnika - Pogona distribucije plina DP „Elektroslavonija“ - i ustupio kon-cesijska prava korištenja imovinom davatelja koncesija. „HEP-Plin“-om upravljaju: Skup-ština, Nadzorni odbor i Uprava. Skupština se sastoji od jednog člana - predsjednika Uprave HEP-a d.d. kao osnivača, a Nadzorni odbor ima 5 članova. Uprava ima jednog člana: odlukom Skupštine HEP-Plin-a za direktora je imenovan Damir Pećušak, dipl. oec. [8] Glavne djelatnosti od kojih se ostvaruje najviše prihoda su: distribucija plina i opskrba krajnjih potrošača prirodnim plinom, a prema Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti razvrstane su u NKD 35.2. Prema Zakonu o energiji obje djelatnosti spadaju u energetske za ob-našanje kojih je donesen Zakon o tržištu plina i više podzakonskih propisa kojima je poslovanje eneretskih subjekata usklađeno s EU standardima poslovanja. Suglasno tom zakonu registrirane djelatnosti mogu se obavljati samo na temelju dozvole koju izdaje Hrvatska energetska regulatorna agencija (HERA). Za obavljanje djelatnosti distribucijske plina dobivena je Dozvola broj 030070500-0026-09/03 od 10.12.2003. na rok od 15 go-dina. Ova djelatnost spada u regulirane djelatnosti pa se poslovanje obavlja prema načelima pružanja javne usluge. Za obavljanje djelatnosti opskrbe plinom dobivena je Dozvola broj 030070500-0342/07 od 12.12.2007. na rok od 15 godina. Opskrba plinom tarifnih kupaca (kućanstva) također je regulirana djelatnost i obavlja se po načelima pružanja javne usluge, dok se opskrba ostalih kupaca obavlja prema tržišnim načelima.

Organizacijska struktura „HEP Plin“-a uređena je Pravilnikom o organizaciji i sistema-tizaciji HEP-PLIN-a. Sljedeće je temeljno ustrojstvo:

- Direktor društva, Ured direktora (u čijem su sastavu Služba za pravne i opće poslove, Odjel za kadrovske poslove),
- Sektor za distribuciju (u čijem sastavu je Služba za mrežnu potporu s Odjelom za korisnike, Odjelom za pogon mreže-dispečerski centar, Odjelom za mrežne poslove i Odjelom za mjerne uređaje i skladište),
- Služba za tehničke poslove (u čijem se sastavu nalazi Odjel za razvitak i planiranje, Odjel za vođenje investicija, Odjel za tehničku dokumentaciju te Pogon Beli Manastir, Pogon Donji Miholjac, Pogon Đakovo, Pogon Našice, Pogon Osijek,, Pogon Požega, Pogon Slatina i Pogon Valpovo),
- Sektor za opskrbu (u čijem sastavu se nalazi Služba za javnu opskrbu, Služba za tržišnu opskrbu, Služba za obračun i naplatu i Služba za odnose s kupcima) i
- Sektor za ekonomske poslove (u čijem sastavu je Odjel za računovodstvo, Odjel za financije, Odjel za ekonomiku i Odjel za nabavu). [2]

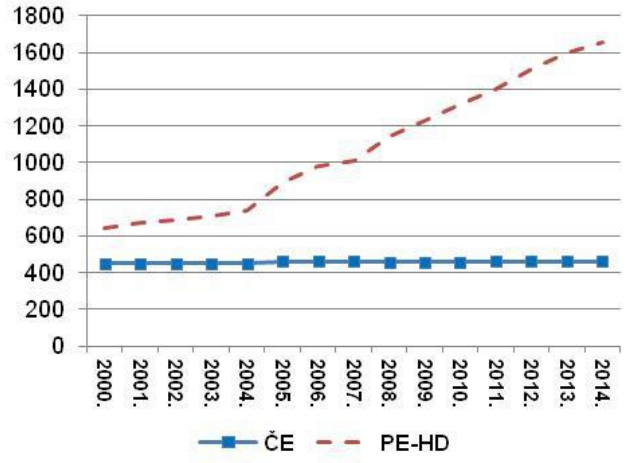
2.1. Distribucijsko i opskrbno područje

Distribucijsku i opskrbnu djelatnost „HEP Plin“ obavlja na području tri županije - u 51 grada i općine (ukupno 241¸naselje); građevinsko područje naseljenih mjesta prostire se na 288 km^2, sa 115.538 kućanstava, Tvrtka plinom opskrbljuje 69.255 kućanstava, 18 kupaca u sektoru industrija te 5.345 kupaca u sektoru podutzetništva i javnih institucija. Distribucijski plinovodni sustav „HEP-Plin“-a prikazuje slika 3;

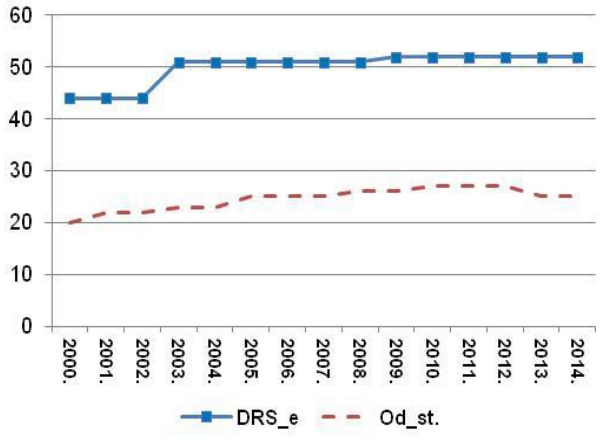


Slika 3. Distribucijski plinovodni sustav „HEP-Plin"-a u 2014. godini;
Izvor: [2]

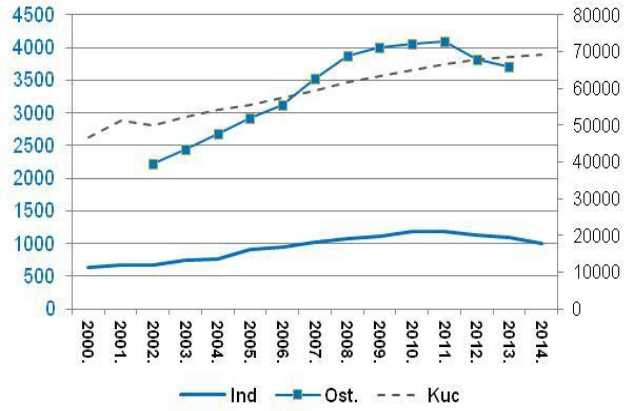
„HEP Plin" je od 2000. godine povećao duljinu plinovoda za 93 posto, pri čemu je duljina čeličnih plinovoda ostala gotovo ista (460 km), a novo-izgrađeni plinovodi od plastične mase dostigli su duljinu od 1.659 km. Broj distribucijskih mjerno-redukcijskih (DRS) i odorizacijskih stanica (OD_st) u vlasništvu HEP-Plin-a je povećan za 10 posto i zadovoljava potrebe urednog snabdijevanja potrošača.



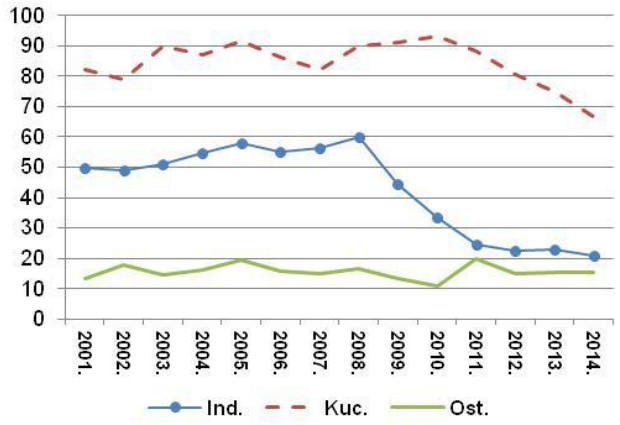
Slika 4. Duljina distribucijskih plinovoda u vlasništvu HEP-Plin-a (km) [2]



Slika 5. Broj mjerno-redukcijskih i odorizacijskih stanica HEP-Plin-a [2]



Slika 6. Broj potrošača prirodnog plina na distribucijskom području HEP-Plin [2]



Slika 7. Potrošnja prirodnog plina na distribucijskom području HEP-Plin-a (10^6 m^3)

Broj potrošača prirodnog plina na distribucijskom području HEP-Plin-a je u porastu do 2011. godine nakon koje se – zbog ekonomske krize - smanjuje broj potrošača u industriji i uslužnom sektoru; ista je pojava zabilježena i na razini Hrvatske; slika 4 i 5.

Potrošnja prirodnog plina na distribucijskom području HEP-Plin-a zbog ekonomske krize opada u industriji nakon 2009. godine, a u sektoru kućanstava od 2011. godine. ista je pojava zabilježena i na razini Hrvatske; slika 6 i 7.

2.2. Zaposleni

Broj zaposlenih u „HEP Plin“-u je u razdoblju 2001.- 2014. povećan za 10 posto, a kvalifikacijska struktura zaposlenih je vrlo kvalitetna; tvrtka ima zaposlena 4 magistra i doktora znanosti i 35 zaposlenika s visokom i višom stručnom spremom; tab. 8.

Tablica 8. Kvalifikacijska struktura zaposlenih u HEP Plin-u

Godina	Mr. & Dr.sc.	VSS i VŠS	VKV i KV	SSS	PKV i NKV	Ukupno
2001.	-	31	42	48	6	127
2002.	1	31	42	48	5	127
2003.	1	31	43	49	7	131
2004.	1	30	44	49	7	131
2005.	1	30	44	50	7	132
2006.	1	31	44	52	7	135
2007.	1	32	41	59	3	136
2008.	2	31	13	90	3	139
2009.	2	32	13	90	3	140
2010.	3	33	13	87	3	139
2011.	4	32	13	84	3	136
2012.	4	29	13	85	3	134
2013.	4	30	10	87	3	134
2014.	4	35	9	92	3	143

Izvor: : [2]

3. Razvoj tehnologije i znanstveni skup „PLIN' “

3.1. Suradnja u razvoju tehnologije

Stručnjaci „Distribucije plina“ su od početka rada na razvoju plinofikacije u Slavonije pratili najnovija tehnološka dostignuća te usvajali europske standarde u plinskoj tehnici. Ovdje će se ukazati samo na neke od primjera koji pokazuju orijentaciju k suvremenim teh-nologijama te visoke standarde stručnjaka i stručnih timova „Distribucije plina“; [11]

- Godine 1978. plinski stručnjaci „Elektroslavonije“ projektirali su i izgradili kod Našica poli-etilenski plinovod - prvi u Slavoniji i tada jedan od rijetkih na području Hrvatske – koji se koristi do danas - čime je dokazana ispravnost orijentacije na izgradnju plinovoda od umjetnih materijala što je znatno snizilo cijenu ulaganja i smanjilo vrijeme izgradnje.
- "Elektroslavonija" je 1987. godine u Osijeku organizirala i prvo savjetovanje o uporabi cijevi od umjetnih materijala za plinovode. To je bilo prvo savjetovanje u Jugoslaviji o primjeni plastičnih cijevi za plinovode. U nazočnosti švicarskih, mađarskih i njemačkih stručnjaka iz ovog područja, uvodno izlaganje pred više od stotinu sudionika skupa održao je Ivan Tomašević, dipl. ing. iz „Distribucije plina“ Elektroslavonije.
- Svakako treba istaknuti i činjenicu da su 1988. godine prvi prijevod njemačkih tehničkih pravila TRGI'86 (koja su zamijenila stara njemačka pravila iz 1972.) u Jugoslaviji realizirali struč-njaci „Distribucije plina“; prevedeni su: „Temeljna tehnička pravila za plinske instalacije“ i izrađena pojmovna usklađenja što je dostavljeno ostalim distributerima u zemlji te Institutu za gas - Sarajevo koji je tada preuzeo obvezu izrade cjelovitih propisa u okviru tadašnjeg Zavoda za standardizaciju.
- U ljeto 1993. (tada je još uvijek nad Osijekom nadvijena ratna opasnost i mogućnost novih granatiranja) organiziran je, u suradnji s Centrom za stručno obrazovanje Zagreb, seminar "Kontrola izvođenja unutarnjih plinskih instalacija". Odaziv projektanata, izvoditelja, plino-instala-tera, servisera, inspekcijskih službi i prodavača plinske opreme bio je izuzetno velik, unatoč ratnim prilikama. Izlaganja je na ovom seminaru održalo 20-tak stručnjaka „Elek-troslavonskog“ pogona „Distribucija plina“.
- U tehnološkom razvoju krajem 90-tih, treba istaknuti i izuzetan primjer originalnog rje-šenja, gotovog patenta, Zlatka Tonkovića, dipl. ing. za uvarivanje čeličnih plinskih pri-ključaka.
- Treba spomenuti i edukacijsku literaturu (u izdanju „Distribucije plina“) na teme: "Savjeti po-trošačima", "Upute za siguran rad na montaži i demontaži plinomjera" .

Nakon 2001. godine „HEP-Plin“ - u cilju poboljšanja kakvoće i pouzdanosti distribucijskog sustava - kontinuirano razvija informatičku obradu podataka i informatizaciju upravljanja poslovanjem te geografsko-informacijski sustav. Također se sukcesivno izgrađuju: sustav daljinskog nadzora i upravljanja; daljinskog očitavanje plinomjera; povećanja točnosti i pouzdanosti mjerenja plinskog sustava.

3.2. Znanstveno-stručni skup PLIN '

„HEP-Plin“ Osijek započinje 2003. suradnju sa Strojarskim fakultetom u Slavon-skom Brodu (Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku) s ciljem upotpunjavanja dugogodišnjeg iskustva novim znanjima u različitim područjima inženjerske prakse. Rezultat te suradnje je i utemeljenje skupa plinskih stručnjaka koji se od 2003. svake godine održava u Osijeku. Konferencija se 2009. godine tematski proširuje i na područje topline i vode, a 2010. godine – priključenjem organizaciji konferencije i Tehničkog fakulteta iz Pečuha (Mađarska) - postaje međunarodni znanstveni skup. Pokretači i voditelji ove konferencije su: doc. dr. sc. Zlatko Tonković („HEP Plin“) i prof. dr. sc. Pero Raos (Strojarski fakultet Sl. Brod). Konferencija se od 2010. godine boduje prema Pravilniku o stručnom ispitu te upotpunjavanju i usavršavanju znanja osoba koje obavljaju poslove graditeljstva. U tablici 9 daje se kronološki prikaz održanih skupova.

Tablica 9. Održani znanstveno-stručni skupovi **PLIN'**

1.	Seminar o prirodnom plinu	25.9.2003.
2.	Seminar o prirodnom plinu	24.9.2004.
3.	Seminar o prirodnom plinu	7.- 8.10.2005.
4.	PLIN ' 2006. Skup o prirodnom plinu	5.- 7.10. 2006.
5.	PLIN ' 2007. Skup o prirodnom plinu	3.- 5.10.2007.
6.	PLIN ' 2008. Skup o prirodnom plinu	15.-17.10.2008.
7.	PLIN ' 2009. Skup o prirodnom plinu	21.-24.10.2009.
8.	PLIN ' 2010. Skup o prirodnom plinu, toplini i vodi	29.9.-.1.10.2010.
9.	PLIN ' 2011. Skup o prirodnom plinu, toplini i vodi	28. - 30. 9.2011.
10.	PLIN ' 2012. Skup o prirodnom plinu, toplini i vodi	26. - 28. 9.2012.
11.	PLIN ' 2013. Skup o prirodnom plinu, toplini i vodi	26. - 28. 9.2013.
12.	PLIN ' 2014. Skup o prirodnom plinu, toplini i vodi	24. - 26. 9.2014.

Izvor: [13]

U proteklih 12 godina na skupovima PLIN ' preko 300 autora je izložilo ukupno 324 rada; u prvim godinama broj radova je manji (desetak), ali kasnije raste na prosječno 30-tak po svakome skupu; Skupovi su PLIN' pridonijeli publiciranju stručnih i znanstvenih radova te transferu znanja i tehnoloških iskustava prvenstveno u plinskom, a potom i u sektoru toplinarstva i vode; u prvim godinama na području slavonsko-baranjske regije, a kasnije cijele Hrvatske te susjednih zemalja.

4. Menadžment „HEP Plina“ tijekom 40 godina

U proteklih 40 godina za osnivanje, razvoj i uspješne rezultate u plinofikaciji regije Slavonija i Baranja zaslužno je više generacija stručnjaka, više desetaka radnih timova u koje je bilo uključeno preko stotinu stručnjaka iz „Elektroslavonije“ i drugih industrijskih poduzeća u Slavoniji, Zagrebu i drugim dijelovima Hrvatske, niz stručnjaka iz visoko-školskih institucija kao i organa uprave u tadašnjih 14 općina i na regionalnoj razini Zajednice općina Osijek te Privredne komore Slavonije i Baranje. U ovoj prilici nemoguće je o tome pisati opširnije. No, najveća odgovornost i očekivanja na rezultate bila su na rukovodstvu „Elektroslavonije“, odnosno na rukovodećim stručnjacima - kako na razini cijelog poslovnog sustava „Elektroslavonije“ tako, u početku, i na razini OOUR-a Termo-elektrana-toplana i Odjela za

plinofikaciju, odnosno kasnije - Pogona za distribuciju plina i OOUR-a „Distribucija plina“, a unazad 15 godina na razini tvrtke „HEP PLIN“. Zato treba navesti imena i funkcije čelnih osoba koje su svojim stručnim radom u proteklom razdoblju zaslužni za uspješne rezultate u programiranju, projektiranju i realizaciji plinofikacije slavonsko-baranjske regije, odnosno poslovanju „HEP PLIN-a od njegova osnutka do danas.

U važnim etapama utemeljenja i razvoja regionalnog projekta plinofikacije treba na prvom mjestu navesti imena ***direktora poslovnog sustava*** „Elektroslavonija“ : Vladimir Tomić, dipl. ing. el.; Damir Karavidović, dipl. ing. el.; Doc.dr.sc.Damir Pečvarac, dipl.ing.el..

Direktori „HEP Plin“-a od osnutka do danas: Mr. sc. Baličević Ivan, dipl. ing. stroj.; Zdravko Fadljević, dipl. oec.; Darko Bajto, dipl. oec.; Nikola Liović, dipl. iur.; Damir Pećušak, dipl. oec.

Upravitelji „HEP Plin“-a od osnutka do danas: Zdravko Fadljević, dipl. oec.; Miroslav Rak, dipl. ing. stroj.; Ivica Tomašević, dipl. ing. stroj.;

Šef tehničke operative: Mr. sc. Baličević Ivan, dipl. ing. stroj.;

Direktori sektora: Doc. dr. sc. Zlatko Tonković, dipl. ing. stroj.; Zvonko Ercegovac, dipl. ing. stroj.; Zoran Pul, dipl. ing. stroj.; Davor Guttert, dipl. eoc..

Voditelji pogonskih područja: Voditelji pogona „HEP Plin“-a od osnutka do danas: Beli Manastir: nepopunjeno; Donji Miholjac - Dunja Dasović, dipl.ing.stroj; Mladen Kovačević, ing. stroj.; Đakovo - Ivan Kovač, dipl.ing.stroj.; Našice - Ivica Tomašević, dipl. ing. stroj.; Dunja Dasović, dipl. ing. stroj.; Osijek: Dragutin Srdoč, dipl. ing. stroj.; Dragutin Blašković, dipl. ing. stroj.; Doc.dr.sc. Zlatko Tonković, dipl.ing.stroj.; Damir Fekete, dipl. ing. stroj.; Požega - Zvonimir Pavković, dipl. ing. stroj.; Ante Kolić, dipl. ing. stroj.; Matija Galović, dipl. ing. stroj.; Slatina - Stjepan Jurčević, mag. ing. aedif.; Valpovo - Božidar Soldo, dipl. ing. stroj.

5. Zaključne napomene

Na temelju izloženog može se zaključiti:

a) Korištenje prirodnoga plina u slavonsko-baranjskoj regiji započelo je nakon otkrića naftnog polja Beničanci (1968.) i plinskog polja Bokšić-Lug (1973.) – kada počinje korištenje prirodnog i započinje proces plinofikacije regije. „Elektroslavonija“ Osijek uključila među prvima (uz „INA Nafta“ plin i nekoliko velikih potrošača plina) u aktivnosti na plinofikaciji proširujući svoju poslovnu djelatnost i na područje izgradnje plinovoda te distribuciju prirodnog plina – kao i druge velike elektroprivrede u Europi;

b) Vrlo su značajni doprinosi HEP Plin-a u procesu plinofikacije slavonsko-baranjske regije,posebno u prvih desetak godina , u opskrbi regije tijekom Domovinskog rata (1991.-1995.), sanaciji ratnih šteta i razvoj plinofikacije Slavonije i Baranje u razdoblju od 1996. do 2014. Godine.

c) Tijekom proteklih 40 godina Izgradnjom glavnih distribucijskih i lokalni plinovoda HEP plin je omogućio velikom broju broj potrošača u svim kategorijama (industrija, usluge, poljoprivreda, javni sektor, kotlovnice) potrošnju prirodnog plina i povećanje energetske učinkovitosti.

d) HEP plin je posebnu pažnju tijekom proteklog razdoblja pridavao razvoju tehnologije i prednjačio u suvremenom poslovanju u sektoru distrbucije plina.

e) Posebno treba naglasiti suradnju HEP plina sa znanstvenim institucijama na razvoju plinske tehnologije i poslovanja te pokretanje i 12-godišnje organiziranje znanstveno-stručnog skupa „PLIN“.

Naša razmatranja su pokazala da je - unatoč nepovoljnim; (a) ekonomskim uvjetima (u prvim godinama plinofikacije) i unatoč (b) ratnim događanjima (u RH) na području Slavonije te u vrlo složenim (c) političkim i društveno-ekonomskim procesima post-socijalističke tranzicije u okvirima postratnog društva - tvrtka „HEP Plin“ (i njene prethodne organizacijske forme) umnogome pridonijela uspješnoj realizaciji plinofikacije regije Slavonije i Baranje i danas - relatvno povoljnom energetskom stanju u Slavoniji i Baranji.

6. Literatura

[1] Grupa autora: Monografija „Slavonija '85.“; Privredna komora Slavonije i Baranje, Osijek,1986.

[2] HEP Plin d.o.o. Osijek

[3] Kalea, Marijan: Henglov izvor svjetla, pogonske sile i udobnijeg kretanja – Sedamdeset i pet godišnjica javne elektrifikacije i električnog tramvaja u Osijeku (1926-2001)

[4] Kalea, Marijan: Temelj objedinjavanju distribucije prirodnog plina i distribucije električne energije; rukopis, kolovoza 2015.

[5] Grupa autora: Program plinifikacije područja ZO Osijek u razdoblju 1979.- 1985. godine, „Elektroslavonija“, Osijek, 1979.

[6] Baličević, Ivan: Opskrba prirodnim plinom istočne Hrvatske za vrijeme i nakon rata, II. forum „Dani energije u Hrvatskoj“, Zagreb, 12. 12. 1992.

[7] Balićević, Ivan; Budimir, Jovo; Ivanović, Milan: Stanje i problemi energetike u Slavoniji i Baranji, Privreda, 8/1981.; Osijek

[8] Ivanović, Milan: Strukturne promjene u energetskoj potrošnji u industriji slavonsko-baranjske regije u razdoblju 1978.-1984.; Privreda br.11, Osijek,1986.

[9] Ivanović, Milan: Efikasnost korištenja energije, ISBN 953-6032-02-3, Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek, 1991.

[10] Ivanović, Milan; Glavaš, Hrvoje; Tonković, Zlatko; Energetska učinkovitost potrošnje prirodnog plina u industriji Slavonsko baranjske regije, PLIN 2012

[11] Plinsko gospodarstvo Hrvatske '1998. (...) '2014. Hrvatska stručna udruga za plin, Zagreb, (www.hsup.hr/)

[12] Grupa autora (red. Đuro Šovagović): 25 ljeta distribucije prirodnog plina 1975-2000 „Elektroslavonija“ Osijek, 2000.

[13] Zbornici radova znanstvenog skupa PLIN ' 2003. - 2012.; HEP Plin d.o.o. Osijek i Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu

Metodologija izračuna emisije ugljikovog dioksida
Methodology of carbon dioxide emissions calculation

D. Tumara[1,*], I. Sutlović[2], P. Raos[3]

[1]Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska
[2]Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska
[3]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: dtumara990@gmail.com

Sažetak

U radu je dan pregled zakonodavnog okvira vezanog uz problem klimatskih promjena, posebno onog dijela koji je bitan za razvoj metodologije izračuna emisija ugljikovog dioksida. Definirana je uloga metodologija izračuna emisija ugljikovog dioksida u smanjenju ukupnih emisija u sklopu Kyoto protokola. Naveden je princip izračuna emisija ugljikovog dioksida prema uputama Međuvladinog tijela za klimatske promjene (IPCC) iz 1996. i 2006. godine. Metodologijom su obuhvaćena područja energetike, industrijskih procesa, korištenja otapala, poljoprivrede, korištenja zemljišta i promjena u korištenju zemljišta, šumarstva te gospodarenja otpadom. Detaljnije je obrađena metodologija izračuna emisija ugljikovog dioksida iz rafinerija na primjeru Republike Hrvatske.

Ključne riječi: Kyoto protokol, staklenički plinovi, metodologija izračuna emisija, rafinerija.

Abstract

This paper contains an overview of the legislative framework related to the problem of climate change, especially the part important for development of methodology of carbon dioxide emissions calculation. The role of methodology of carbon dioxide emissions calculation in reduction of total emissions as a part of the Kyoto Protocol is also defined. The principle of calculation of carbon dioxide emissions is listed according to guidelines of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) from 1996 and 2006. The methodology covered areas of energy, industrial processes, use of solvents, agriculture, land use and changes in the land use, forestry and waste management. The methodology of carbon dioxide emissions calculation from refineries in Republic of Croatia is elaborated in detail.

Key words: Kyoto protocol, greenhouse gasses, methodology of emissions calculation, rafinery.

1. Uvod

U posljednjih nekoliko desetljeća sve su raširenији pojmovi klimatske promjene i globalno zatopljenje. Klimatske promjene na Zemlji mogu biti uzrokovane prirodnim procesima koji se događaju unutar same Zemlje, ali i djelovanjem vanjskih utjecaja, kao što je Sunčevo zračenje. Poznato je da je tijekom svoje geološke prošlosti na Zemlji više puta dolazilo do izmjene hladnijih i toplijih razdoblja na globalnoj razini. U to vrijeme ljudski utjecaj na te promjene nije bio moguć, dakle, do klimatskih promjena je došlo iz nekih drugih razloga. No, za recentne klimatske promjene se sve više spominje antropogeni utjecaj. S obzirom na sve veće dokaze klimatskih promjena u svijetu, 1988. godine su Svjetska meteorološka organizacija (*World Meteorogical Organization*, WMO) te Program za zaštitu okoliša Ujedinjenih naroda (*United Nations Environment Programme*, UNEP) osnovali Međuvladino tijelo za klimatske promjene (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) s ciljem da postane vodeće međunarodno tijelo za procjenu klimatskih promjena.

Tijekom godina, u okviru Međuvladinog tijela za klimatske promjene, provedena su brojna istraživanja koja su uključivala modele mogućih budućih klimatskih promjena. Prema rezultatima istraživanja, Sunčeva aktivnosti nije relevantna u toj mjeri da bi je se moglo označiti kao krivca za globalni porast temperature u zadnjih 50 godina. Istraživanja vezana za geološku prošlost Zemlje ukazuju na to da je odgovornost Sunčeve te vulkanske aktivnosti za oko 50 % temperaturnih fluktuacija za vremensko razdoblje od prije sredine dvadesetog stoljeća, a nakon toga je njihov utjecaj gotovo neznatan. U studiji *Climate Change: The Scientific Basis*, Međuvladinog tijela za klimatske promjene iz 2001. godine uspoređeni su utjecaj povećanja koncentracije stakleničkih plinova i utjecaji Sunčeve te vulkanske aktivnosti na klimatske promjene [1]. Prema dobivenim rezultatima je za vremensko razdoblje između 1750. i 2000. godine utjecaj povećanja koncentracije stakleničkih plinova na klimatske promjene 8 puta veći nego utjecaj Sunčeve i vulkanske aktivnosti. Postoje i istraživanja koja govore o većem značaju Sunčeve aktivnosti, rezultati jednog od njih govore da je Sunce odgovorno za 16-36 % povećanja temperature na globalnoj razini [2].

S obzirom na veliki broj istraživanja, opći stav Međuvladinog tijela za klimatske promjene je da je potrebno smanjiti emisije ugljikovog dioksida i ostalih stakleničkih plinova u atmosferu. U tu svrhu je razvijen Protokol iz Kyota.

2. Protokol iz Kyota

Protokol iz Kyota prihvaćen je 11. prosinca 1997. godine u gradu Kyotu u Japanu tijekom Treće konvencije stranaka Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime, a stupio je na snagu 16. veljače 2005. godine nakon što je ratificiran od strane 55 država koje čine najmanje 55 % zagađivača. Plinovi koji su obuhvaćeni Protokolom su: ugljikov dioksid (CO_2), metan (CH_4), didušikov oksid (N_20), fluorirani ugljikovodici (HFC-i), perfluorirani ugljikovodici (PFC-i) i sumporov heksafluorid (SF_6).

Prema odredbama koje se odnose na pojedine države potpisnice, definirane su 3 skupine država (stranaka):

- *Prilog I (Annex I),*

- *Prilog II (Annex II),*
- *Stranke izvan priloga I (non-Annex I).*

Prilog I obuhvaća 41 stranku: sve europske države, izvaneuropske države članice Organizacije za ekonomsku suradnju i razvoj (Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD) (Sjedinjene Američke Države, Kanada, Australija, Novi Zeland i Japan), Rusku Federaciju i Bjelorusiju. Stranke navedene u Prilogu I dužne su provoditi političke mjere protiv klimatskih promjena s ciljem smanjenja vlastitih emisija stakleničkih plinova kao primjer ostalim strankama.

Prilog II obuhvaća stranke iz Priloga I, bez država tranzicijskog gospodarstva (economies *in transition*) koje obuhvaćaju 14 država istočne Europe iz bivšeg komunističkog bloka, Lihtenštajna i Monaka. Njihove obveze su osiguravanje dodatnih financijskih sredstava u korist država u razvoju kako bi im se omogućilo smanjenje emisija i pomoglo u prilagodbi na posljedice klimatskih promjena te poduzimanje inicijativa s ciljem promicanja razvoja i transfera ekološki održivih tehnologija prema državama u razvoju i prema državama tranzicijskog gospodarstva.

Stranke izvan Priloga 1 su države potpisnice Konvencije koje nisu obuhvaćene Prilogom 1. Radi se o državama u razvoju, kao i o državama s rastućom industrijalizacijom poput Kine, Indije, Brazila i Južnoafričke Republike.

Općenito, stečevina Protokola iz Kyota može se podijeliti na obveze smanjena emisije, političke mjere za smanjenje emisije, nacionalne sustave inventure stakleničkih plinova, obveze izvještavanja i nacionalnih priopćenja, provjere i provedbe preuzetih obveza, nacionalne registre, fleksibilne mehanizme i potpore državama u razvoju.

Članci 3., 5. i 7. Protokola se odnose na značaj metodologije izračuna emisija ugljikovog dioksida. Člankom 5. Protokola iz Kyota utvrđuje se da stranke iz Priloga 1 moraju uspostaviti nacionalni sustav procjene antropogenih emisija iz izvora kao apsorpciju ugljika iz atmosfere u biosferu svih stakleničkih plinova koji nisu obuhvaćeni Montrealskim protokolom. Radi se o sustavu koji uključuje sve zakonske, institucionalne i organizacijske mjere potrebne za uspostavu nacionalnih inventara emisije stakleničkih plinova. Inventar emisije stakleničkih plinova je procjena emisija u svakoj pojedinoj zemlji za svaku godinu. Kontrolu inventara provode tijela postavljena od strane IPCC-a. Pri procjeni se koristi metodologija izračuna emisija prema IPCC-u, koja će biti opisana u nastavku rada.

Članci 3., 5. i 7. Protokola iz Kyota zahtijevaju od svake pojedine stranke pripremu periodičnih priopćenja koja predstavljaju nacionalna priopćenja (*national communications*) koja sadrže informacije i analize emisija te opis nacionalne politike vezane uz klimatske promjene. Od stranaka iz Priloga I zahtijeva se detaljno opisivanje politike i provedbenih mjera, opis pomoći državama izvan Priloga I te godišnja izvješća o stupnju ispunjenja preuzetih obveza. Stranke izvan Priloga I moraju napraviti izvještaj o vrstama izvora emisija stakleničkih plinova te o stanju gospodarstva [3].

3. Metodologija izračuna emisija ugljikovog dioksida prema IPCC-u

Temelj uputa za procjenu emisija stakleničkih plinova čine *Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Inventories* izdane 1996. godine i *IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories* izdane 2006. godine. Objavljene su kako bi predstavljale referentan

dokument za izradu nacionalnih inventara stakleničkih plinova koji je obvezatan za sve potpisnice Protokola iz Kyota, pa tako i za Hrvatsku. Osim prvotne svrhe, sve više se koriste i kod procjene emisija na razini pojedinih postrojenja i projekata, pogotovo smjernice iz 2006. godine. U njima su sadržane sve smjernice i metodologije izračuna emisija za sve sektore u okviru Protokola iz Kyota te propisani svi koeficijenti emisije i konverzije.

S obzirom na sve veći razvoj sustava trgovine kvotama emisija i sve veći ekonomski značaj koji višak emisija stakleničkih plinova predstavljaju, porasla je potreba za što većom preciznošću izračunavanja količine emisija stakleničkih plinova. Zbog toga je porasla važnost metodologija za jamstvo kvalitete (*Quality Assurance*, QA) i za kontrolu kvalitete (*Quality Control*, QC). U svrhu vjerodostojnosti procjena emisija, od strane IPCC-a je objavljen vodič *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* ili *Good Practice Guidance*, GPG koji je u skladu s objavljenim Smjernicama IPCC-a te ih upotpunjuje s jamstvom kvalitete.

Novije smjernice iz 2006. godine su podijeljene u pet svezaka:

- Svezak 1. : Opće smjernice i izvještavanje (*General Guidance and Reporting*)
- Svezak 2. : Energetika (Energy)
- Svezak 3. : Industrijski procesi i upotreba otapala (Industrial Processes and Product Use)
- Svezak 4. : Poljoprivreda, šumarstvo i ostalo korištenje zemljišta (Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU))
- Svezak 5. : Otpad (Waste)

Svaki svezak sadrži upute za izračun emisija za sektor na koji se odnosi. Unutar sektora navedena je podjela na podsektore i kategorije, definirani su najzastupljeniji staklenički plinovi, glavni izvori emisija te opći emisijski faktori. Također, propisani su parametri ključni za izračun emisija na različitim razinama točnosti (Tier).

4. Razine izračuna emisija ugljikovog dioksida prema IPCC-u

Najnovije smjernice *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories* razlikuju tri različite razine izračuna emisija stakleničkih plinova koje se međusobno razlikuju prema stupnju kvalitete i obujmu prikupljenih podataka koji se koriste pri izračunu te u stupnju složenosti izračuna. U svrhu jednostavnijeg izračunavanja i priopćavanja emisija ostalih stakleničkih plinova, kao jedinica mjere je definiran CO_2 ekvivalent, CO_2e. CO_2 ekvivalent je jednak umnošku količine plina, jedinice mase i vrijednosti GWP-100 određenog stakleničkog plina.

$$CO_2e = količina\ stakleničkog\ plina * GWP - 100$$

Jedna tona CO_2 ekvivalenta (t CO_2e) predstavlja jedinicu mjere emisije bilo kojeg stakleničkog plina.

4.1. Prva razina izračuna (Tier 1)

Prva razina izračuna temelji se na poznavanju količine potrošenog goriva i zadanog emisijskog faktora. Radi se o najjednostavnijem i najopćenitijem izračunu emisija stakleničkih plinova. Uključuje najmanje faktora i najnepreciznij je. Koristi se u slučaju kada prikupljanje podataka nije dovoljno detaljno za točnije razine izračuna. Izraz za izračun emisije stakleničkih plinova za prvu razinu glasi:

$$Emisija_{Stakleni\check{c}ki\,plin} = Potro\check{s}nja_{Gorivo} * Emisijski\ faktor_{Stakleni\check{c}ki\,plin,Gorivo},$$

pri čemu je:
$Emisija_{Stakleni\check{c}ki\,plin}$ - ukupna emisija ugjikova dioksida u tonama [t CO_2],
$Potrošnja_{Gorivo}$ - količina potrošene energije [TJ],
$Emisijski\ faktor_{Stakleni\check{c}ki\,plin,\,Gorivo}$ – zadani faktor emisije koji ovisi o pojedinom gorivu koje se koristi te o stakleničkom plinu čija emisija se računa. Sadrži i faktor oksidacije ugljika za koji se na prvoj razini izračuna pretpostavlja da iznosi 1 [t CO_2/TJ].

4.2. Druga razina izračuna (Tier 2)
Druga razina izračuna temelji se na poznavanju količine potrošenog goriva i emisijskog faktora karakterističnog za određenu državu. Izraz je sličan izrazu tijekom računanja emisija na prvoj razini izračuna, ali umjesto općeg emisijskog faktora, koristi se emisijski faktor koji je određen za konkretnu državu. Pri određivanju emisijskog faktora može se u obzir uzeti sadržaj ugljika u pojedinim gorivima, dio ugljika koji oksidira pri sagorijevanju ili tehnologija sagorijevanja. Također, mogu se tijekom vremena mijenjati. Opći emisijski faktori zadani u Smjernicama IPCC-a se drastično ne razlikuju od emisijskih faktora izračunatih za pojedine države. No, s obzirom na velike količine potrošenog goriva, mogu činiti znatnu razliku pri konačnom izračunu emisija stakleničkih plinova. To je posebno bitno u sustavu trgovanja emisijama. Definiranjem emisijskih faktora za svaku pojedinu državu se povećava preciznost izračuna ukupnih količina emisija jer opći emisijski faktori mogu, ali i ne moraju biti slični pojedinim emisijskim faktorima.
Emisijski faktori za Republiku Hrvatsku definiraju se prema izrazu:

$$Emisijski\ faktor_{Gorivo} = CEF * O_C * \frac{44}{12},$$

pri čemu je:
CEF - emisijski faktor ugljika [t C/TJ],
O_C – frakcija ugljika koji oksidira [-],
$\frac{44}{12}$ – stehiometrijski odnos ugljikovog dioksida (CO_2) i ugljika (C) [-].
Emisije stakleničkih plinova se prema drugoj razini izračuna dobivaju prema izrazu:

$$Emisija_{Stakleni\check{c}ki\,plin} = Potro\check{s}nja_{Gorivo} * Emisijski\ faktor(spec.)_{Stakleni\check{c}ki\,plin,Gorivo},$$

pri čemu je:
$Emisija_{Stakleni\check{c}ki\,plin}$ - ukupna emisija ugljikovog dioksida u tonama [t CO_2],
$Potrošnja_{Gorivo}$ - količina potrošene energije [TJ],
$Emisijski\ faktor(spec.)_{Stakleni\check{c}ki\,plin,\,Gorivo}$ – zadani faktor emisije koji se računa posebno i specifičan je za svaku državu te se mijenja tijekom vremena. Ovisi o pojedinom gorivu koje se koristi te o stakleničkom plinu čija emisija se računa. Sadrži faktor oksidacije ugljika koji je drugačiji za različite vrste goriva, emisijski faktor ugljika (EFC) koji je drugačije za različite vrste goriva te stehiometrijski odnos ugljikovog dioksida i ugljika [t CO_2/TJ].

4.3. Treća razina izračuna (Tier 3)

Kod prve dvije razine izračuna se koriste srednje vrijednosti emisijskih faktora koje ovise o stakleničkom plinu i vrsti goriva koje se koristi. Prema tom načinu izračuna se dobiju srednje vrijednosti emisija stakleničkih plinova. U stvarnosti, emisije stakleničkih plinova ovise o vrsti goriva koje se koriste, tehnologiji sagorijevanja, uvjetima u kojima se sagorijevanje odvija, tehnologiji kontrole sagorijevanja, kvaliteti održavanja i starosti opreme koja se koristi za sagorijevanje.

Izraz koji uključuje sve te varijable glasi:

$$Emisija_{Stakleni\check{c}ki\,plin,Gorivo,Tehnologija} = Potro\check{s}nja_{Gorivo,Tehnologija} * Emisijski\,faktor(spec.)_{Stakleni\check{c}ki\,plin,Gorivo,Tehnologija}$$

pri čemu je:

$Emisija_{Stakleni\check{c}ki\,plin,\,Gorivo,\,Tehnologija}$ - ukupna emisija ugjikova dioksida u tonama ovisno o tipu goriva i tehnologiji koji se koriste [t CO_2],

$Potro\check{s}nja_{Gorivo,\,Tehnologija}$ - količina potrošene energije ovisno o tipu tehnologije [TJ],

$Emisijski\,faktor(spec.)_{Stakleni\check{c}ki\,plin,\,Gorivo}$ – zadani faktor emisije koji se računa posebno i specifičan je za svaku državu te se mijenja tijekom vremena. Ovisi o pojedinom gorivu koje se koristi te o stakleničkom plinu čija emisija se računa. Sadrži faktor oksidacije ugljika koji je drugačiji za različite vrste goriva, emisijski faktor ugljika (CEF) koji je drugačije za različite vrste goriva te stehiometrijski odnos ugljikovog dioksida i ugljika. Osim navedenog, u obzir se uzima i tehnologija sagorijevanja, kontrola sagorijevanje, kvaliteta održavanja i starost opreme u kojoj se sagorijevanje odvija [t CO_2/TJ].

Za treću razinu izračuna emisija stakleničkih priračuna potrebni su detaljni podaci o:

- potrošnji pojedinih tipova goriva ovisno o tipu tehnologije sagorijevanja (vrsta goriva, tehnologija sagorijevanja, uvjeti sagorijevanja, kontrola sagorijevanja, kvaliteta održavanja i starost opreme),
- specifični emisijski faktori za svaku tehnologiju (vrsta goriva, tehnologija sagorijevanja, uvjeti sagorijevanja, kontrola sagorijevanja, kvaliteta održavanja i starost opreme),
- a ponekad i podaci o preciznosti mjerenja na razini pojedinog pogona.

Treća razina izračuna (Tier 3) za procjenu količina emisija stakleničkih plinova se vrlo rijetko izvodi zbog velike količine podataka koje je potrebno uključiti u izračun. U Izvješćima o inventaru stakleničkih plinova najčešće se rade izračuni na prvoj i drugoj razini. No, treća razina izračuna se sve više koristi na razini pojedinih pogona jer se na taj način dobivaju najpreciznji podaci o količinama emisija stakleničkih plinova. To je osobito bitno u sustavu trgovanja emisijama koje se sve više razvija unutar Europske unije, a i šire. Precizno poznavanje vlastitih količina emisija stakleničkih plinova može često dovesti i do znatnih financijskih ušteda u okviru navedenog sustava.

5. Primjena metodologije izračuna emisija ugljikovog dioksida na primjeru emisija rafinerija Republike Hrvatske

U sklopu energetski naintenzivnijeg podsektora Energetske transformacije nalaze se i rafinerije. U Republici Hrvatskoj postoje dvije rafinerije nafte, u Rijeci i Sisku, a maziva se

proizvode u Rijeci i Zagrebu. Sirova nafta se crpi s 33 naftna polja, a plinski kondenzat iz 8 naftno-kondenzatnih polja što zadovoljava oko 35 % ukupnih nacionalnih potreba.

U Tablici 1. Prikazana je potrošnja pojedinih goriva u rafinerijama na području RH u razdoblju između 1990. i 2011. godine [4].

Tablica 1. Potrošnja goriva u rafinerijama

	Potrošnja goriva (TJ)									
Vrsta goriva	**1990.**	**1995.**	**2000.**	**2005.**	**2006.**	**2007.**	**2008.**	**2009.**	**2010.**	**2011.**
Loživo ulje	9131,2	8017,9	7772,7	10208,3	10043,5	11574,7	7804,9	10156,0	9818,4	7889,3
Ukapljeni naftni plin	0,0	0,0	0,0	449,4	458,9	515,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Koks	0,0	0,0	0,0	2191,7	1918,9	2101,8	1794,9	2228,9	1732,9	1360,9
Rafinerijski plin	2812,0	1333,8	1959,7	11609,0	10130,8	10467,8	7439,2	9639,6	7776,2	12860,9
Prirodni plin	248,2	241,4	6,8	40,8	13,6	642,6	2947,8	1033,6	564,4	2801,6
Ukupno	12191,4	9593,1	9739,2	24499,2	22565,7	25302,6	19986,8	23058,1	19891,9	24912,7

Primjer prve razine izračuna emisije ugljikovog dioksida (CO_2):

Loživo ulje

$$Emisija_{Ugljikov\ dioksid} = Potrošnja_{Loživo\ ulje} * Emisijski\ faktor_{Ugljikov\ dioksid,Loživo\ ulje}$$

$$Emisija_{Ugljikov\ dioksid} = 9131{,}2\ TJ * 77{,}400\ t\ CO_2/TJ$$

$$Emisija_{Ugljikov\ dioksid} = 706754{,}88\ t\ CO_2$$

Primjer druge razine izračuna emisije ugljikovog dioksida (CO_2):

$$Emisijski\ faktor(spec.)_{Loživo\ ulje} = CEF * O_C * \frac{44}{12},$$

$$Emisijski\ faktor(spec.)_{Loživo\ ulje} = 21{,}1\ t\ C/TJ * 0{,}99 * \frac{44}{12}$$

$$Emisijski\ faktor(spec.)_{Loživo\ ulje} = 76{,}593\ t\ CO_2/TJ$$

$$Emisija_{Ugljikov\ dioksid} = Potrošnja_{Loživo\ ulje} * Emisijski\ faktor(spec.)_{Ugljikov\ dioksid,Loživo\ ulje}$$

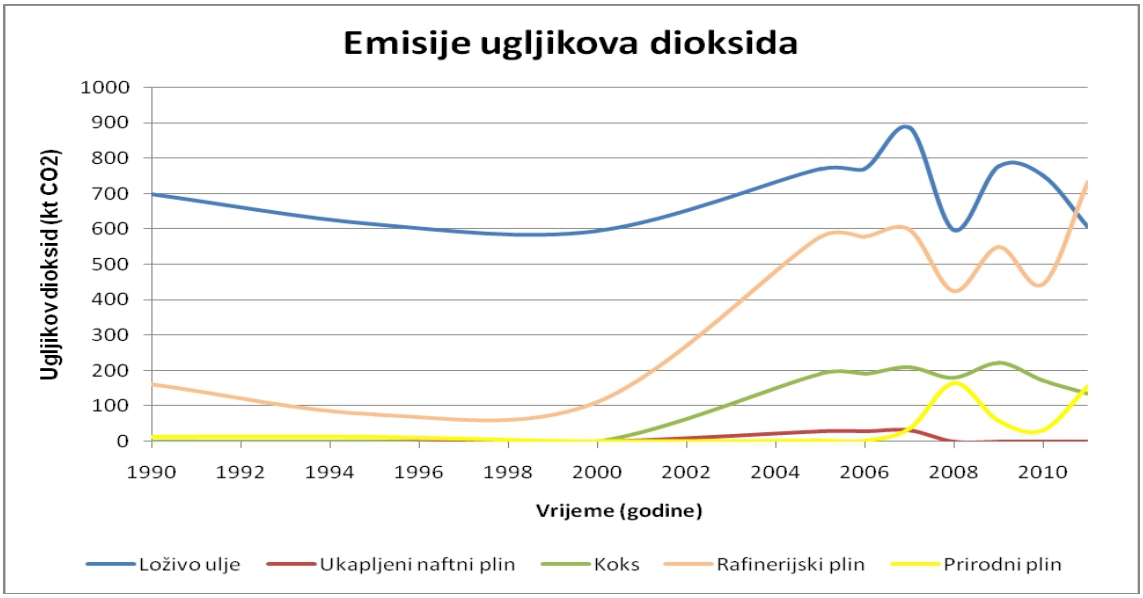
$$Emisija_{Ugljikov\ dioksid} = 9131{,}2\ TJ * 76{,}593\ t\ CO_2/TJ$$

$$Emisija_{Ugljikov\ dioksid} = 699386{,}00\ t\ CO_2$$

Kako ne postoji dovoljan obujam podataka sa zadovoljavajućom razinom preciznosti za rafinerije u Republici Hrvatskoj, nije provedena treća razina izračuna emisija ugljikovog dioksida.

Ovaj princip izračuna koristi se i za ostale stakleničke plinove. Računanje emisija ostalih stakleničkih plinova razlikuje se po tome što svaki staklenički plin ima svoj emisijski faktor koji je zadan od strane IPCC-a ili ga se računa pojedinačno za svaku zemlju potpisnicu, ovisno o razini izračuna.

Slika 1. prikazuje raspodjelu emisija ugljikovog dioksida prema pojedinim gorivima koji se koriste u rafinerijama na području Republike Hrvatske.



Slika 1. Raspodjela emisija ugljikovog dioksida

Vidljivo je da prema količini emisija prednjače loživo ulje i rafinerijski plin, dok su emisije ugljikovog dioksida uzrokovane izgaranjem koksa, prirodnog plina i ukapljenog naftnog plina znatno manje s obzirom da se koriste u puno manjoj količini (koks), a i emisijski faktori su im manji (prirodni plin).

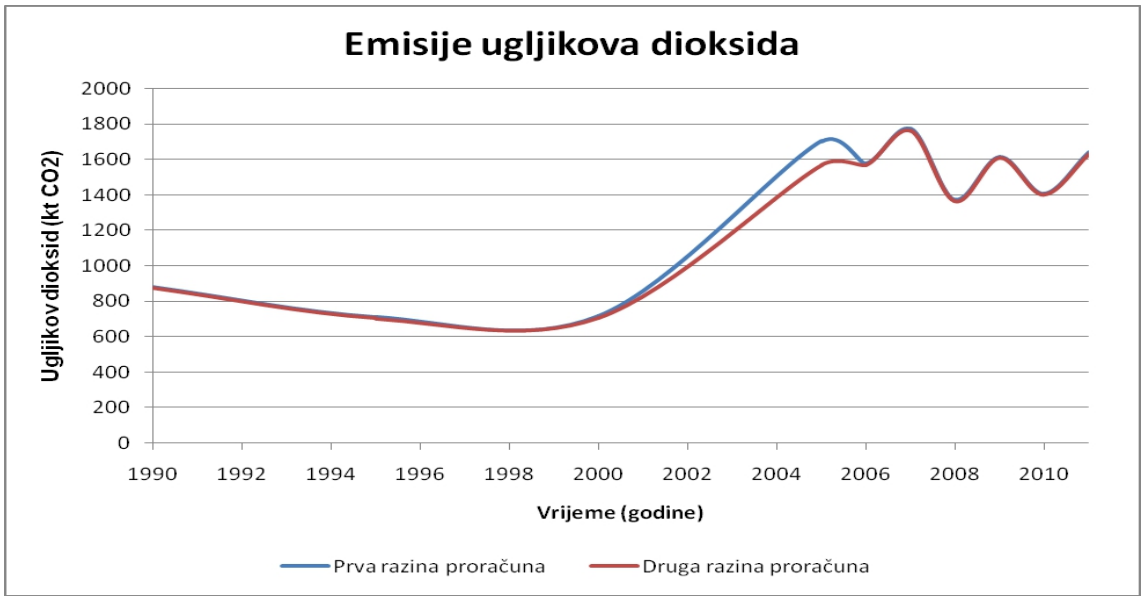
Na Tablici 2. nalaze se izračunate vrijednosti emisija ugljikovog dioksida (t CO_2) na temelju dvije razine izračuna između 1990. i 2011. godine. Izračun je nastao na temelju smjernica Međuvladinog tijela za kimatske promjene.

Tablica 2. Emisije ugljikovog dioksida

	Emisije ugljikovog dioksida (t CO_2)									
Razina izračuna	**1990.**	**1995.**	**2000.**	**2005.**	**2006.**	**2007.**	**2008.**	**2009.**	**2010.**	**2011.**
Prva razina izračuna	882650	710954	714867	1703138	1577713	1772343	1372972	1616618	1408474	1641277
Druga razina izračuna	873710	703704	707546	1568351	1568351	1761776	1366048	1608167	1400268	1630422

Usporedbom vrijednosti emisija ugljikovog dioksida dobivenih na dva različita načina vidljivo je da se dobivene vrijednosti međusobno razlikuju. Vrijednosti dobivene drugom razinom izračuna, koja je preciznija, su manje od vrijednosti emisija dobivenih na temelju izračuna

prve razine. Na prvi pogled, vrijednosti se ne razlikuju previše, no kako se radi o prilično velikim vrijednostima emisija, njihov značaj se otkriva u okviru sustava trgovine emisijama. Na taj način i metodologija izračuna emisija zauzima bitnu ulogu. Grafički prikaz usporedbe dobivenih rezultata prema izračunima temeljenima na dvije razine točnosti prikazan je na Slici 1.



Slika 2. Usporedba emisija ugljikovog dioksida (CO_2)

Prema drugoj razini izračuna, emisije ugljikovog dioksida u razdoblju između 2005. i 2011. godine iznose 189 152 t CO_2 manje nego prema prvoj razini izračuna. S obzirom da je Republika Hrvatska od 1. siječnja 2013. godine uključena u Međunarodni sustav za trgovanje emisijama stakleničkih plinova u Europskoj uniji (European Union Emission Trading Scheme, EU ETS), ima mogućnost prodaje viška kvota emisija stakleničkih plinova na tržištu. Cijena jedne tone CO_2e na dan 29. srpanj 2015. na europskoj burzi energije (European Energy Exchange, EEX) iznosi 8,04 eura. Kada bi se po toj cijeni prodala razlika emisija dobivenih pomoću prve i druge razine izračuna emisija stakleničkih plinova, zaradilo bi se više od milijun i pol eura. Osim u pogledu smanjenja štetnih posljedica klimatskih promjena, uloga metodologije izračuna emisija se očituje i u pravilnijem i pravednijem raspologanju što se tiče dodjele kvota emisija i trgovine kvotama emisija, a time postaje značajna i ekonomska uloga metodologije.

6. Zaključak

Međuvladino tijelo za klimatske promjene predstavlja krovnu organizaciju čiji je osnovni cilj praćenje i spriječavanje daljnjeg razvijanja klimatskih promjena te smanjenje postojećih posljedica na Zemlji. Glavnu stečevinu organizacije predstavljaju Protokol iz Kyota te razvoj metodologije za izračun emisija stakleničkih plinova. Poznavanje količina emisija stakleničkih plinova je temelj za definiranje i implementaciju odgovarajućih mjera za njihovo smanjenje. U većini slučajeva, veliki problem kod procjene količina emisija stakleničkih plinova predstavlja nemogućnost izravnog mjerenja emisija pri njihovom izlasku u atmosferu. Iz tog se razloga emisije ne mjere, već se izračunavaju. Glavne smjernice za izračun količine emisija stakleničkih plinova izdane su od strane Međuvladinog tijela za

klimatske promjene 1996. i 2006. godine. Obuhvaćaju sve sektore unutar Protokola iz Kyota, metodologiju za izračun emisija te konverzijske i emisijske faktore. Njima su definirane tri različite razine izračuna emisija stakleničkih plinova koje se međusobno razlikuju prema obujmu i stupnju kvalitete prikupljenih podataka koji se koriste u izračunu te stupnju složenosti izračuna. S ekonomske strane, poznavanje točnijih količina emisija stakleničkih plinova omogućuje pravilniju i pravedniju raspodjelu kvota emisija, kao i bolji položaj u sustavu trgovanja kvotama emisija.

7. Literatura

[1] Intergovernmental Panel on Climate Change; *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge, Cambridge University Press, Velika Britanija, 2001.
[2] Stott, Peter; Jones, Gareth; Mitchell, John. Do Models Underestimate the Solar Contribution to Recent Climate Change?. *J. Climate*,**16**, 4079–4093.
[3] Piani, Gianguido; Višković, Alfredo; Saftić, Bruno. Protokol iz Kyota. Zagreb, 2010.
[4] Ministarstvo zaštite okoliša i prirode. *Izvješće o inventaru stakleničkih plinova na području Republike Hrvatske za razdoblje 1990.-2011. (NIR 2013*). URL:http://www.azo.hr/Izvjesca27 (13.7.2015.)

Zavarivanje polimernih materijala u struji vrućeg zraka
Polymeric materials welding in a hot air stream

M. Horvat[1], K. Pisačić[1], P. Raos[2], I. Samardžić[2]

[1] Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Varaždin, Varaždin, Hrvatska[2] Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska

*Autor za korespodenciju. E-mail: praos@sfsb.hr

Sažetak

Polimerni materijali su važna skupina tehnički materijala, a njihova široka primjena omogućena je kroz specifična mehanička, kemijska i ostala svojstva. U radu su prikazane osnovne skupine polimernih materijala, najvažnije tehnologije spajanja istih uz detaljniji opis postupka zavarivanja u struji vrućeg zraka.

Abstract

Polymeric materials are an important group of technical materials and their wide application is provided through a specific mechanical, chemical and other properties. The paper presents the main groups of polymers, the most important technologies of joining them with a detailed description of the welding process in a hot air steram.

Ključne riječi: Polimerni materijali, zavarivanje, vrući zrak

Keywords: Polimeric materials, welding, hot air stream

1. Uvod

Kako navodi izvor [1], polimerima se nazivaju sve prirodne i sintetske tvari i materijali kojih je osnovni sastojak sustav makromolekula (polimerne molekule). Naziv polimer dolazi od grčke riječi poli= mnogo i meros=čestica. Kako se čisti polimeri (polimerizati) vrlo rijetko nalaze u tehničkoj primjeni, tehnički upotrebljivim polimernim materijalima smatramo tvari koje su građene od polimera. One uz polimer sadrže brojne dodatke, druge polimere ili materijale za poboljšavanje svojstava. [1, 2, 3, 4]

Obzirom da se radi o sintetskim, ali i prirodnim materijalima, povijesni razvoj ove skupine materijala vrlo je dug, no njihova šira primjena u tehničke svrhe do značajnijeg izražaja dolazi tek u drugoj polovici 20. stoljeća. Primjena polimernih materijala kao tehničkih materijala temelji se na sljedećim važnim svojstvima:

- mala gustoća,
- dobra toplinska/izolacijska svojstva,
- dobra kemijska postojanost,
- mali faktor trenja/otpornost na trošenje,

- mogućnost prigušenja vibracija,
- fiziološka inertnost,
- obradljivost i
- cijena, itd.

Sistematizacija polimernih materijala često se izvodi temeljem više čimbenika (podrijetlo, sastav, stupanj uređenosti, primjena itd.), no u inženjerstvu je najinteresantnija podjela obzirom na njihovo ponašanje u pri povišenim temperaturama, pa tako razlikujemo duromere, elastomere i plastomere te posebnu skupinu elastoplastomeri. Osnovna svojstva pojedinih skupina polimernih materijala dana su u tablici 1 i 2. [1, 2, 3, 4]

Tablica 1 Istaknuta obilježja osnovnih skupina polimernih materijala [2]

Naziv	Obilježja obzirom na:			Makromolekule
	Taljenje	Topljenje	Bubrenje	
Duromeri	Netaljivi	Netopljivi	Ne bubre	Gusto prostorno umrežene
Plastomeri	Taljivi	Topljivi	Bubre	Linearne i granate
Elastomeri	Netaljivi	Netopljivi	Bubre	Rahlo prostorno umrežene
Elastoplastomeri	Taljivi	Topljivi	Ne bubre	Rahlo prostorno umrežene

Tablica 2 Povezanost strukture i ponašanja pri zagrijavanju polimernih materijala [2]

Naziv skupine polimernih materijala	Naziv makromolekulne strukture	Ponašanje materijala pri zagrijavanju	Sile (veze) koje su prisutne u materijalu
Plastomeri	Linearne (lančaste) makromolekule	Mekšaju (reverzibilna pojava)	Međuatomske unutar makromolekula i međumolekulne
Elastomeri	Rahlo umrežene makromolekule	Izraženo svojstvo elastičnosti	Međuatomske i međumolekulne
Duromeri	Potpuno (prostorno) umrežene makromolekule	Mekšanje pri zagrijavanju nije moguće	Samo međuatomske (molekulne) sile

Polimerni materijali koji se zavaruju konvencionalnim metodama spadaju u skupinu plastomera. Plastomeri su građeni od linearnih i granatih makromolekula koje su međusobno povezane sekundarnim vezama. Sekundarne veze su slabije od primarnih pa pri povišenju temperature dolazi do njihovog slabljenja i pucanja što za posljedicu ima lakše uzajamno pomicanje makro molekula (tzv. tečenje), odnosno, ova grupa polimernih materijala pri zagrijavanju mekša (taljivi su i topljivi), a sniženjem temperature sekundarne veze se ponovo uspostavljaju te se materijal vraća u prvobitno stanje. Za zavarivanje su zanimljive i pojedine skupine elastoplastomernih materijala (fizikalno umreženi elastomeri)

jer je njihovo ponašanje pri povišenju temperature slično kao i kod plastomera. Duromeri su polimerni materijali sa gustom prostorno umreženom strukturom, povišenjem temperature se ne tale te kao takvi nisu zavarljivi. [1, 2, 3, 4]

2. Tehnike spajanja polimernih materijala

Razvoj polimernih materijala te njihova inženjerska primjena potaknula je i razvoj tehnika spajanja istih. Zbog specifičnih svojstva polimernih materijala (mehanička, fizikalna, kemijska i dr.) danas se u praksi ističu dvije najzastupljenije tehnike spajanja ove grupe tehničkih materijala – lijepljenje i zavarivanje. Obje navedene tehnike spajanja spadaju unerastavljive spojeve, a temelje se na adhezijskim i kohezijskim silama koje se javljaju u spojevima. [1, 4, 5, 6, 7]

Lijepljenje je nerastavljiva tehnika spajanja, a iako ovaj postupak seže u daleku prošlost, ubraja se u suvremene postupke pošto se razvoj ljepila intenzivirao posljednjih 40-tak godina. Svoju primjenu nalazi zbog niza prednosti kao što su: mogućnost spajanja raznorodnih materijala, mogućnost spajanja materijala različitih debljina, ujednačena razdioba naprezanja u usporedbi s drugim tehnikama spajanja, brtvljenje spojeva, mogućnost spajanja veliki površina, postojanost na zamor, dostupnost proizvoda različitih brzina umreživanja, laka automatizacija postupka, ekonomičnost itd. [1]

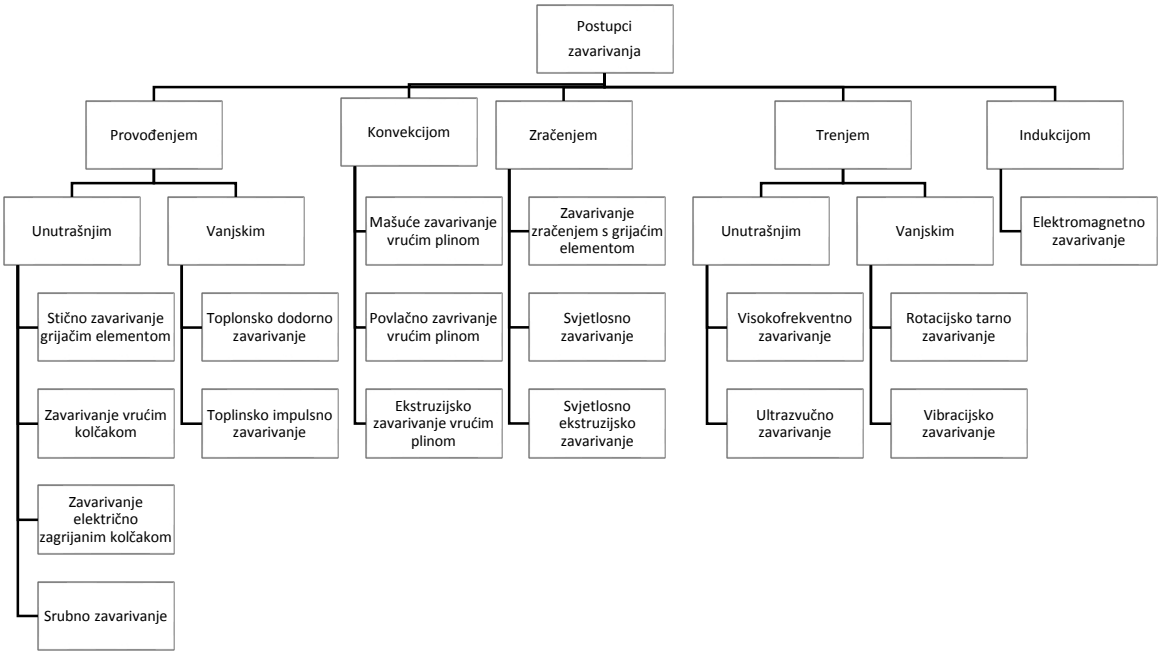
3. Zavarivanje polimernih materijala

Kako navodi izvor [1], zavarivanje je spajanje plastomernih i fizikalno umreženih elastoplastomernih tvorevina djelovanjem pritiska i topline sa uporabom dodatnog materijala ili bez njega.

Zavarivanje se može primijeniti i na raznorodnim plastomerima, uz uvjet minimalne kompatibilnosti, a kao što je već navedeno, spoj se ostvaruje djelovanjem adhezijskih i kohezijskih sila. Osnovni parametri zavarivanja najčešće su temperatura, pritisak i vrijeme zavarivanja, a sam odabir postupka zavarivanja ovisi o zahtjevima zavarenog spoja, geometriji elementa koji se zavaruje, vrsti polimera, broju komada, cijeni itd. [1, 3, 4, 5, 6, 7]

Osnovni postupci zavarivanja polimernih materijala kako to navodi izvor [1] prema DIN 1910 dani su na slici 1.

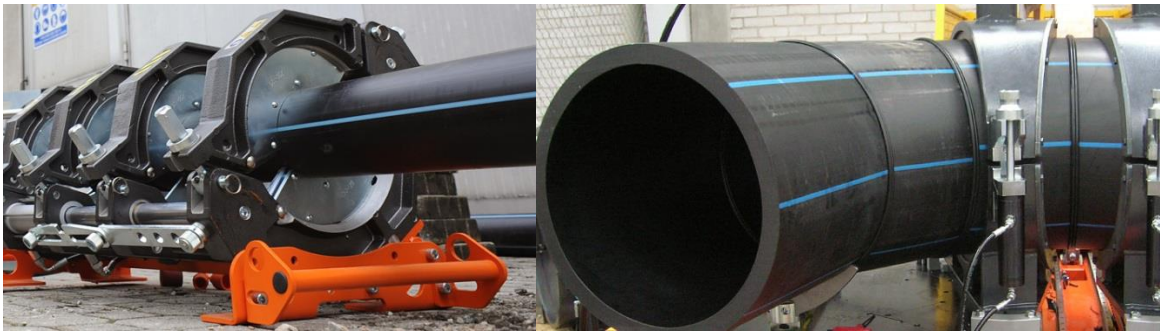
Iz pregleda osnovnih postupaka zavarivanja polimernih materijala vidljivo je da je osnovni pristup podjele u načinu zagrijavanja osnovnog, po potrebi i dodatnog materijala, a izbor postupka zavarivanja temelji se na vrsti osnovnog materijala te geometriji i zahtjevima konstrukcije. U nastavku su opisani primjeri češće korištenih postupaka zavarivanja polimera.



Slika 1 Podjela postupaka zavarivanja prema DIN 1910 [1]

3.1. Zavarivanje grijaćim elementima

Princip zavarivanja zasniva se na zagrijavanju dviju površina koje se zavaruju dodatnim grijaćim elementom koji površinama predaje toplinu te ih dovodi u stanje pogodno za zavarivanje (termoplastično) stanje. Zagrijavanje površina vrši se direktno, a također je poželjno da na elemente tijekom zagrijavanja djeluje mali konstantan pritisak. Slijedi faza odmicanja zagrijanih površina, uklanjanje grijaćih elemenata, a elementi sa zagrijanim i rastaljenim površinama se pod pritiskom prislanjaju jedan na drugi i stvaraju zavareni spoj. U nekim varijantama procesa grijanje površina koje se zavaruju može se izvesti i indirektno, preko vanjskih površina elementa, a kod direktnog zagrijavanja jednostrano ili dvostrano. Konstrukcija grijaćih elemenata, materijal i kvaliteta obrađene površine ovisi geometriji izradaka koji se zavaruju (ploče, kolčak, klin, prizma, kliješta itd.). [1, 3, 7]



Slika 2 Primjer zavarivanja PE HD cijevi grijaćom pločom [8]

3.2. Zavarivanje strujama visoke frekvencije

Zavarivanje strujama visoke frekvencije ili dielektričko zavarivanje provodi se između metalnih elektroda koje se nalaze pod izmjeničnim naponom visoke frekvencije. Zavarivanje se zasniva na zagrijavanju materijala (električna energija se pretvara u toplinsku) uslijed polarizacije molekula (unutarnja kretanja izazivaju trenje), dok elektrode ostaju hladne. Zavarivanje se najčešće izvodi kao pločasto, šavno ili točkasto. Ovaj način zavarivanja često se koristi kod zavarivanja polimernih folija, toplina se unosi u usko područje materijala koji se zavaruje, brzina zavarivanja je velika, a proces se lako automatizira. [3]

3.3. Ultrazvučno zavarivanje

Princip ultrazvučnog zavarivanja plastični masa zasniva se na pretvorbi visokofrekventnih mehaničkih titraja (15-70 kHz) niske amplitude u toplinsku energiju mehanizmom trenja između polimernih materijala koje spajamo. Ovako se zavaruju sučeoni, preklopni i "T" spojevi, a u usporedbi s postupkom zavarivanja strujama visoke frekvencije, ovim postupkom moguće je zavarivati elemente većih debljina (do 10mm). Postupak je brz, ekonomičan, i bez obzira na malo relativno malo spoznaja o optimalnim parametrima procesa, ultrazvučno zavarivanje polimernih materijala često se koristi u auto industriji, elektrotehnici i elektronici itd. [1, 3]

Slika 3 Primjer izvođenja ultrazvučnog zavarivanja polimernih materijala [9]

3.4. Zavarivanje trenjem

Kod ovog postupka zavarivanja toplina potrebna za ostvarivanje zavarenog spoja posljedica je sile trenja koja se javlja zbog međusobnog kontakta elementa koji se spajaju i kreću (rotiraju) u suprotnim smjerovima. Razvijena toplina dovodi materijal u rastaljeno (tjestasto) stanje, a konačan zavareni spoj ostvaruje se pritiskom (slično kao i kod zavarivanja grijaćim elementima). Postupak se naziva još i rotacijsko tarno zavarivanje, pri čemu rotirati mogu oba elementa, samo jedan ili međuelement. Ovaj postupak daje kvalitetne zavarene spojeve, spoj se ostvaruje brzo, a glavno ograničenje je geometrija izratka kao i optimiranje parametara zavarivanja. [1, 3]

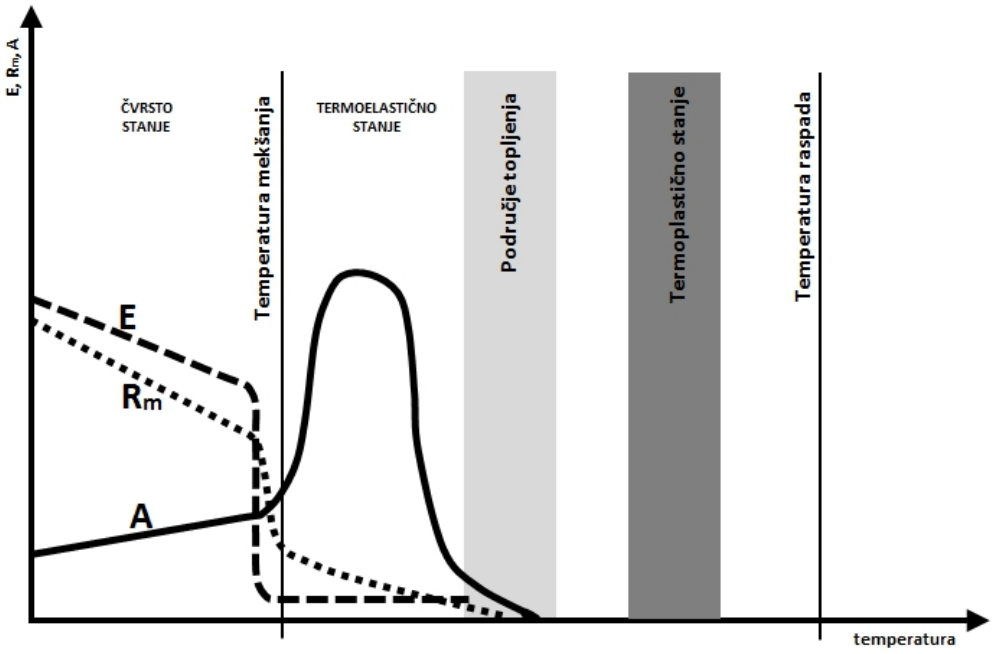
Slika 4 Primjer uređaja za zavarivanje polimernih cijevi trenjem [10]

4. Zavarivanje polimernih materijala u struji vrućeg zraka

4.1. Teorijske osnove zavarivanja plastomera

Zavarivanje polimernih materijala u struji vrućeg zraka (ili tehničkih plinova O2, N2) spada u postupke zavarivanja kod kojih se toplina za ostvarivanje zavarenog spoja dovodi konvekcijom preko vrućeg zraka ili plina. Ovakvi načini zavarivanja polimernih materijala nalaze široku primjenu, ali pošto se radi uglavnom o ručnim tehnikama rada, traže i visoki stupanj osposobljenosti operatera.

Općenito, promjene u polimernim materijalima tokom zavarivanja prikazuje slika 5 (prema izvoru 3).



Slika 5 Dijagram promjena fizičkih stanje plastomera tijekom zagrijavanja, prema [3]

Na sobnoj temperaturi polimerni materijal je u čvrstom stanju. Kao što je već spomenuto, porastom temperature kod plastomera dolazi do slabljenja sekundarnih veza te lanci

makromolekula dobivaju veću slobodu gibanja (lanci pokazuju i neznatna gibanja kod sobnih temperatura). Ovaj proces traje neko vrijeme, a za posljedicu ima mekšanje materijala. Ovakvo gibanje naziva se još i Brown-ovo gibanje (mikro i makro), a slične pojave zamjećuju se i kod drugih tehničkih materijala (manje izraženo).

U termoelastičnom području (nakon prijelaza temperature mekšanja, sekundarne veze su slabe, vidljiva je značajna promjena osnovnih mehaničkih svojstava (pad rastezne čvrstoće, modula elastičnosti i porast istezljivost), a zavareni spoj izveden kod ovih temperatura nebi rezultirao dovoljnom čvrstoćom zbog nepotpune difuzije materijala.

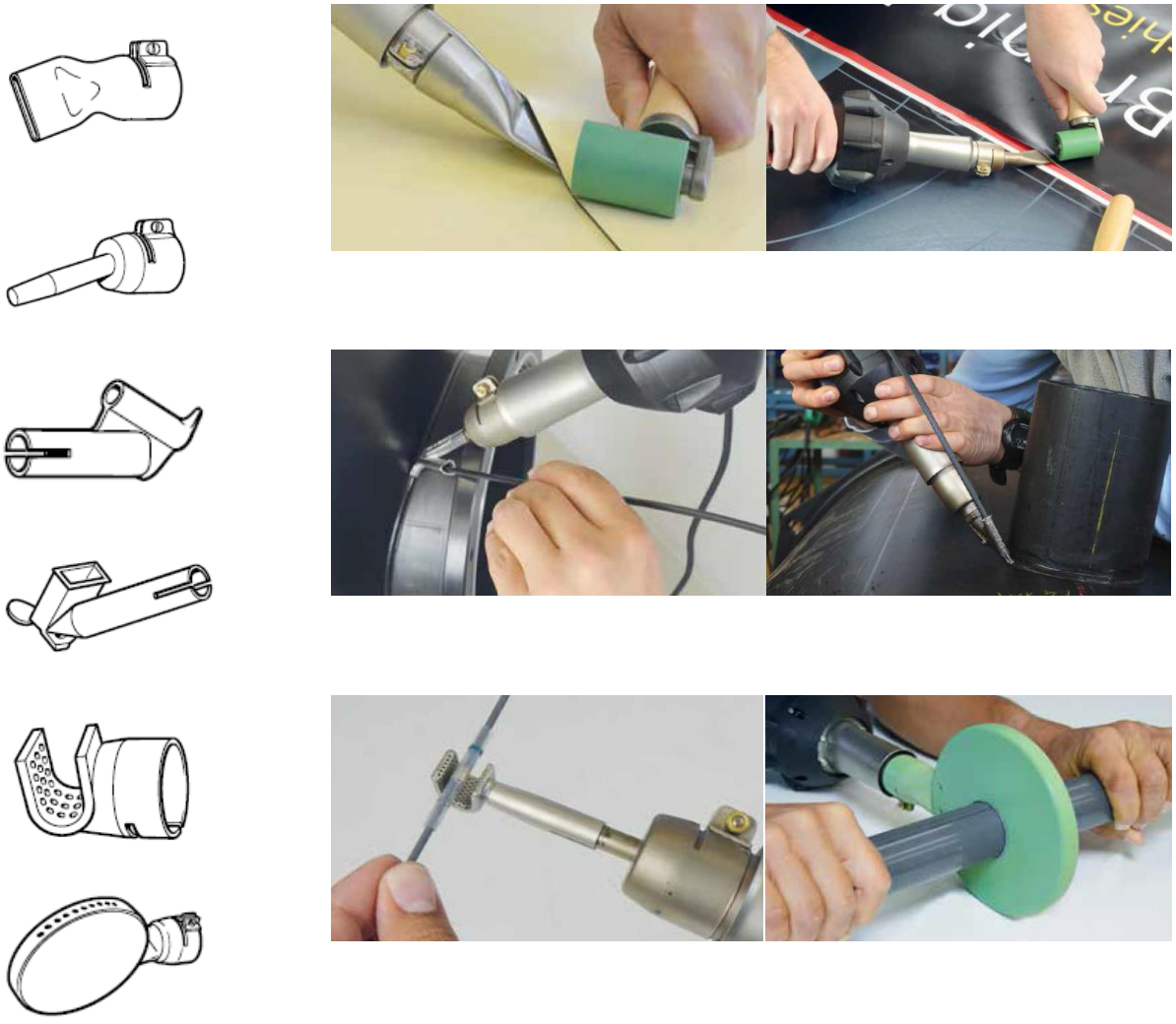
Dovođenjem materijala u područje topljenja dolazi do pucanja sekundarnih veza, tj. do neometanog gibanja lanaca makromolekula. Daljnje povećanje temperature osigurava ulazak u termoplastično područje gdje su osnovna mehanička svojstva polimernog materijala svedena na minimum, ali je omoguće potpuna difuzija rastaljenog materijala, tj. omogućeno je premještanje molekula polimera u graničnim područjima elemenata koji se spajaju.

Kada bi se polimerni materijal zagrijao van temperaturnog raspona termoplastičnog područja, do temperature raspada, u materijalu bi došlo do pucanja primarnih kemijskih veza i raspada materijala. Također, pojavu raspada materijala, osim prekoračenja temperature, može izazvati i dugotrajno izlaganje na nešto nižoj temperaturi, što u konačnici rezultira znatnom padu mehaničkih svojstava (prvenstveno čvrstoće) materijala. Dakle, za pravilno izvođenje zavarivanja potrebno je osigurati kratkotrajno zagrijavanje elemenata u zoni zavarenog spoja količinom topline koja osigurava ulazak u termoplastično područje, bez mogućnosti prekoračenja temperature raspada. Navedeni procesi su reverzibilni, što znači da će se ohlađivanjem do sobne temperature ponovno početi uspostavljati sekundarne veze, a materijal i zavareni spoj poprima željena mehanička svojstva. [1, 2, 3]

4.2. Princip zavarivanja polimernih materijala u struji vrućeg zraka

Princip zavarivanja ovom tehnikom sastoji se od dovođenja zagrijanog zraka (ili plina) preko mlaznice zavarivačkog pištolja (uređaja za zavarivanje) na mjesto ostvarivanja zavarenog spoja. Priprema zavarenog spoja polimernog materijala vrlo je često slična pripremi kod zavarivanja metalnih materijala pošto se kod ovog zavarivanja mogu izvesti sučeoni, preklopni, kutni i rubni spojevi. Zavarivački pištolji konstrukcijski su izvedeni sa električnim ili plinskim grijačem uz mogućnost regulacije temperature zraka (plina) te protokom istog. Obzirom na geometriju zavarenog spoja, najčešće se uz osnovni pištolj za zavarivanje (izvor zagrijanog zraka/plina) koriste i mlaznice za lakše ostvarivanje željenog zavarenog spoja. Geometrija mlaznice osigurava usku zonu zagrijavanja osnovnog i dodatnog materijala usmjeravanjem zraka/plina i njihanje ukoliko je potrebno, a ponekad i samo vođenje dodatnog materijala. [1, 3, 4, 5, 6, 7]

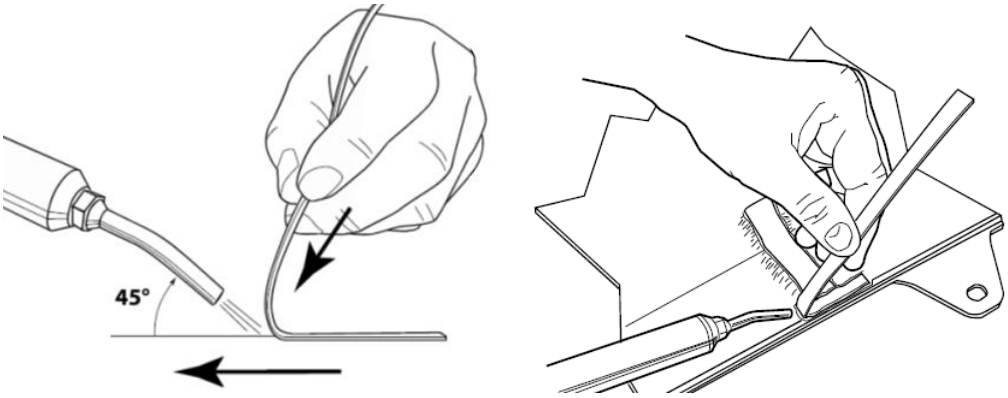
Slika 6 Primjeri različitih konstrukcija pištolja za zavarivanje tvrtke Leister [11]



Slika 7 Primjeri različitih mlaznica i njihova primjena kod pištolja za zavarivanje tvrtke Leister [12]

Ostvarivanje zavarenog spoja izvodi se s ili bez dodatnog materijala. Ukoliko se zavarivanje izvodi dodatnim materijalom, tada se dio unesene topline prenosi i na dodatni materijal.

Dodatni materijali najčešće se pojavljuju o obliku šipke (različite geometrije poprečnih presjeka i dimenzija), rjeđe trake, a po kemijskom sastavu ili odgovaraju osnovnom materijalu ili se proizvode uz dodatak omekšavala koji smanjuju temperaturu mekšanja i olakšavaju izvođenje zavarenog spoja. [1, 3, 4, 5, 6, 7]



Slika 8 Princip izvođenja zavarivanja u struji vrućeg zraka (plina) sa dodatnim materijalom klasičnim mlaznicama [4]

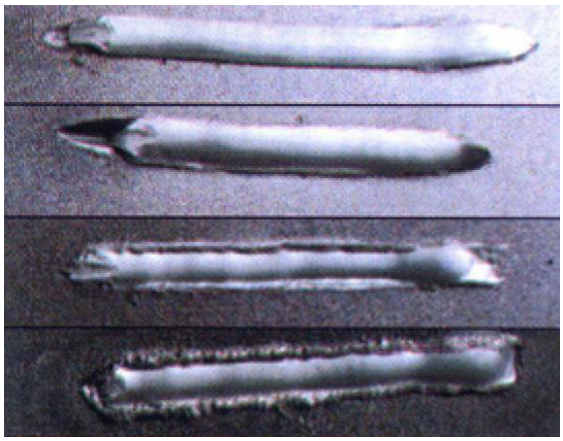
Zavarivanje vrućim zrakom (plinom) bez dodatnog materijala ostvaruje se posebnim mlaznicama koja u pripremljenom zavarenom spoju osigurava i olakšava difuziju polimernog materijala, ili pak ručnim ili mehaniziranim valjcima koji ostvaruju potreban pritisak na polimernim elementima u termoplastičnom stanju.

Slika 9 Primjer izvođenja zavarivanja bez dodatnog materijala prilagođenim mlaznicama [4]

Zavarivanje polimernih materijala u struju vrućeg zraka najčešće se koristi kao metoda reparaturnog zavarivanja. U tom slučaju, proces zavarivanja se sastoji od sljedećih faza:

- identifikacija materijala zavarivanja i određivanje parametara zavarivanja,
- priprema zavarenog spoja,
- izvođenje postupka zavarivanja i
- završne obrade.

Kvaliteta zavarenog spoja može se utvrditi i vizualnom kontrolom. Pravilno izveden zavareni spoj odlikuje se nadvišenjem spoja (ukoliko se radilo o zavarivanju dodatnim materijalom) te pravilnom zonom taljenja. Prevelika temperature zagrijavanja osnovnog i dodatnog materijala ili predugo zagrijavanje izaziva ogorine i pjenu u zoni taljenja, dok preniska temperatura ili prevelika brzina zagrijavanja onemogućava potpunu difuziju materijala. [1, 3, 4, 5, 6, 7]



Slika 10 Primjeri pogrešno izvedenih zavarenih spojeva polimernih materijala: prevelika brzina zavarivanja, neostvarivanje potpunog zavarenog spoja, preveliki pritisak dodatnog materijala, previsoka temperatura zagrijavanja [5]

Identifikacija materijala vrši se prema osnovnom materijalu, a kod reparaturnog zavarivanja lako se prepoznaje prema oznakama na elementima koji se zavaruju. Osnovni parametri zavarivanja kod ovog postupka su:

- temperatura vrućeg zraka (plina),
- protok vrućeg zraka (plina),
- sila i
- brzina zavarivanja.

Primjeri preporučenih parametara zavarivanja nekih termoplastičnih materijala dani su u tablici 3. [1, 3, 4, 5, 6, 7]

Tablica 3 Preporučeni parametri zavarivanja nekih plastomera, prema [7]

Vrsta polimernog materijala	Sila zavarivanjana žici promjera [N]*		Temperatura plina [°C]	Protok plina [l/min]
	do Ø3 mm	do Ø3 mm		
PE-HD	6…10 10…16	15…20 25…35	300…350	40…60
PE-LD	samo popune ručnim postupkom		260…320	40…60
PP	6…10 10…16	15…20 25…35	280…330	40…60
PVC-U, PVC-HI	5…9 8…12	8…12 15…25	320…370	40…60
PVC-P	15…20 4…8	18…25 7…12	3000…370	40…60
PVC-C	10…15 15…20	15…20 20…25	350…400	40…60
PMMA	12…16 12…16	12…16 20…30	320…370	40…60
PVDF	10…15 12…17	15…20 25…35	350…400	40…60
*ručno dodavanje žice, *mehanizirano dodavanje žice*				

Osim što se zavarivanje polimernih materijala izvodi ručnim tehnikama, moguća je i automatizacija procesa. U tom slučaju najčešće se radi o automatiziranom ili ekstruzijskom automatiziranom zavarivanju u struju vrućeg zraka (plina), a primjeri su dani slikom 11. Automatizirani spojevi uglavnom se izvode u jednom prolazu, a česti primjeru su na zavarivanju polimernih materijala na krovnim konstrukcijama, zavarivanje folija, podnih obloga itd. [1, 3, 4, 5, 6, 7]

Slika 11 Primjeri automatizacije procesa zavarivanja tvrtke Leister[12]

5. Zaključak

Razvoj polimernih materijala te primjena istih u tehničke svrhe osiguravao je i paralelni razvoj tehnika spajanja kako bi njihova primjena bila što veća, a konstrukcije izvedene od tih materijala zadovoljavale tražene uvjete (prvenstveno mehanička svojstva).

U radu je dan pregled osnovnih tehnika spajanja polimernih materijala uz naglasak na zavarivanje polimera u struji vrućeg zraka te problematiku tog postupka. Ukoliko se postupak izvodi ručno, bez obzira na relativno jeftinu opremu za njegovo izvođenje zaključak je da se radi o procesu koji zahtijeva veliku vještinu operatera uz naglasak na potrebu izvođenja pripreme spoja, a posebno određivanja parametara zavarivanja. Proizvođači uređaja i opreme za zavarivanje kao i literatura daju okvirne vrijednosti tih parametara (temperatura, pritisak, protok, brzina zavarivanja), ali točni parametri često se utvrđuju prema podacima proizvođača materijala elemenata koji se spajaju (i dodatnog materijala) ili eksperimentalno.

6. Literatura

[1] Rogić, A., Čatić, I., Godec, D.: Polimeri i polimerne tvorevine, Društvo za plastiku i gumu, Biblioteka polimerstvo, 2008.
[2] Filetin, T., Kovačiček, F., Indof, J.: Svojstva i primjena materijala, Udžbenici sveučilišta u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2002.
[3] Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu: Zavarivanje plastičnih masa, nastavni materijali -https://www.sfsb.hr/kth/zavar/zavar/plast.pdf
[4] TheBookofPlasticWeldingRepair, A comprehensiveguide to identifying, repairing andrefinishingvirtuallyanyplastic, 9th edition, UrethaneSupply Company
[5] Hot Air WeldingGuide for PlasticRepair, American PlasticWelding Technologies, www.bak-ag-com
[6] Kamweld Technologies Inc.: PlasticWelding, www.kamweld.com
[7] Ilić, V., Antić, M.: Zavarivanje plastičnih masa I dio, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, 3/2007; 111-118
[8] http://www.ritmoamerica.com/category_products.php?id=35, preuzeto 09.07.2015.

[9] http://warringah-plastics.com.au/services/fabrication-assembly/, preuzeto 09.07.2015.
[10] http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/friction-plastic-welding-machine-50792-2388871.jpg, preuzeto 09.07.2015.
[11] https://www.leister.com/en-hr/plastic-welding/products/hot-air-hand tools#!ScrollTo=E13D0D55BDFFED759EF6032FD1FB9CFC-img, preuzeto 09.07.2015.
[12] LeisterPlasticWelding, Brochure, www.leister.com, 2015.
[13] http://www.kingplastic.com/wp-content/gallery/welding/heat-tacking.jpg, preuzeto 09.07.2015.

Mala hidroelektrana (mHE) „Pleternica“
The Small Hydro Power Plant „Pleternica“

Mihael Bošnjak[1], M. Stojkov[2,*], D. Šljivac[3], D. Topić[3], A. Čikić[2], D. Pelin[3]

[1]Elpidio d.o.o. Požega, Hrvatska
[2]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska
[3]Elektrotehnički fakultet u Osijeku, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: mstojkov@sfsb.hr

Sažetak
Rad je vezan za obnovljive izvore energije, točnije za energiju vode koja se sve više koristi kao obnovljivi izvor energije u sustavu proizvodnje električne energije. Najveći dio rada odnosi se na malu hidroelektranu „Pleternica“ koja je prva takva mala hidroelektrana u Hrvatskoj u vlasništvu jednoga grada. Opisan je režim njezinoga rada te su dani podatci o ugrađenim elementima male hidroelektrane kao i podatci o proizvedenoj energiji koja se isporučuje u distribucijski sustav mreže HEP-a.

Ključne riječi: obnovljivi izvori energije, hidroenergija, mala hidroelektrana, proizvodnja električne energije male hidroelektrane

Abstract
This work is related to renewable energy sources, specifically energy of water, which is increasingly used as a renewable energy source. The largest part of the work refers to the small hydro power plant "Pleternica" which is the first such small hydropower plants in Croatia owned by one of the towns. The regime of its work is described and information on the built-in elements of small hydro power plant as well as data on the generated energy which is supplied to the distribution system network HEP are given.

Key words: renewable energy, hydropower, small hydropower plants, electricity generation in small hydropower plants

1. Uvod
Povećanjem životnog standarda dolazi do povećanja potrošnje energije što za posljedicu ima povećanje potrošnje fosilnih goriva, odnosno naftnih derivata, ugljena i prirodnog plina. Samim povećanjem njihovog iskorištavanja povećava se i negativan utjecaj na okoliš, nastaju štetni plinovi te ostale negativne tvari. Osim negativnog utjecaja dolazi i do velikog iskorištavanja fosilnih goriva što bi s vremenom moglo rezultirati i smanjenjem resursa. Smanjenje rezervi fosilnih goriva dovodi do povećanja njihove cijene. Takav način

iskorištavanja energije doveo je do povećanog korištenja obnovljivih izvora energije posljednjih godina.

S financijskog aspekta, trošak proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora još uvijek je veći nego iz fosilnih, nuklearnih goriva ili velikih hidroelektrana. Razlog tome leži u još uvijek nedovljno razvijenim tehnologijama za iskorištavanje obnovljivih izvora energija koje još uvijek imaju relativno visoke troškove. Ipak, zadnjih godina cijena proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije pada te postaje bliža i konkurentnija proizvodnji električne energije iz fosilnih goriva.

U ovom radu poseban naglasak će se dati na proizvodnje električne energije iz malih hidroelektrana, a posebice na rad male hidroelektrane „Pleternica“ instalirane snage 220 kW čija je posebnost da je ona prva takva mala hidroelektrana koja je u vlasništvu jednoga grada.
Kod malih hidroelektrana razlikuje se nekoliko vrsta hidroelektrana, tj. nekoliko tipova, a to su: niskotlačne mHE sa strojarnicom na dnu brane, niskotlačne mHE sa sifonskim odvodom, zatim mHE integrirane unutar kanala za navodnjavanje, te mHE ugrađene u vodoopskrbni sustav, [1].
Za razliku od ostalih obnovljivih izvora energije, izgradnja male hidroelektrane mnogo je složenija iz razloga što su potrebni mnogi drugi dokumenti, dozvole, itd koje primjerice nisu potrebne za sunčane elektrane vjetroelektrane ili elektrane na biomasu. Potrebno je osim osnovnih dozvola ishoditi dozvole i suglasnosti vezane za iskorištavanje vodnih resursa, a to su vodopravne suglasnosti i uvjeti, vodopravna dozvola te koncesija za korištenje voda i javnog vodnog dobra, [2].
Osnovni dijelovi od kojih se sastoje hidroelektrane su: brana ili pregrada, zahvat vode, dovod vode, vodostan ili vodna komora, tlačni cjevovod, vodne turbine, sustav zaštite od hidrauličkog udara, generator, strojarnica, rasklopno postrojenje te odvod vode. Neki od nabrojanih dijelova nisu nužni za rad male hidroelektrane, jer ovise o veličini hidroelektrane, [3].

2. Mala hidroelektrana (mHE) „Pleternica“

Područje zahvata male hidroelektrane „Pleternica“ nalazi se u sklopu građevinskog područja grada Pleternice.

Električna energija proizvedena u mHE Pleternica uglavnom pokriva vlastite potrebe grada Pleternice. Na elektrodistribucijsku mrežu spojena je preko trafostanice KTS 10(20)/0,4 kV Pleternica.
Izgradnja male hidroelektrane „Pleternica“ uklapa se u nacionalni energetski program izgradnje malih hidroelektrana poznat pod nazivom MAHE. Cilj programa je omogućavanje svih uvjeta za povećanu izgradnju malih hidroelektrana u RH. U sklopu navedenog programa, u katastru malih hidroelektrana, lokacija male hidroelektrane „Pleternica“ na rijeci Orljavi ocijenjena je kao lokacija koja je pogodna za izgradnju, [4].

2.1. Turbina

Na temelju pada i postojećeg protoka rijeke Orljave predviđena je DIVE – turbina u potopljenoj izvedbi zajedno s generatorom. DIVE – turbina spada u pretlačne (reakcijske) turbine.

Tehnički podaci ugrađene turbine, [4]:

- proizvođač: FELLA GmbH
- tip agregata: Kaplan TK4-1,3
- regulacija: dvostruka
- 1. regulacija: statorske lopatice
- 2. regulacija: brzina vrtnje
- neto pad: 4,1 m
- maksimalni protok: 7,24 m^3/s
- minimalni protok: 0,1 m^3/s
- maksimalna snaga turbine: 220 kW
- promjer rotora: 1380 mm
- broj lopatica rotora: 4
- nazivni broj okretaja: 250 min^{-1}
- smjer vrtnje: lijevi
- područje broja okretaja: 250 – 595 min^{-1}

U tablici 1 prikazana je ovisnost snage i ukupnog stupnja djelovanja mHE Pleternica o protoku.

Tablica 1. Tablica glavnih tehničkih karakteristika u ovisnosti o protoku, [4]

% maksimalnog protoka	**Ukupni stupanj djelovanja %**	**Električna snaga / kW**
20	44	25
30	58	49
40	65	72
50	72	99
60	79	130
70	81	153
80	82	175
90	80	193
100	79	208

2.2. Generator

Generator koji je ugrađen u malu hidroelektranu „Pleternica“ na rijeci Orljavi je beskontaktni sinkroni generator koji ima u sebi ugrađen uzbudnik i sustav za regulaciju te je samoregulirajući, [4].

Tehnički podaci ugrađenog generatora, [4]:

- nazivna snaga: 220 kVA
- nazivni napon: 400 V

- frekvencija: 50 Hz
- nazivna brzina vrtnje: 250 o/min
- maksimalna brzina vrtnje: 450 o/min
- nazivna struja: 332 A
- masa generatora: 6500 kg
- moment inercije mR^2: 215 kgm^2
- klasa izolacije: F
- X_d: 124 %
- $X_{d'}$: 22 %
- $X_{d''}$ 18%
- X_q: 121 %
- $X_{q''}$: 16 %

U tablici 2 prikazane su pogonske karakteristike generatora mHE Pleternica.

Tablica 2. Tablica karakteristika generatora

Snaga %	**cos φ = 0,9**
100	91,2
75	91,5
50	90,5
25	86,4

Ugrađeni generator opremljen je grijačima 4 x 300 W, 230 V koji služe za sprečavanje kondenzacije te po 6 Pt100 sondi u namotu i 2 Pt100 sonde u ležajevima.

2.3. Difuzor

Difuzor se nalazi na izlazu iz turbine a svrha mu je smanjenje gubitaka na izlazu iz turbine. Sastoji se od:

- konusa: konus je vertikalan, ravan, nalazi se između tlačnog prstena i koljena difuzora, te je izrađen iz nehrđajućeg materijala kvalitete 1.4301
- koljena 90°: izrađenog iz materijala kvalitete St.37 debljine 6 mm
- završnog komada: izrađenog iz istog materijala kao i koljena, točnije kvalitete St.37 debljine 6 m

Dimenzije difuzora, [1]:

- ulaz: Φ 1400 mm
- izlaz: 4740 x 1810 mm
- duljina: 8750 mm
- masa: 4000 kg

2.4. Upravljačka prostorija s električnom opremom

Upravljačka prostorija (kontejner) tlocrtne je veličine 6,10 x 2,4 m, a visine je 6,2 m te je prizemnog tipa. U prostoriji su smješteni električni ormar te hidraulični agregat i radni stol.

Kontejner, koji je opremljen prozorima i vratima koji se otvaraju prema van, postavljen je na ravnu betonsku podlogu čiji je pod 20 cm viši od zaravnatog terena.

2.5. Ostala oprema male hidroelektrane

Ostala oprema male hidroelektrane su hidraulički pogonski agregat koji služi za podešavanje lopatica statora turbine te otvaranje i zatvaranje ulazne zapornice, zatim oprema na ulaznom objektu (gruba i fina rešetka, ulazna zapornica, vodozahvat), upravljačko polje u kojem se nalazi oprema za automatiku, mjerenje, signalizaciju i zaštitu agregata, energetski ormar u kojemu je ugrađena 0,4 kV energetska oprema generatora i priključka na trafostanicu, te energetski ormar +E3 s energetskom opremom i te opremom izmjenične i istosmjerne vlastite potrošnje.

2.6. Priključak na elektroenergetsku mrežu

Hidroelektrana se spaja na obližnju transformatorsku stanicu HEP - Operatora distribucijskog sustava - ELEKTRA POŽEGA KTS Pleternica 14 te proizvedenu energiju predaje u mrežu na nivou niskog napona (0,4 kV). U svrhu spajanja hidroelektrane na transformatorsku stanicu Pleternica 14, glavni razvod unutar te transformatorske stanice proširuje se dodatnim modulom (poljem), kao NB05.

U sklopu posebnog HEP-ovog projekta postojeći energetski transformator 20(10)/0,4 kV zamijenjen je novim, snage 400 kVA, [4].

Podaci ugrađenog transformatora, [4]:

- Snaga (kVA) 400
- Struja (kA na 0,4 kV strani) 0,58
- U_k (%) 3,6
- Gubici praznog hoda (W) 930
- Gubici kratkog spoja (W) 4600
- U_r (%) 1,150
- U_x (%) 3,411
- Induktivni otpor transformatora (Ω) 0,014
- Djelatni otpor transformatora (Ω) 0,005
- Impedancija transformatora ind. (Ω) 0,0136
- Otpor transformatora (Ω) 0,0046

3. Analiza rada mHE „Pleternica“

3.1. Proizvodnja električne energije

Proizvodnja, odnosno snaga uvelike ovisi o prirodnim uvjetima, padalinama, odnosno hidrološkim prilikama. Godišnja proizvedena energija u iznosu od 1,1 GWh i više je nego dovoljna za napajanje javne rasvjete. Kako bi vidjeli koliki je učinak ove elektrane slijedi nekoliko dijagrama snage male hidroelektrane „Pleternica“ u ovisnosti o protoku rijeke Orljave na bazi dnevne, tjedne, mjesečne i godišnje proizvedene snage a koja je izračunata na temelju podataka o protoku rijeke Orljave pomoću izraza:

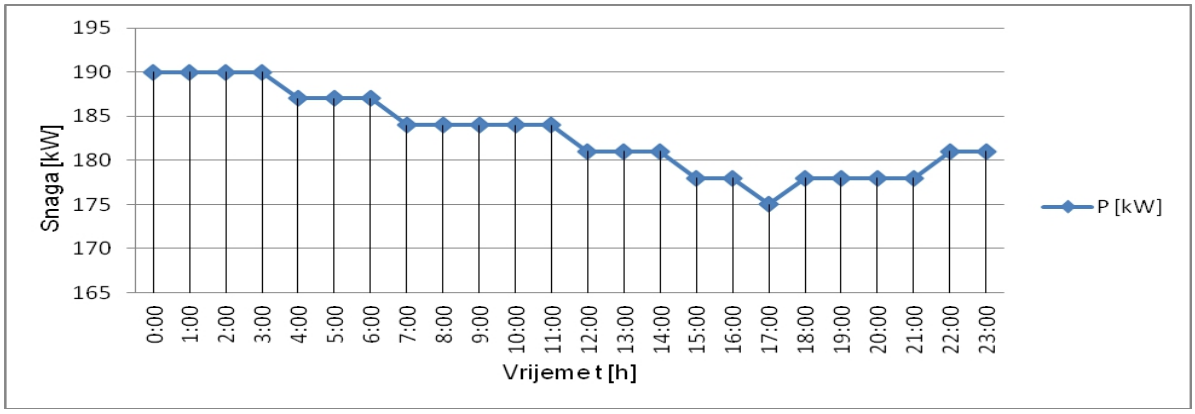
$$P = g \cdot Q \cdot H_n \cdot \eta_{uk} \quad [\text{kW}]$$

Proizvedena električna energija računa se prema sljedećem izrazu:

$$W = 9{,}81\int_0^1 \eta Q h dt \quad \text{[kWh]}, \quad [5]$$

3.2. Dnevni dijagram snage

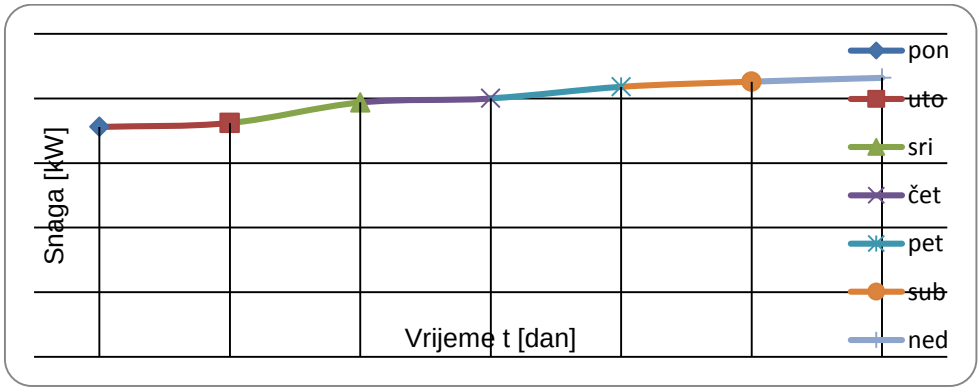
Iz dnevnog dijagrama snage mHE „Pleternica“ može se vidjeti kako promjena vodostaja rijeke Orljave utječe na snagu mHE "Pleternica" na dnevnoj bazi.



Slika 1. Dijagram dnevne proizvodnje mHE „Pleternica“

3.3 Tjedni dijagram snage

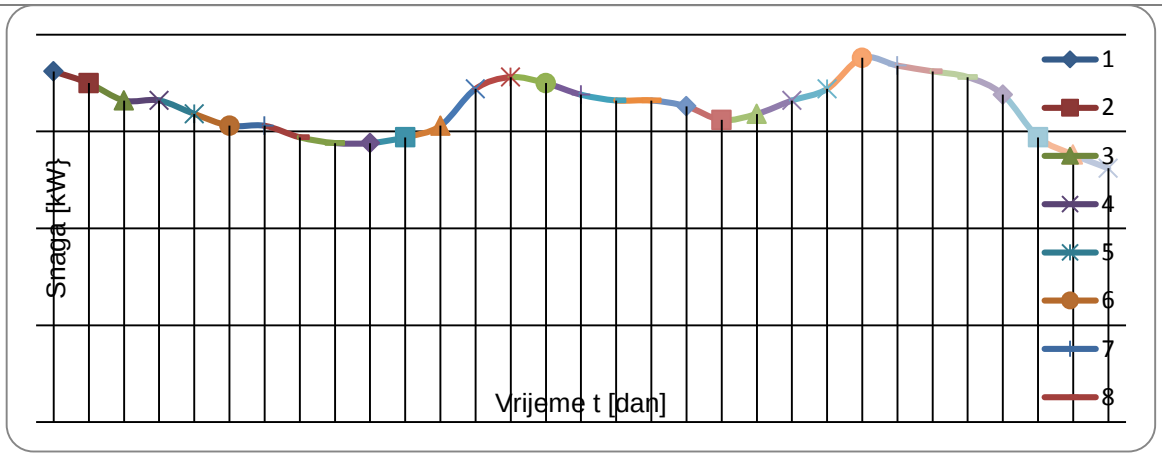
Tjedni dijagram snage mHE „Pleternica“ prikazuje snage kroz tjedan, raspoređenu po danima u tjednu. Krivulja nema velikih oscilacija što podrazumijeva da je tjedan bio miran, bez velikih oborina i ekstremne suše.



Slika 2. Tjedni dijagram snage mHE „Pleternica“

3.4. Mjesečni dijagram snage

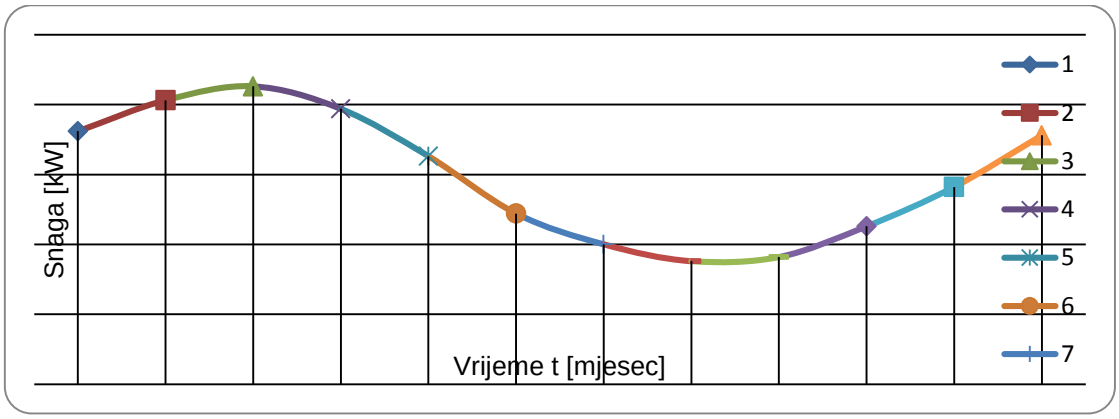
Mjesečni dijagram snage prikazuje oscilacije u proizvodnji kroz cijeli mjesec. Oscilacije u proizvodnji nastaju zbog oborina i sušnih dana.



Slika 3. Dijagram mjesečne proizvodnje mHE „Pleternica“

3.5. Godišnji dijagram snage

Godišnji dijagram snage prikazuje ostvarenu snagu kroz godinu, raspoređenu po mjesecima. Dijagram ujedno pokazuje kakva je godina, sušna ili s velikim oborinama. Konkretno iz dijagrama koji slijedi vidi se da je godina bila sušna, zbog slabe proizvodnje u ljetnim mjesecima uslijed slabog protoka.



Slika 4. Godišnji dijagram snage mHE „Pleternica“

4. Trošak investicije izgradnje mHE „Pleternica“

U nastavku je dan pregled investicija i rashoda.

Investicija:

1.	Preliminarna analiza	8.000,00 kn
2.	Projektna dokumentacija	300.000,00 kn
3.	Strojarska oprema i radovi	1.700.000,00 kn
4.	Elektro oprema i radovi	1.450.000,00 kn
5.	Građevinska oprema i radovi	900.000,00 kn

Ukupno: **4.358.000,00 kn**

Godišnji rashodi:

1.	Trošak radne snage	150.000,00 kn

2. Trošak održavanja opreme 90.000,00 kn
3. Trošak električne energije (vlastiti utrošak) 18.480,00 kn

Ukupno: 258.480,00 kn

Godišnji prihodi:

Godine 2010. poticajna cijena električne energije za male hidroelektrane iznosila je 0,7655 kn/kWh [4], stoga je godišnji prihod iznosio:

0,7655 kn/kWh × 1.100.000 kWh = 842.050 kn

Ekonomski gledano, životni vijek opreme je 30 godina.

Neto uštede:

Neto ušteda = Pg - Rg

Neto ušteda = 842.050 – 258.400

Neto ušteda = 583.650 kn/god

Vrijeme povrata ulaganja = 7,5 god

Vrijeme otplate ulaganja = 8,5 god

Obzirom na godišnje prihode i rashode, vidi se da gotovo 600 tisuća kuna godišnje ostaje u proračunu grada, što dovodi do zaključka da je investicija od gotovo 4,5 milijuna kuna isplativa i opravdana jer kroz otprilike 8,5 godina cjelokupna investicija biti će otplaćena. Ako se uzme u obzir da je ekonomski životni vijek opreme 30 godina, to dovodi do zaključka da bi nakon 8,5 godina odnosno nakon otplate ulaganja, preostalih 21,5 godinu mala hidroelektrana trebala puniti proračun grada s oko 600 tisuća kuna godišnje što je za takav mali grad s relativno malim proračunom vrlo značajan iznos.

5. Zaključak

U posljednjih nekoliko godina, obnovljivi izvori su najbrže rastući izvor proizvodnje energije. U prijašnje vrijeme njihovo korištenje nije bilo preveliko, ali u današnje vrijeme, zbog potrebe za smanjenjem negativnog utjecaja na okoliš i atmosferu (smanjenje CO_2 te ostalih stakleničkih plinova i drugih utjecaja) njihovo se korištenje iz dana u dan povećava.

Jedan od najvećih problema korištenja obnovljivih izvora energije u današnje vrijeme je trošak investicije. Kroz određeni broj godina ta investicija se vrati, što znači da je izgradnja takvog postrojenja opravdana, ali problem je u početnoj investiciji koju za takav elektroenergetski objekt treba izdvojiti. Polako se i ovaj problem rješava uz pomoć raznih fondova koji takove investicije sufinanciraju određenim postotkom, a sve u cilju što veće integracije obnovljivih izvora energije i očuvanja okoliša.

Mala hidroelektrana „Pleternica“ na rijeci Orljavi u Pleternici je prva takva mala hidroelektrana koja je u vlasništvu jednoga grada. Obzirom da je Grad Pleternica ekološki osviješten rad, ovo neće biti i zadnja takva mala hidroelektrana jer je potencijal za izgradnju još takovih objekata značajan, a postoji i interes za iste. Mala hidroelektrana „Pleternica“ izgrađena je za potrebe opskrbe energijom javne rasvjete Grada Pleternice i ostalih 38 pripadajućih naselja. Sva proizvedena električna energija predaje se u distributivnu mrežu.

Jedini problem rada ovakve male hidroelektrane su hidrološke prilike, odnosno nestalan vodostaj i protok. Upravo kod analize rada male hidroelektrane „Pleternica“, vidljivo je da protok i vodostaj imaju jako velik utjecaj jer rijeka Orljava nije velika rijeka. Ipak, unatoč tomu, ova mala hidroelektrana zadovoljava sve tehničke i ekonomske uvjete.

6. Literatura

[1] Tipovi malih hidroelektrana: http://www.izvorienergije.com/energija_vode.html, srpanj 2015.

[2] Šljivac, D.„Elektrane i EES“, poglavlje Hidroelektrane, predavanja, ETF Osijek, 2011.

[3] Rajković, D. „Proizvodnja i pretvorba energije“, predavanja, Rudarsko-geološki-naftni fakultet Zagreb, 2011. godine

[4] Enerkon d.o.o.: Analiza opravdanosti izgradnje mHE Pleternica na rijeci Orljavi, elaborat, Zagreb, listopad 2010.

[5] Šljivac, D., Šimić, Z. "Obnovljivi izvori energije s osvrtom na gospodarenje" Hrvatska komora arhitekata i inženjera u graditeljstvu, Razred inženjera elektrotehnike, Osijek 2008.

Know how rješenja za efikasno iskorištenje obnovljivih izvora energije kroz energetsku efikasnost/učinkovitost

Know how solutions for efficient use of renewable energy through energy efficiency

J. Hrnjica Bajramović[1,*], T. Grizelj[2]

[1]Grizelj d.o.o. Sarajevo, Bosna I Hercegovina
[2]ITG Wärmetechnik GmbH, Wien, Austrija

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: grizelj@grizelj.com

Sažetak

Know how rješenja uvijek pored svoje zanimljivosti nose i niz osobnosti koje značajno doprinose tehničko – tehnološkom razvoju različitih privrednih/gospodarskih grana, ali i napredak znanstveno – istraživačko – razvojnih područja.

Korištenje obnovljivih izvora energije i energetska efikasnost/učinkovitost danas su vrlo atraktivne teme, ali kada je u pitanju njihova primjena na terenu postaju pomalo apstraktne. Zanimljiva Know how rješenja razvijena su u Bosni i Hercegovini s ciljem korištenja obnovljivih izvora energije, koja trebaju doprinjeti privrednom/ gospodarskom razvoju.

U radu će biti prikazana rješenja koja koriste obnovljivi izvor energije kao što je otpad kako bi se energija valorizirala, ili kako bi se dobila nova materija kao novi proizvod ili kako bi se iskoristila otpadna energija, a sve s ciljem povećanja energetske efikasnosti/učinkovitosti.

Know how rješenja izrađena su na način da osiguraju ekološku prihvatljivost, zdravstveno – veterinarsku podobnost, higijensko - sanitarnu ispravnost, energetsku efikasnost i ekonomsku profitabilnost kroz održivi razvoj.

Ključne riječi: Know how, energetska učinkovitost/efikasnost, obnovljivi izvori energije

Abstract

Know-how solutions always next to their interests bear and some characteristics that contribute significantly to the technical - technological development of various business / industries, but also the progress of scientific - research - development areas.

The use of renewable energy and energy efficiency / effectiveness today are very attractive topics, but when it comes to their application in the field become a little bit abstract. An interesting Know-how solutions are developed in Bosnia and Herzegovina with the aim of using renewable energy sources, which should contribute to economic development.

This scientific work will present solutions which using renewable energy source such as waste to energy evaluate, or to obtain new materials as a new product or in order to utilize waste energy, and all with the aim of increasing energy efficiency / effectiveness.

Know-how solutions are made in a way to ensure the environmental acceptability, health - veterinary eligibility, hygienic and sanitary safety, energy efficiency and economic profitability through sustainable development.

Keywords: Know-how, energy efficiency / efficiency, renewable energy sources

1. Uvod

Rapidan razvoj naprednih tehnologija danas je neminovan, i sa sobom nosi pozitivne i negativne osobenosti koje značajno utiču na životni ambijent, u smislu ekonomskog razvoja, ekološke prihvatljivosti i energetske iskoristivosti.
Obnovljivi izvori energije postali su najaktuelnija tema, s ciljem promoviranja korištenja istih u što većem i efikasnijem obliku kako bi se smanjilo korištenje neobnovljivih izvora, i kako bi se uticalo na korištenje resursa na održiv način.
Raznovrsnost obnovljivih izvora energije dopušta i promatranje otpada kao obnovljivog izvora energije, koji se efikasno koristi pomoću novih naprednih tehnologija.
Upravljanje otpadom je pitanje okoliša, ali i privredna/gospodarska aktivnost. Pitanje korektnog i efektnog tretmana otpada, u Bosni i Hercegovini je još uvijek u razmatranju, te u danima donošenja političke ali i javne odluke, dobro volju pokazala je struka i svoj glas dala kroz razvoj Know how tehnologija za termički tretman otpada. Uz poznavanje elementarnih činjenica o samoj strukturi otpada, i mogućnostima novih suvremenih naprednih tehnologija, izrađena su rješenja za module koja dokazuju efikasno korištenje otpada kao materije koja se može promatrati kao resurs.

Razvijene Know how napredne eko tehnologije primjenom znanstveno, istraživačko, razvojnih disciplina, sinergijom znanja, iskustva, tradicije i kvalitete su garancija/jamstvo da produktivne tehnike daju posljednju riječ u termičkom tretmanu "otpada", koje prvenstveno zadovoljavaju smjernice EU Direktive 2009/28/EC koja definira i traži povećanje energetske efikasnosti za 20%, smanjenje štetne emisije za 20% i korištenje obnovljivih izvora energije za 20%, poznate kao i 20-20-20 do 2020 godine.
Upravo navedeno čini osnovu za razvoj Know how rješenja koje su u Bosni i Hercegovini predstavljene kroz program ENERGETIS^{GT}, kao napredne eko tehnologije (Advanced €co Technology) A€T®.
U radu će biti predstavljena osnovna Know how rješenja za iskorištenje otpada kao resursa, koja su izrađena kao izazov obzirom na postavljeni cilj koji se ogleda u maksimalnom iskorištenju otpada.
Rješenja su:
- ETIKI – za termički tretman otpada
- PET TAO – za termički tretman kokošjeg izmeta
- UTS – za tretman dimnih plinova.

Sva rješenja su u skladu i sa odredbama ISO 9001, 14001, 50001, HACCP, Halal.
Navedena Know how rješenja predstavljaju module koji su prilagodljivi različitim uvjetima i potrebama. Također zadovoljavaju i zakonske strateške smjernice koje zahtijevaju mjere za

konačan cilj koji je u biti iskorištenje otpada održivim tehnologijama uz maksimalno smanjenje potreba za odlaganjem/deponiranjem.

2. ETIKI [1]

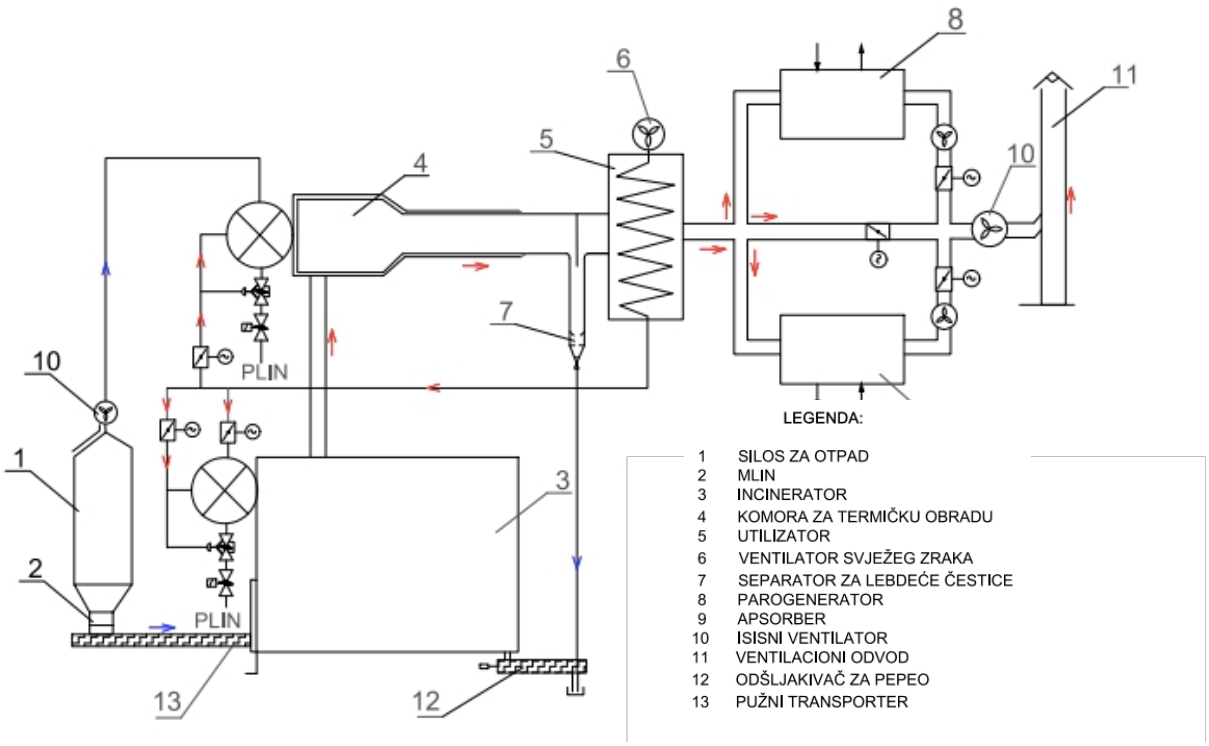
Know how rješenje ETIKI, u nazivu predstavlja Eko Turbo Incineraciju i Ko-Incineraciju, a namjenjeno je za termički tretman otpada, u cilju volumenskog smanjenja primarne materije, te energetske valorizacije.
Postrojenja se projektiraju namjenski prema kvantifikaciji, kvalifikaciji i kategorizaciji materije koja je predviđena za tretman.
U ETIKI postrojenju moguće je efikasno tretirati animalni, medicinski i kompozitni otpad, pa čak i procjedni mulj.
Kompletan proces usklađen je sa BAT – najboljim raspoloživim tehnologijama i BAP – najboljim raspoloživim praksama.

Svi kapaciteti koji se izrađuju baziraju se na termičkom tretmanu čvrste materije, s prosjekom vlage cca 40%.
Radna temperatura u ETIKI rješenju je > 860°C ÷ 1100°C (1250°C), i to u incineratoru, a u ko – incineratoru je > 1100°C ÷ 1400°C (1530°C).

Bitno je navesti i da je odnos regulacije 1 : 5 (npr. 100 kg/h – 500 kg/h ovisno o trenutnim potrebama za energijom i raspoloživom energentu).

Kroz termički tretman otpada novim tehnološkim rješenjima Know How nudi se: termovalorizacija, kogeneracija **CHP,** trigeneracija **CHCP,** poligeneracija sa mikroprocesorskim upravljanjem rada (master, kontroler, monitoring sistem) koji garantira sigurnost i pouzdanost u eksploataciji, a time i emisiju polutanata bez boje, okusa i mirisa čime se štiti zrak, voda, tlo, i hrana kao i korektan nivo buke.

Na slici 1. prikazan je shematski opis ETIKI postrojenja koji se u osnovi sastoji od silosa, mlina, pužnog transportera, incineratora, ko-incineratora, utilizatora, energetskog bloka (ovisi da li će se finalno koristiti toplinska, rashladna ili električna energija), ventilacionog odvoda, kao i od digestora i ventilatora.



Slika 1. Shematski prikaz ETIKI Know how rješenja [1]

Ono što se ističe kod ovog rješenje jeste vrsta materijala koja je predviđena za korištenje prilikom izrade postrojenja, a to je visokolegirani čelik (INOX) koji podnosi visoke temperature bez rizika od deformiranja.

Incinerator namijenjen je za termičku obradu otpada pri temperaturi > 860°C procesom sagorijevanja uz volumensko smanjenje primarne materije do frakcije pepela. Rad incineratora sinhroniziran je sa radom mlina, dozatora frakcije i ko-incineratora. Komora incineratora opremljena je sa plamenikom i automatikom koja upravlja cijelim procesom. Osnovni materijal je INOX u kvaliteti W.Nr. 1.4841 koji spada u grupu vatrootpornih austenitnih čelika, upotrebljava se za zahtjevnije dijelove peći i uređaja (rešetke, ložišta, grijači). Postojani su do temperature 1250°C.

Sprječavanje negativnog uticaja na okolinu osigurano je ugradnjom ko-incineratora, čiji je osnovni zadatak retencija (zadržavanje) svih polutanata koji mogu nastati prilikom tretmana otpada na visokim temperaturama dovoljno dugo da eventualne kontaminacije budu suzbijene. Ko - incinerator namijenjen je za eko termički tretman svih eventualnih polutanata nastalih u komori za incineraciju, radom pri visokoj temperaturi > 1100°C. Konstrukcija ko - incineratora osigurava retenciju veću od propisane 2 sekunde svih polutanata pri navedenoj temperaturi.

Bitna je i ugradnja plamenika kojima se postiže visoka kontrolirana radna temperatura koja je neophodna za tretman (> 850°C), kako bi se osigurala brza i efektna razgradnja tretirane materije do nivoa inertnog pepela, uz sigurnost da će okoliš biti zaštićen od štetnih emisija. Plamenici koji se ugrađuju imaju na sebi rekuperatore, koji osim plin za sagorijevanje, u

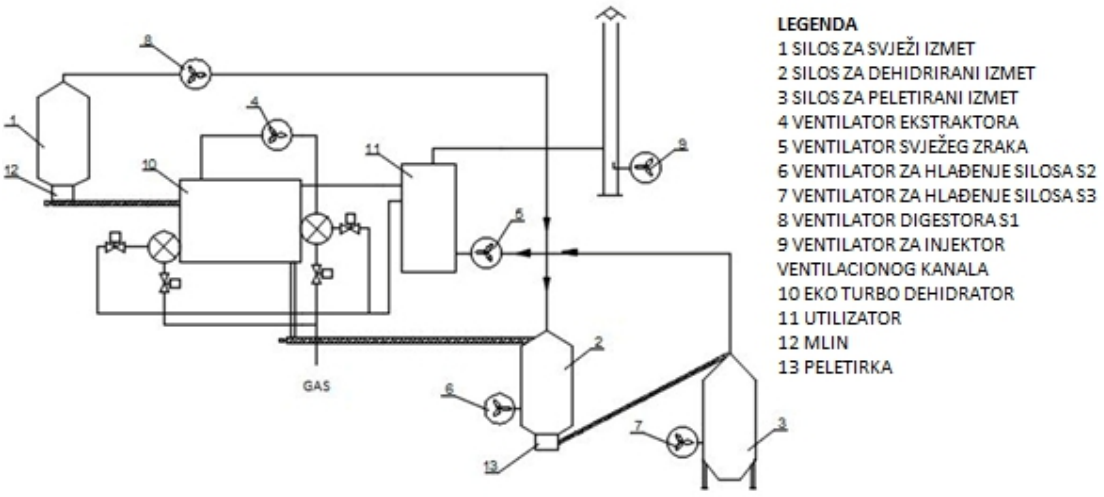
postrojenju iskorištava i dio energije sadržane u dimnim plinovima, čime se postiže energetski efikasniji rad.

Utilizator je vrlo bitan segment ovog tehničko tehnološkog rješenja. Služi kao dio za energetski efikasniji rad postrojenja, jer pomoću njega se koristi otpadna energija iz procesa incineracije i ko – incineracije. Dimni plinovi koji nastaju u procesu incineracije (900°C), usmjeravaju se u utilizator gdje se vrši izmjena sa svježim zrakom (15°C), nakon čega se dobiva vreli zrak (460°C), koji se ponovo koristi na plameniku za incineraciju i ko-incineraciju. Takav način iskorištenja dimnih plinova, ovo tehničko – tehnološko rješenje čini energetski efikasnijim, a zbog principa rada, postrojenje dobiva opis «turbo» efekta. Instaliranjem utilizatora visoke temperature dimnih plinova bivaju efikasno iskorištene, a temperatura dimnih plinova koji se odvode u okolinu se smanjuju na 160°C.

3. PET TAO [1]

Zbrinjavanje animalnog izmeta danas u Bosni i Hercegovini najčešće se odlaže na privatna odlagališta ili se daje besplatno poljoprivrednicima koji ovo gnojivo smatraju vrlo kvalitetnom materijom za hranjivost biljaka uz predtretman.

Svježi kokošji izmet prema veterinarskoj kategorizaciji nusproizvoda životinjskog porijekla koji nisu za ljudsku upotrebu (Norme EU No. 1069/09 i 142/11) spada u drugu kategoriji kao rizičan materijal koji se preporučuje termički tretirati/obraditi kako bi se mogao ekonomski iskoristiti.
Kokošji izmet koji se mora zbrinjavati može biti u kombinaciji sa prostirkom koja se koristi kod tova koka, i najčešće se koristi slama ili piljevina.
PET TAO Know how rješenje projektirano je za tretman kokošjeg izmeta sa ili bez prostirke. Finalni proizvod može se dobiti ili eko đubrivo ili energent. Bitno je naglasiti i da finalni proizvod može biti pelet ili briket.
Na slici 2. Prikazan je shematski opis Know how rješenja za dehidraciju kokošjeg izmeta.



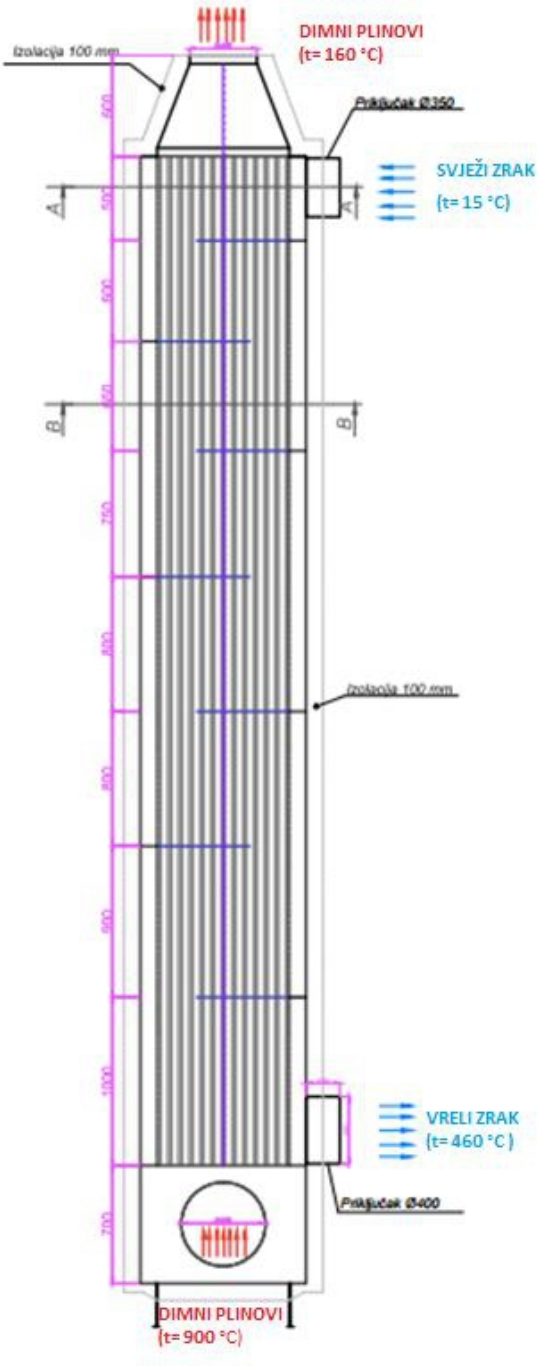
Slika 2. Shematski prikaz PET TAO Know how rješenja [1]

Termički tretman kokošjeg izmeta odvija se pri temperaturi od 90°C gdje se dehidrira, a zatim se temperatura povećava na cca 120°C gdje se vrši sterilizacija. U momentu kada usljedi povećanje temperature postiže se ekstrakcija i metanizacija, odnosno bukvalno ekstrahiranje metana iz tretiranog izmeta. Ekstrahirani metan izuzima se kako bi se koristio tokom samog procesa obogaćen sa zemnim plinom za poboljšanje procesa sterilizacije pri temperaturi od 122°C. Korištenjem metana smanjuje se utrošak primarnog energenta zemnog plina.
Nakon tretmana materija se hladi na temperaturu 25°C i peletira ili briketira. Kako svježi izmet ima prirodno neugodan miris, isti se eliminira u postrojenju u dijelu za ekstrakciju, čime se sprječava širenje u okolinu. Ovo rješenje svježi izmet pretvara u dehidriranu materiju, koja se može briketirati ili peletirati ovisno o potrebama tržišta. Razlika je vidljiva na slici broj 3.

Slika 3. Svježi dehidrirani i peletirani kokošji izmet nakon tretmana u PET TAO modulu Know how rješenja

4. UTS [1]
Know how rješenje – UTS ILI UTILIZATOR TURBO SISTEM iz programa **ENERGETIS^{GT}** u osnovi je izmjenjivač toplote koji na plameniku koristi vreli zrak koji omogućava kroz rekuperaciju i turbo sistem sa pratećom sofisticiranom opremom iskorištavanja otpadnih dimnih plinova iz termoenergetskih i industrijskih postrojenja do 50% te povećaju energetsku efikasnost 20% - 35% postrojenja uz smanjenje utroška primarnog energenta, što je realno značajan benefit.
Cilj instaliranja utilizatora je da se energija ne pušta u okolinu, nego da se ponovno vraća u komoru za incineraciju i ko-incineraciju i koristi.

Dimni plinovi koji nastaju u procesu termičkog tretmana (900°C), u utilizatoru se vrši izmjena sa svježim zrakom (15°C), nakon čega se dobiva vreli zrak (460°C), koji se ponovo koristi na plameniku za incineraciju i ko-inceneraciju. Instaliranjem utilizatora visoke temperature dimnih plinova bivaju efikasno iskorištene, a temperatura dimnih plinova koji se odvode u okolinu se smanjuju na 160°C. Na slici 4. prikazan je shematski opis utilizatora.



Slika 4. Shematski prikaz UTILIZATORA Know how rješenja [1]

Utilizator ima četiri priključka, od kojih su dva za dimne plinove, a dva za svježi zrak/vazduh. Također, posjeduje odgovarajuće svijetle otvore, zavisno od kapaciteta utilizatora.

Na gornjem priključku svježeg zraka/ vazduha utilizatora je instaliran ventilator svježeg zraka/vazduha na antivibracionom bloku. Na gornjem priključku utilizatora dimnih plinova/gasova je instaliran ekshaustor sa aksijalnim kompenzatorom.

5. Zaključak

Know how rješenja osmišljena u Bosni i Hercegovini, smjeli su izazov za tretman različitih vrsta otpadnih materija, na održiv način, koristeći otpad kao obnovljivi izvor energije, na ekološki prihvatljiv, energetski efikasan i ekonomski profitabilan način.
Know how novi proizvodi kroz program **ENERGETIS^{GT}** tehnike zadovoljavaju EU Direktivu 2009/28/EC, poznatu kao 20-20-20 do 2020 god. koja definira i traži povećanje energetske efikasnosti za 20%, smanjenje štetne emisije za 20% i korištenje obnovljivih izvora energije za 20%, na način korektnog korištenja odbačene energije u funkcionalnim i modularnim tehnologijama, kroz reduciranje referentnih veličina emisija u smislu Low NO_X, CO < 100 ppm i CO_2.
Ostvarivanje postavljene misije optimalno je osigurano korištenjem rekuperirane energije u turbo sistemu kroz smanjenje utroška energenta do 30%, a time i emisije stakleničkih plinova uz povećanje energetske efikasnost.
Toplinska energija odbačena iz termoenergetskog procesa smatra se otpadom koji se može racionalno i efektno novim naprednim eko tehnologijama A€T® koristiti kao obnovljivi izvor energije OIE, strateški i racionalno projektiranim modulima.
ETIKI, PET TOM, UTS nazivi su za module Know how rješenja koji oslikavaju modernu, naprednu, superiornu, efikasnu, kreativnu, inovativnu, racionalnu tehnologiju.

6. Literatura

[1] Projektna dokumentacija, 2013 – 2014, firme GRIZELJ d.o.o. Sarajevo

Pravni temelji gospodarenja plinom
Legal foundations of waste gas

S. Franjić[1]

Elektrotehnički fakultet u Osijeku, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska

*Autor za korespodenciju. E-mail: sinisa_franjic@net.hr

Sažetak
Uporaba prirodnog plina u domovima je uistinu raznolika. Koristi se za grijanje prostora, pripremu tople vode i pripremu obroka, a njegova energija se može koristiti i za hlađenje. Energija prirodnog plina može pokretati niz kućanskih aparata u svakodnevnoj uporabi kao što su plinski bojleri, perilice i sušilice rublja, perilice posuđa itd. Prirodni plin se koristi i u gotovo svim industrijskim granama u proizvodnim procesima, ali i kao izvor topline. Kao što je to slučaj sa svim gospodarskim i negospodarskim djelatnostima, tako se i uz plin veže niz zakona i podzakonskih akata koji omogućavaju kvalitetnu uporabu prirodnog plina. Svakako treba istaknuti da je pravna regulativa iz područja gospodarenja plinom usklađena s pravnom stečevinom Europske unije.

Ključne riječi: plin, energija, gospodarstvo, pravna regulativa, Europska unija

Abstract
The use of natural gas in homes is truly diverse. It is used for space heating, hot water and prepare meals and its energy can be used for cooling. Energy natural gas can trigger a range of home appliances in daily use such as gas water heaters, washing machines, dryers, dishwashers, etc. Natural gas is also used in almost every industry in the production processes, but also as a source of heat. As is the case with all economic and non-economic activities, so the gas binds to the number of laws and regulations that allow the use of high-quality natural gas. It should be noted that the current legal framework in line with the acquis communautaire.

Keywords: gas, energy, economy, legal regulations, European union

1. Uvod
Unatoč povećanju energetske učinkovitosti, budući razvoj gospodarstva u Republici Hrvatskoj iziskivat će povećanu potrošnju energije što znači da će se time ostvariti i jedan od osnovnih preduvjeta gospodarskog rasta i razvoja [1]. Ovdje svakako posebno treba istaknuti da je, u tom smislu, osnovna uloga države donošenje, provedba i nadzor energetske politike. Glavni instrumenti provedbe energetske politike su reguliranje

energetskog sektora, donošenje mjera za poticanje energetske učinkovitosti, zaštita potrošača, uključivanje troškova eksternih učinaka u cijenu energije itd.

Republika Hrvatska ima povoljne uvjete za izgradnju podzemnih skladišta plina, podzemnih skladišta CO2, hidroelektrana, vjetroelektrana i drugih obnovljivih izvora energije, terminala za naftu i ukapljeni prirodni plin, termoelektrana na uvozni kameni ugljen, nuklearnih elektrana, odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada i druge energetske objekte [2].

Očekuje se da će glavni izvor opskrbe Republike Hrvatske naftom i prirodnim plinom biti domaća proizvodnja iz preostalih rezervi, Sjeverna Afrika i Srednji istok te Ruska Federacija i Kaspijska regija. Energetski će se razvoj na ovom području temeljiti na razvoju tržišta energije, ali i na geopolitičkom planiranju i pregovaranju o sudjelovanju u strateškim projektima koji Republici Hrvatskoj mogu donijeti povećanu sigurnost opskrbe i gospodarske koristi.

Cijene energenata, općenito, nužno moraju biti u međusobnoj korelaciji, kako bi se mjerama ekonomske politike, upravo preko tih cijena, usmjeravala potrošnja pojedinih energenata, ovisno o ciljevima dane ekonomske politike [1]. Takve promjene mogu izazvati samo glavni svjetski potrošači i/ili glavni svjetski proizvođači energenata.

Može se očekivati blago jačanje cijena prirodnog plina prema cijenama nafte, zbog djelovanja niza faktora na rast potražnje za prirodnim plinom, idućih godina. Uz već izgrađenu transportnu infrastrukturu (plinovode), brojnost potrošača i veličinu potrošnje, daljnjem širenju potrošnje pogodovat će i sve veći zahtjevi za energetskom racionalnošću, učinkovitošću i ekološkom uvjetovanošću.

Poslovanje s krajnjim potrošačima je vrlo složeno i dinamično jer krajnji potrošači često i naglo mijenjaju svoje ukuse i preferencije [3]. To stvara dinamiku i takvu situaciju na tržištu u kojoj su poduzetnički subjekti prisiljeni kontinuirano ispitivati i provjeravati njihove potrebe i želje. Međutim, nije dovoljno samo spoznati potrebe i želje i stvoriti proizvod/uslugu kojom se te potrebe i želje mogu zadovoljiti, već je ključno da se takav proizvod/usluga pojavi prije i da bude kvalitetniji od konkurenata.

No, kako bi se postigao uspjeh na dugoročnoj osnovi, bez obzira posluje li se s potrošačima ili poslovnim kupcima, od izuzetne je važnosti upoznavanje s istima te uspostavljanje takvih odnosa s koji će omogućavati jačanje daljnje suradnje. Upoznavanje s potrošačima i poslovnim kupcima znači upoznavanje s njihovim ponašanjem tijekom kupnje. Zadržati ih na način da ostanu lojalni nije nimalo jednostavno, ali je moguće. Zbog toga je potrebno razvijati partnerske odnose. Suvremeni trendovi u poslovanju svakako će odigrati važnu ulogu u tome, posebno moderna informatička tehnologija, pri čemu će razumijevanje potrošača i poslovnih kupaca biti jedan od glavnih elemenata za ostvarivanje uspjeha na tržištu.

2. Europska strategija energetske sigurnosti

Blagostanje i sigurnost Europske unije ovise o stabilnoj i obilnoj opskrbi energijom [4]. Činjenica da građani u većini država članica nisu morali iskusiti nikakav dulji poremećaj u opskrbi energijom od naftne krize 1970-ih dokaz je uspjeha država članica i EU-a u jamčenju toga. Za većinu je građana energija stalno dostupna, sveprisutna i nenametljiva. To ima velik učinak na čimbenike koji utječu na nacionalne odluke o energetskoj politici, pri čemu sigurnost opskrbe nije jednaka drugim pitanjima.

Neovisno o tome, tijekom zima 2006. i 2009. građani EU-a u nekim istočnim državama članicama bili su snažno pogođeni privremenim poremećajima u opskrbi plinom. To je bio snažan poziv na uzbunu kojim je ukazano na potrebu za zajedničkom europskom energetskom politikom. Od tada je učinjeno mnogo toga na jačanju energetske sigurnosti EU-a u pogledu opskrbe plinom i s ciljem smanjenja broja država članica koje ovise isključivo o jednom opskrbljivaču.

Pitanja energetske sigurnosti često se rješavaju samo na nacionalnoj razini, a da se pritom ne uzima u obzir međusobna ovisnost država članica u cijelosti. Ključ poboljšane energetske sigurnosti leži prije svega u zajedničkom pristupu preko unutarnjeg tržišta koje funkcionira te u većoj suradnji na regionalnim i europskim razinama, posebno u pogledu koordinacije razvoja mreža i otvaranja tržišta, a potom u usklađenijem vanjskom djelovanju.

EU je počeo razvijati politiku za rješavanje pitanja fizičke zaštite kritične infrastrukture (od prijetnji, opasnosti...) koje uključuju energetsku infrastrukturu. Veću pozornost treba posvetiti sigurnosti IT-a. Osim toga, potrebno je pokrenuti širu raspravu o zaštiti strateške energetske infrastrukture kao što su sustavi za prijenos plina i električne energije kojima se svim potrošačima pruža ključna usluga. Tom bi se raspravom trebalo riješiti pitanje kontrole koju nad strateškom infrastrukturom imaju subjekti izvan EU-a, posebno državna poduzeća, nacionalne banke ili državni fondovi iz zemalja ključnih opskrbljivača, čiji je cilj prodor na tržište energije EU-a ili sprječavanje diversifikacije, a ne razvoj mreže i infrastrukture EU-a. Pri svakoj prodaji strateške infrastrukture kupcima izvan EU-a mora biti zajamčeno poštovanje postojećeg zakonodavstva EU-a. Trebalo bi ocijeniti i prednosti sveobuhvatnoga energetskog sustava kojim se uravnotežuje primjereno centralizirana i decentralizirana proizvodnja energije, s ciljem izgradnje sustava koji je gospodarski učinkovit i otporan na prekide u radu pojedinačnih glavnih postrojenja.

3. Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske

Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske (u daljnjem tekstu: Strategija) [5] određuje smjernice za provedbu aktivnosti kojima će se ostvariti održiv, pouzdan i elastičan energetski sustav kroz strateško vodstvo, iskorištavanje tržišta za ostvarenje sigurne i cjenovno prihvatljive opskrbe energijom, obuzdavanje emisija stakleničkih plinova iz energetskog sektora, učinkovitiju uporabu energije te poticanje, razvoj i primjenu okolišno održivih energijskih tehnologija.

Strategijom se postavlja cilj da se električna energija za potrebe grijanja prostora i pripremu potrošne tople vode zamijeni drugim energijskim oblicima: sunčevom energijom, biomasom, prirodnim plinom i ukapljenim naftnim plinom u područjima udaljenim od mreže prirodnog plina. Taj cilj se ne odnosi na uporabu električne energije za grijanje i pripremu potrošne tople vode korištenjem dizalica topline. U prijevozu poticat će se oni oblici koji smanjuju energijsku intenzivnost.

4. Gospodarenje plinom

Energetsko tržište, više od bilo kojega drugoga, ima utjecaj na globalnom planu. Danas se može govoriti o trećem dijelu razdoblja fosilnih goriva u kojem istaknutu ulogu ima plin kao sve češći energent [6]. U suvremenoj globaliziranoj proizvodnji prirodni plin dobiva sve izraženiju geopolitičku ulogu. Na početku 21. stoljeća prirodni plin u Hrvatskoj zauzima oko 25 % ukupne energetske bilance. Potrošnja u proteklih 20 godina bilježi neprekidan rast, s iznimkom ratnih, 1990-ih godina. Plinofikacija, gradnja novih plinskih dobavnih pravaca te liberalizacija plinskog tržišta, uz transparentnu energetsku politiku, trenutačno su iznimno važni elementi za strategiju energetskog razvoja. Razvoj plinskih tržišta utjecat će na globalna kretanja i učešće nafte na tržištu. Međunarodna plinska trgovina stvorit će nove ovisnosti potrošača i proizvođača, uz intenziviranje međunarodne trgovine energijom. Republika Hrvatska mora osigurati dodatne količine i pravce uvoza prirodnog plina, te uključivanje u međunarodnu trgovinu prirodnim plinom.

Prirodni plin dugo je vremena bio element razmjene na lokalnom ili nacionalnom tržištu, no promjene potkraj 20. i početkom 21. stoljeća dovele su ga na međunarodno tržište pa se može govoriti o globalizaciji plinskih tržišta. Ona je započela izgradnjom međunarodnih i transkontinentalnih plinovoda poput onih od Kanade do SAD-a, od Rusije i Norveške do Njemačke i Francuske, od Alžira do Italije i Španjolske, od Argentine do Čilea, od Bolivije do Brazila, pa sve od Turkmenistana do Irana. Planiranje razvoja prirodnog plina, osobito magistralnih pravaca za opskrbu plinom, postaje sve više stvar političkih odnosa, a ne samo gospodarskog razvoja, investicija i tehničkih mogućnosti za transport i održavanje.

Ovisnost Republike Hrvatske o uvozu energije stalno se povećava. Danas Republika Hrvatska uvozi preko 50 % svojih energetskih potreba [7]. U hrvatskoj bilanci potrošnje primarne energije nafta i naftni derivati sudjeluju s oko 50 %, a prirodni plin s oko 25 %. Potrošnja spomenutih energetskih oblika u budućnosti će rasti, dok će domaća proizvodnja nafte i prirodnog plina, zbog iscrpljenja ležišta, opadati. Kako bi na odgovarajući način odgovorila izazovima koji se pred nju stavljaju, Republika Hrvatska pokušava ublažiti svoju uvoznu energetsku ovisnost izgradnjom takve energetske strukture koja će i u neizvjesnim uvjetima pokazivati svoju konkurentnost i jamčiti sigurnost opskrbe. Navedeno se može postići iskorištavanjem vlastitih resursa i potencijala, učinkovitom uporabom energije, raznolikošću korištenih energetskih oblika i tehnologija, raznolikošću dobavnih pravaca i izvora energije te uporabom obnovljivih izvora energije.

Prema Strategiji, konkurentnost hrvatskog energetskog sektora vrednovat će se unutar jedinstvenog europskog tržišta. Konkurentnost hrvatskog energetskog sustava je zadovoljavajuća zbog raznolike energetske strukture proizvodnje električne energije i relativno visokog udjela domaće proizvodnje prirodnog plina. Razvoj tržišta energije, otvorenost zemlje, podjela rizika kod investiranja, razvoj i tehnološki napredak i poticanje veće participacije domaće proizvodnje i usluga kod izgradnje i eksploatacije energetskih objekata, mehanizmi su za zadržavanje, ali i podizanje konkurentnosti energetskog sustava. Unatoč povećanju energetske učinkovitosti gospodarski razvoj Republike Hrvatske traži povećanu potrošnju energije. Povećanje ponude ukupne energije preduvjet je gospodarskog razvoja, ali istodobno i dodatni doprinos rastu gospodarstva.
Prirodni plin sudjeluje u ukupnoj potrošnji energije u Hrvatskoj s oko 25 %, a u neposrednoj potrošnji s oko 16 %. Potrošnja u proteklih dvadeset godina bilježi stalni porast. Zbog opredjeljenja Republike Hrvatske za opskrbu prirodnim plinom kao temeljem energetskog razvoja, Strategijom se predviđa porast potrošnje prirodnog plina u neposrednoj potrošnji po stopi od 4,2 % godišnje do 2020. godine. Razvoj potreba za prirodnim plinom u Republici Hrvatskoj i uključivanje u energetsku infrastrukturu neposrednog i šireg europskog okruženja nalaže osiguranje novih pravaca uvoza prirodnog plina i dovršetak izgradnje hrvatskog transportnog sustava. Republika Hrvatska intenzivno radi na tom pitanju te će se i u budućnosti, ukoliko to bude moguće, uključivati u međunarodne projekte za koje procijeni da su u njezinu gospodarskom interesu.

5. Pravna regulativa

U procesu prilagođavanja zahtjevima Europske unije, Republika Hrvatska morala je uskladiti veliki broj zakona i propisa, kako bi ispunila temeljne zahtjeve za uklanjanje zapreka trgovini i kako bi se omogućilo slobodno kretanje roba i usluga. Pri tome se tehničko usklađivanje i uspostava tehničke infrastrukture (sustava normizacije, mjeriteljstva, ovlašćivanja i ocijene sukladnosti), zbog svog obima i složenosti, smatra jednim od najzahtjevnijih područja usklađivanja. Iako je trgovina, odnosno slobodno kretanje roba i usluga, posebna kategorija nacionalnog gospodarstva, svakako treba istaknuti da su strukovne norme ili pravila struke pri tome nezaobilazan element usklađivanja, koji u skladu sa zakonskom regulativom daju detaljniju tehničku razradu, poglavito u područjima za koje ne postoje usklađene međunarodne ili pak nacionalne norme. U područjima u kojima i postoje ove norme, u zemljama s razvijenom tehničkom kulturom, čak i u tim slučajevima strukovne norme ostaju i dalje nezaobilazni dio tehničke regulative. Republika Hrvatska je u procesu prilagođavanja zahtjevima Europske unije uskladila cijeli niz zakona i ostalih propisa i iz područja gospodarenja plinom.
U suvremenim državama gotovo je nezamisliv život u urbanim, ali i ruralnim područjima bez infrastrukture koja omogućava opskrbu stanovništva i pravnih osoba vodom, električnom energijom, plinom i drugim energentima, telekomunikacijskim, odnosno elektroničkim komunikacijskim uslugama te koja omogućava odvodnju otpadnih i oborinskih voda [8]. Veliki dio te infrastrukture čine tzv. vodovi, tj. tisuće i tisuće kilometara cijevi (cjevovoda, kanalizacije) i kabela, kojima korisnici dobivaju vodu, električnu energiju, plin, elektroničke

komunikacijske usluge, grijanje, odvodnju otpadnih voda i dr., koje se u praksi naziva „linijskom infrastrukturom“. Navedenu infrastrukturu najčešće se stavlja pod poseban pravni režim te se posebnim propisima određuje da je ona značajna za državu, odnosno da je njezina izgradnja i razvoj u općem, javnom ili državnom interesu. U taj interes vrlo često su spojeni interesi obrane i sigurnosti države, zaštite stanovništva i materijalnih dobara od raznih vrsta ugroza, kao i druge najviše vrednote pravnog poretka. Zbog toga se u gradnju i razvoj takve infrastrukture ulažu ogromna fiancijska sredstava i na razini lokalnih zajednica i na razini država, pa čak i međudržavnih ili širih društvenih asocijacija.

U skupinu linijske infrastrukture nad kojom nadležnost, u pravilu, ima država ulaze: elektroenergetska, elektronička komunikacijska i naftovodna infrastruktura u cijelosti; plinovodi od međunarodnog, državnog i međumjesnog značaja (magistralni i regionalni plinovodi) te vrlo rijetko magistralni vodovodi. Infrastrukturni objekti bitni za funkcioniranje manjih životnih sredina, kao što su lokalne i regionalne zajednice, u pravilu su pod nadležnošću lokalnih samouprava i najčešće se za njih upotrebljava zajednički naziv „komunalna infrastruktura“. U tu skupinu ubrajaju se vodovodi, kanalizacija (odvodnja otpadnih i oborinskih voda), toplovodi i dijelovi plinovoda kojima se distribuira plin unutar naseljenih mjesta.

Europska je unija prepoznala važnost kvalitetne pravne regulative područja energetike te je donijela mnogobrojne uredbe i direktive koje normiraju navedenu problematiku [7]. Imajući u vidu štetan utjecaj pojedinih izvora energije na okoliš, Europska se unija, u sve većoj mjeri, opredjeljuje za obnovljive izvore energije, smatrajući ih energentima budućnosti. Međutim, zbog istaknutih prednosti nuklearne energije i prirodnog plina, potonji su i dalje više nego prisutni u energetskoj slici Unije. Štoviše, na njih se ozbiljno računa i u budućnosti, čimem je nametnuta obveza donošenja i primjene odgovarajućih pravnih propisa iz ove domene.

Prirodni plin predstavlja prirodno bogatstvo svake zemlje i za njega se može reći da je dar iz prošlosti za zadovoljavanje današnjih i budućih potreba čovječanstva [9]. Analizirajući plin kao energent svakako se trebaju istaknuti njegove prednosti i nedostaci. Dok, je s jedne strane, prirodni plin zbog velike količine izvora energije (energent visoke čistoće), s druge strane, transport plina, od nalazišta do potrošača, zahtijeva poštivanje odgovarajućih tehnoloških postupaka i pravno-sigurnosnih normi u funkciji sprječavanja ekoloških rizika.

S obzirom da su stručnjaci u industriji, plin proglasili gorivom za 21. stoljeće, za očekivati je da će “borba” za prevlast nad tim strateškim prirodnim energetskim resursom tek započeti. Naime, prema svjetskim planovima potrošnje energije, prirodni plin će u sljedećih četrdesetak godina zauzeti najvažnije mjesto među energentima. Razlozi tome su: pozitivna obilježja prirodnog plina (idealno gorivo velike kalorične moći), otpor javnosti korištenju nuklearne energije, znatno manje onečišćenje okoliša (male emisije štetnih sastojaka pri izgaranju plina) i strateško- politički razlozi.

6. Zaključak

Uporaba prirodnog plina u domaćinstvima i u industriji je raznolika jer energija prirodnog plina uistinu ima široku primjenu. U postupku pridruživanja Europskoj uniji, Republika Hrvatska je morala uskladiti cjelokupno nacionalno zakonodavstvo njezinim zahtjevima, što je i učinjeno. Budući razvoj gospodarstva u Republici Hrvatskoj značit će povećanu

potrošnju energije što znači da će se tako ostvariti i jedan od osnovnih preduvjeta gospodarskog rasta i razvoja. Republika Hrvatska ima povoljne uvjete za izgradnju podzemnih skladišta plina, podzemnih skladišta CO2, hidroelektrana, vjetroelektrana i drugih obnovljivih izvora energije, terminala za naftu i ukapljeni prirodni plin, termoelektrana na uvozni kameni ugljen, nuklearnih elektrana, odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada i druge energetske objekte. Navedene povoljne uvjete treba znati iskoristiti.

7. Literatura

[1] Grubišić, Nikica: Dugoročni izgled cijena nafte i plina // Energija, 58 (2009), br. 1., 14-25 **(rad u časopisu)**
[2] Franjić, Siniša: Gospodarenje plinom i zaštita potrošača u Republici Hrvatskoj // Zbornik Plin 2014., Osijek, 231.-235. **(rad u zborniku)**
[3] Grbac, Bruno; Meler, Marcel: Znanje o potrošačima – Odrednica stvaranja konkurentske prednosti, Zagreb, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, 2007. **(knjiga)**
[4] Europska strategija energetske sigurnosti, www.eur-lex.europa.eu
[5] Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske – NN 130/2009.
[6] Dekanić, Igor; Kolundžić, Stevo; Slipac, Goran: Energetska budućnost Hrvatske i opskrba plinom // Energija, 55 (2006), br. 4., 382-415 **(rad u časopisu)**
[7] Amižić Jelovčić, Petra; Primorac, Željka; Škurla Ivanči: Energetska perspektiva Republike Hrvatske s posebnim osvrtom na zaštitu Jadranskog mora // Zbornik radova Pravnog fakulteta u Splitu, 4/2013., 823.-853. **(rad u zborniku)**
[8] Bajt, Justina: Pravno uređenje linijskih infrastrukturnih građevina // Zbornik radova Pravnog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, 1/2013., 443.-470. **(rad u zborniku)**
[9] Poletan Jugović, Tanja; Nahtigal, Daria: Integracija Republike Hrvatske u svjetske tokove energenata // Pomorstvo, 2/2009., 569.-587. **(rad u časopisu)**

Računalna izrada dijagrama cjevovoda i instrumentacije

Computer drafting of piping and instrumentation diagrams

D. Štrbac[1], T. Galeta[1]

[1]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska

*Autor za korespodenciju. E-mail: tgaleta@sfsb.hr

Sažetak

U radu smo razmotrili mogućnosti računalne izrade dijagrama cjevovoda i instrumentacije pomoću računalnog programa AutoCAD Plant 3D. Obrazložili smo odabir računalnog alata uz usporedbu s drugim dostupnim programima. Potom su analizirani glavni elementi dijagrama i sistematika postavljanja elemenata uz dodatne specifičnosti. Analiza je provedena na primjeru sheme fine armature vrelovodnog kotla. Zaključno su dane određene prednosti i nedostaci programa.

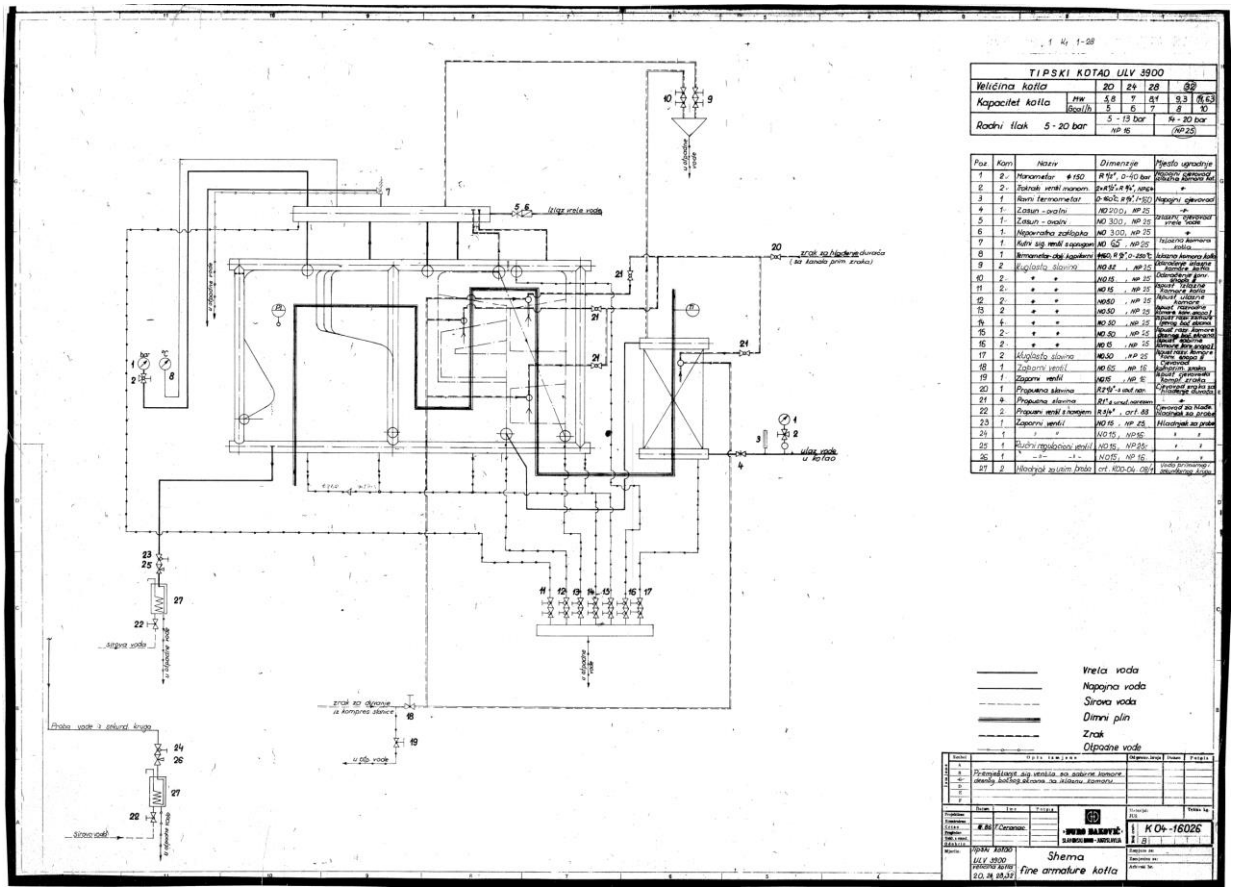
Abstract

In this paper we have discussed the possibilities of computer drafting diagrams of piping and instrumentation by a computer program AutoCAD Plant 3D. We debated for the selection of computer program and compared the selected with other available programs. Then we analyzed the main elements of diagrams and systematics of setting elements with more specifics. The analysis was conducted on the example schemes for fine fittings of a steam boiler. Program advantages and disadvantages are given in conclusion.

Ključne riječi: dijagram cjevovoda i instrumentacije, parni kotao, AutoCAD Plant 3D

1. Uvod

Način rada i funkcionalnost različitih postrojenja moguće je prikazati pomoću funkcijskih dijagrama. Dijagrami mogu biti procesni dijagrami, engl. *Process Flow Diagrams* - PFD i dijagrami cjevovoda i instrumentacije, engl. *Piping & Instrumentation Diagrams* - P&ID. U ovome radu su opisani dijagrami cjevovoda i instrumentacije. Posebnosti i izrada dijagrama cjevovoda i instrumentacije prikazane su na dijelu parnog kotla odnosno crtežu "Shema fine armature kotla" - slika 1, koji je kao primjer ustupila tvrtka Đuro Đaković Termoenergetska Postrojenja d.o.o. Dijagram cjevovoda i instrumentacije crteža je izrađen u programu Autodesk AutoCAD P&ID koji se nalazi u paketu programa Autodesk AutoCAD Plant 3D [1]. Pri tome su prikazana pojedina svojstva i mogućnosti programa.



Slika 1 Shema fine armature kotla

2. Karakteristike P&I dijagrama

P&I dijagram je nacrt koji se koristi u procesnoj industriji, a prikazuje procesne tokove i pripadajuća osjetila, mjerne pretvornike, te izvršne sprave ili aktuatore. Dijagramom cjevovoda i instrumentacije se imenuju sva osjetila, pretvornici i izvršne sprave, ali i dodatna svojstva za njihovo određivanje.

Dijagram cjevovoda i instrumentacije treba sadržavati dovoljno informacija kako bi se mogao pravilno predočiti proces u postrojenju. Zbog toga P&I dijagram može sadržavati:

- Instrumente s oznakom
- Mehaničku opremu s imenima i brojevima
- Sve ventile i njihovu identifikaciju
- Veličine i imena cijevnih linija
- Razne otvore, slivnike, posebnu opremu, linije za prikupljanje uzorka, redukcije i nepovratne klapne
- Stalne, startne i drenažne linije
- Smjerove protoka
- Reference za među-spojeve
- Kontrolne ulazne i izlazne podatke te među-veze

- Oznake promjene klasa
- Razinu kvalitete
- Predviđene ulaze
- Računalni sustav kontrole ulaza
- Podatke o prodavatelju i izvođaču radova, identifikacija komponenti i podsustava dostavljenih od strane drugih proizvođača
- Predviđeni fizički slijed opreme [2]

Primarna svrha dijagrama cjevovoda i instrumentacije je prikazati funkciju i interakciju različite opreme i instrumentacije u procesu, stoga se pomoću P&I dijagrama određene stvari ne prikazuju. P&I dijagram ne prikazuje:

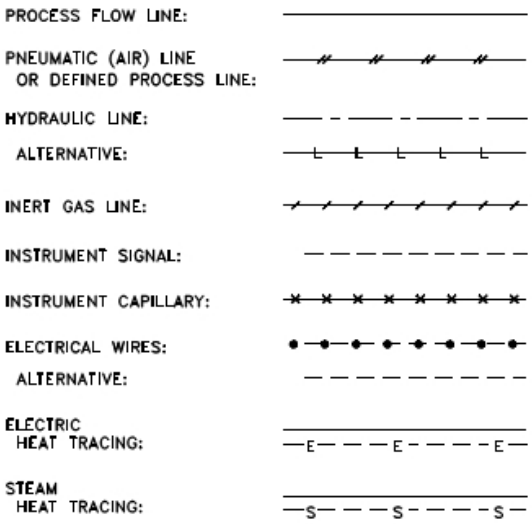
- Razmještaj (udaljenost, smještaj u prostorijama) opreme, instrumenata i cjevovoda u postrojenju
- Dimenzije (visina, širina) opreme, instrumenata i cjevovoda te se stoga na crtežima ne koristi mjerilo
- Nadvišenja i ostale promjene visine, primjerice cjevovod se može nalazit pod stropom, a na crtežu je prikazan u ravnini s pumpom koja je na tlu
- Temperature, tlakove te podatke o strujanju - brzina
- Detaljne analize i opise

Dijagrami cjevovoda i instrumentacije se najčešće sastoje od nekoliko cijevnih linija. Naziv cijevne linije se odnosi na skup komponenti koje se nalaze u cjevovodnom sustavu i služe za prijenos fluida, regulaciju, kontrolu te mjerenje različitih vrijednosti u sustavu. Najčešći elementi cijevne linije su: cijevi; ventili; prirubnice; različiti spojevi cijevi – koljena, t-spojevi, reduciri, križni spojevi i ostali spojevi; instrumenti i oprema

Cijevne linije na P&I dijagramu je potrebno pravilno označiti kako bi se mogle razlikovati na crtežu. Oznaka cijevne linije bi trebala sadržavati podatke o nazivnom promjeru cijevi, području u kojem se cijevna linija nalazi, tipu sustava, specifikaciji cijevi te tipu medija koji se prenosi u cijevnoj liniji. S obzirom na standard i tvrtku koja je razvila dijagram, oznake se razlikuju, ali najčešće sadrže spomenute podatke.

2.1. Simboli procesnih linija

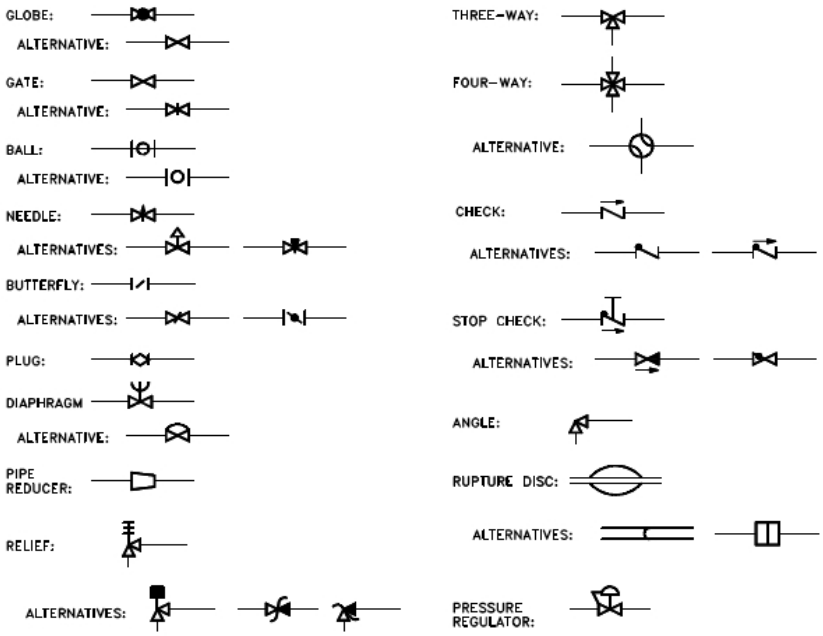
Procesne linije na P&I dijagramima podrazumijevaju cijevne linije te pomoćne linije koje spajaju instrumente, opremu i strojeve. Pomoćne linije mogu biti različiti signali, primjerice pneumatski, hidraulički, električni.
Slika 2 prikazuje neke od simbola linija koje se mogu naći na dijagramima cjevovoda i instrumentacije. Osim procesne linije toka na slici se mogu uočiti pneumatska linija, hidraulična linija (primarna i alternativna verzija), linija inertnog plina, različiti signali, električne žice, električni te parni grijači.



Slika 2 Simboli procesnih linija [3]

2.2. Simboli ventila

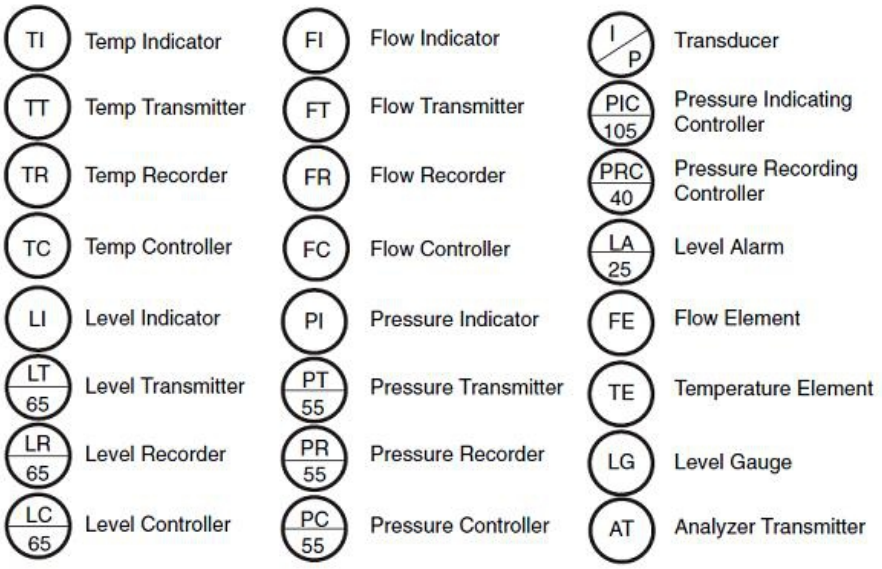
P&I dijagrami mogu prikazivati različite vrste ventila. Slika 3 prikazuje neke od simbola ventila.



Slika 3 Simboli ventila [3]

2.3. Simboli instrumentacije

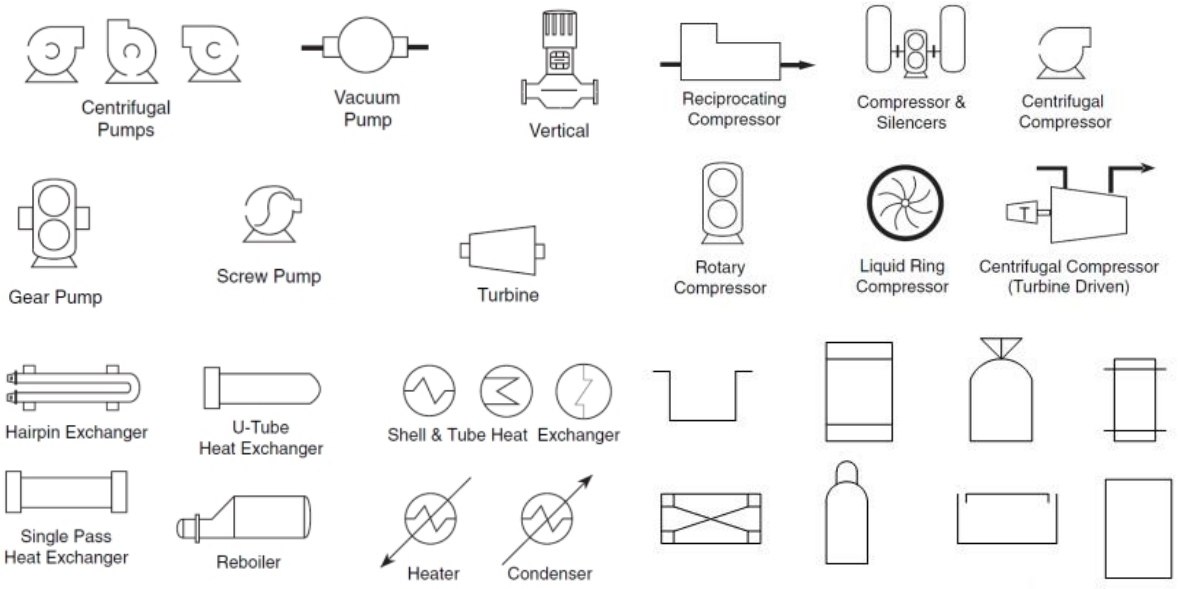
Slika 4 prikazuje neke od osnovnih simbola instrumenata kao što su indikator temperature (TI), indikator razine (IC), prijenosnik signala količine gibanja (FT) i zapisnik (snimač) vrijednosti temperature (FR). Kod ovih simbola prvo slovo predstavlja veličinu koja se mjeri, drugo slovo funkciju instrumenta, a treće vrstu instrumenta. Broj ispod slova predstavlja broj regulacijske petlje.



Slika 4 Simboli instrumenata [4]

2.4. Simboli opreme

Pod opremom se podrazumijevaju različite vrste izmjenjivača topline, pumpi, kompresora, turbina te spremnika i tlačnih posuda. Slika 5 prikazuje simbole opreme.



Slika 5 Simboli opreme [4]

3. Programi za izradu P&I dijagrama

P&I dijagrami mogu biti izrađeni ručno ili pomoću računala. U današnje vrijeme dominantna metoda je računalna izrada dijagrama, dok se ručna izrada tek rijetko koristi. Razlog tome je brža i jednostavnija izrada te jednostavnija komunikacija između tima projektanata koji rade na projektu. Za izradu P&I dijagrama pomoću računala postoji mnoštvo programa, a pregled nekih od njih je prikazan u nastavku, dok je posebno prikazan Autodesk AutoCAD Plant 3D u kojemu je napravljen odabrani dijagram.

3.1 Aveva P&ID [5]

Aveva P&ID je program baziran na AutoCADu koji omogućava izradu inteligentnih P&I dijagrama. Format datoteke koji program koristi je DWG. Program omogućava korisniku umetanje simbola iz biblioteke programa pomoću različitih paleta. Simbole je također moguće umetati iz preglednika ili okvira Symbol Explorer. Simboli su povezani s listom dijelova te ih je na lagan način moguće mijenjati, prebrojavati ili dorađivati.

3.2 Comos [6]

Comos je program za konstruiranje i dizajn energetskih postrojenja izrađen od tvrtke Siemens. Jedan od modula Comosa je i Comos P&ID koji služi za izradu dijagrama cjevovoda i instrumentacije i ima sučelje koje sadrži sve palete i alate potrebne za izradu P&I dijagrama. Comos sadrži biblioteke s predefiniranim simbolima za različite objekte – filteri, oprema za hlađenje, pumpe te ostalo, koji se na crtež umeću pomoću "*drag & drop*" metode – povlačenjem simbola na crtež. Korisniku je također omogućeno stvaranje vlastitih simbola i biblioteka. Objekti su u programu grupirani prema hijerarhiji te su njihovi odnosi automatski povezani.

3.3 SmartPlant® P&ID [7]

SmartPlant® P&ID je dio Intergraph-ovog programskog paketa SmartPlant i služi za izradu P&I dijagrama. Kao i kod prethodna dva programa crteži se izrađuju umetanjem simbola objekata iz biblioteke na crtež "drag&drop" metodom. Objekti su povezani i nakon njihova umetanja program analizira jesu li specifikacije objekta u skladu s projektom. Ukoliko specifikacije objekta nisu u skladu s projektom, program naznačuje da je unos pogrešan.

4. Izrada P&I dijagrama u Autodesk Autocad Plant 3D

Autodesk AutoCAD Plant 3D je program namijenjen oblikovanju energetskih postrojenja. i to: 3D izradi postrojenja; izradi P&I dijagrama; 3D modeliranju; generiranju crteža ortogonalnih projekcija te generiranju izometrika izrađenog postrojenja.

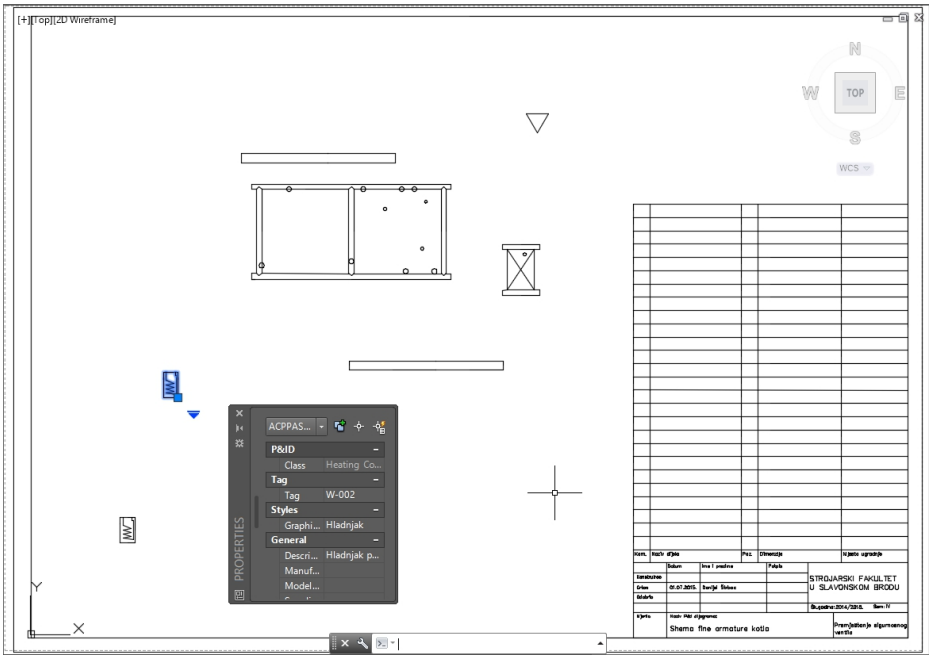
Izrada P&I dijagrama u programu počinje stvaranjem novog projekta. Stvaranje projekta te uređivanje postavki projekta obavljaju administratori. Projekt se najčešće sprema na serveru te se sve promjene vezane za projekt također spremaju na server. Pod uređivanjem postavki smatra se: dodavanje simbola elemenata; postavljanje crteža, sastavnica, tablica, razina i sustava označavanja elemenata. Na projekt se postavlja ograničenje da samo određeni ljudi (ili jedan – administrator) imaju prava izmjene postavki dok ostali mogu samo pristupiti i koristiti zadane postavke. Projekt se također može stvoriti lokalno na vlastitom računalu, ali takav način nije poželjan u tvrtkama.

4.1. Slijed izrade dijagrama

Prilikom izrade, prvo se umeću simboli opreme (pumpi, spremnika, izmjenjivača) zatim slijede shematske linije, validacija, komponente na liniji (ventili), instrumenti, uređivanje dijagrama te označavanju komponenti.

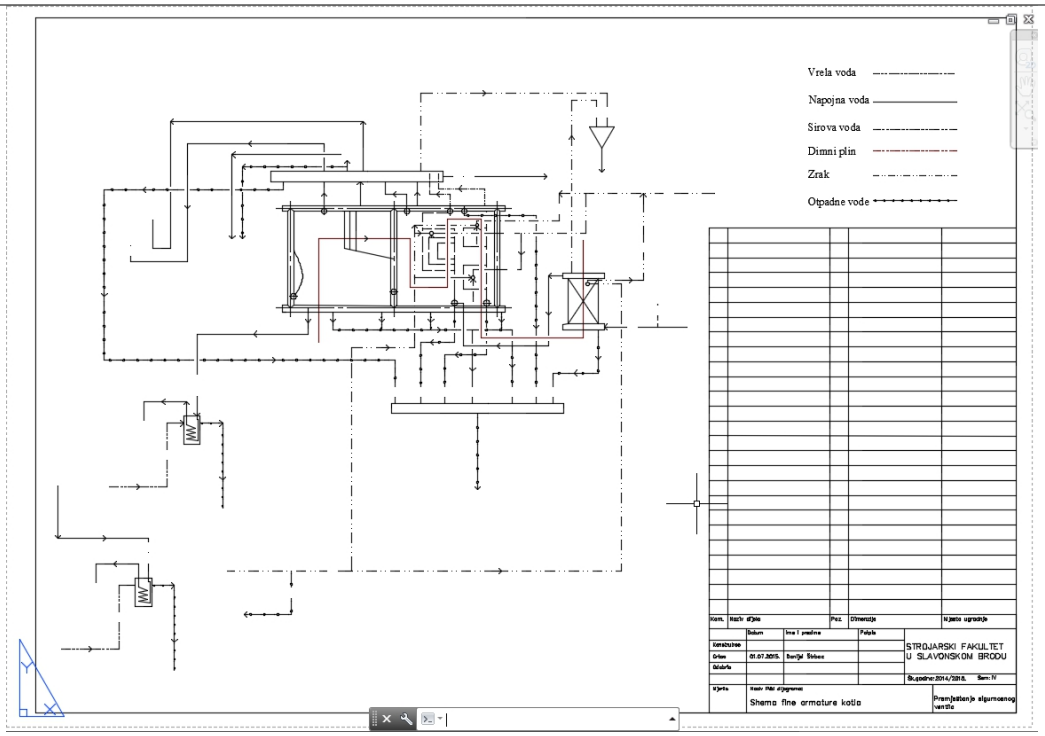
Prvi simboli koji se umeću su simboli opreme te određene komponente koje predstavljaju jezgru postrojenja. Umetanje opreme i komponenti na crtežu "Shema fine armature kotla"

prikazuje slika 6. Od opreme na slici se nalaze dva izmenjivača topline odnosno hladnjaci probe vode – simboli u donjem lijevom kutu. Opremu je moguće zamijeniti pomoću izbornika kojem se pristupa pomoću strelice ispod simbola. Ostale komponente na slici predstavljaju jezgru postrojenja, odnosno razvodne komore (desni i lijevi bočni ekran), sabirne komore, ulazne i izlazne komore. Budući da su te komponente stvorene kao obični AutoCAD blokovi, neće biti vidljive u bazi komponenata ili upravitelju podacima ukoliko ih ne pretvorimo u P&ID objekte.



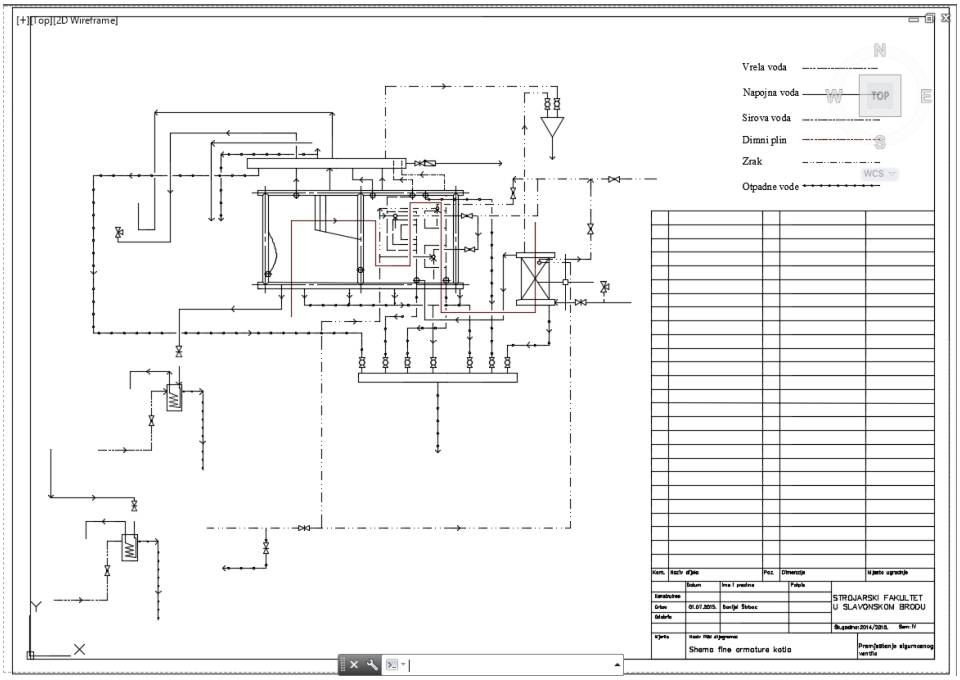
Slika 6 Umetanje simbola opreme i pomoćne konstrukcije

Nakon umetanja opreme i komponenti potrebno ih je spojiti cijevnim linijama. Cijevne linije se spajaju na opremu na priključnim mjestima opreme "Attachment points" ukoliko su definirana u uređivaču bloka "Block Editor". Slika 7 prikazuje cijevne linije dodane na crtež "Shema fine armature kotla". Strelice na cijevnim linijama prikazuju smjer strujanja fluida. Različiti uzorci linija (isprekidana, puna i dr.) mogu se postići stvaranjem novih slojeva (engl. *Layers*) te odabirom linije i promjenom njezinog sloja. Uzorci se također mogu definirati u postavkama projekta, odnosno klasama projekta, što je preporučeni postupak. U klasama projekta se također mogu mijenjati i načini označavanja linija, engl. *Tagging.*



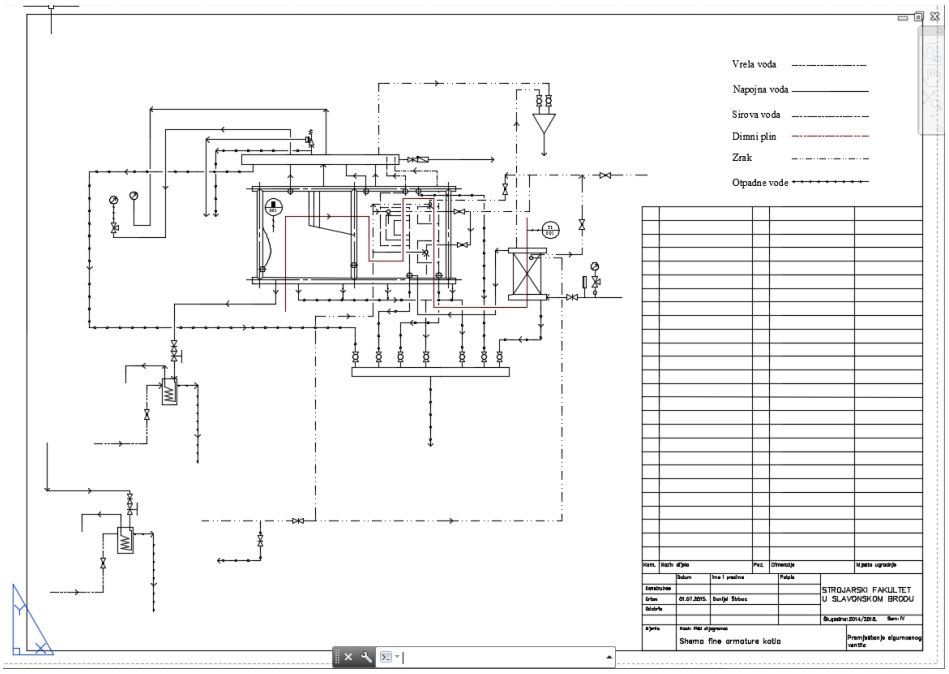
Slika 7 Dodavanje cijevnih linija

Nakon što je oprema spojena cijevnim linijama može se pristupiti dodavanju ventila. Ventili se dodaju odabirom željenog simbola u paleti lijevim klikom te njegovim postavljanjem na crtež. Poravnanje ventila s cijevnom linijom je automatsko, što znači da će se kod vertikalne linije ventil automatski rotirati kako bi bio usklađen sa orijentacijom linije cjevovoda, ali i smjerom strujanja (primjerice u slučaju nepovratna ventila). Slika 8 prikazuje crtež "Shema fine armature kotla" s dodanim ventilima



Slika 8 Dodavanje ventila na crtež

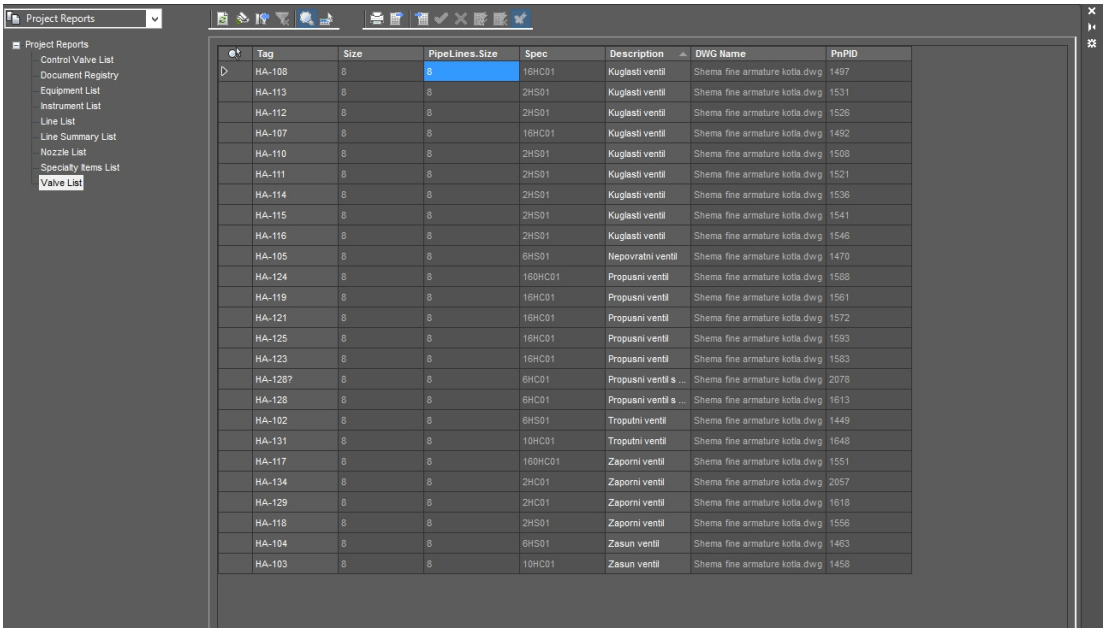
Posljednji se dodaju instrumenti. Obično se dodaju na neku od linija signala – električni signal, pneumatski, hidraulički. Prilikom dodavanja instrumenta potrebno je u dijalogu "Assign Tag" dodijeliti tip instrumenta u padajućem izborniku "Type".



Slika 9 Dodavanje instrumenata na crtež

4.2 Upravitelj podacima i izvješća

Upravitelj podacima prikazuje informacije o linijama cjevovoda i svoj opremi i armaturi ucrtanoj u projekt ili pojedini crtež u projektu te omogućuje jednostavan uvoz i izvoz velikog broja informacija u oznake postojećih stavki.



Tag	Size	PipeLines.Size	Spec	Description	DWG Name	PnPID
HA-108	8	8	16HC01	Kuglasti ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1497
HA-113	8	8	2HS01	Kuglasti ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1531
HA-112	8	8	2HS01	Kuglasti ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1526
HA-107	8	8	16HC01	Kuglasti ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1492
HA-110	8	8	2HS01	Kuglasti ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1508
HA-111	8	8	2HS01	Kuglasti ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1521
HA-114	8	8	2HS01	Kuglasti ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1536
HA-115	8	8	2HS01	Kuglasti ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1541
HA-116	8	8	2HS01	Kuglasti ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1546
HA-105	8	8	6HS01	Nepovratni ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1470
HA-124	8	8	160HC01	Propusni ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1588
HA-119	8	8	16HC01	Propusni ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1561
HA-121	8	8	16HC01	Propusni ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1572
HA-125	8	8	16HC01	Propusni ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1593
HA-123	8	8	16HC01	Propusni ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1583
HA-128?	8	8	6HC01	Propusni ventil s ...	Shema fine armature kotla.dwg	2078
HA-128	8	8	6HC01	Propusni ventil s ...	Shema fine armature kotla.dwg	1613
HA-102	8	8	6HS01	Troputni ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1449
HA-131	8	8	10HC01	Troputni ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1648
HA-117	8	8	160HC01	Zaporni ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1551
HA-134	8	8	2HC01	Zaporni ventil	Shema fine armature kotla.dwg	2057
HA-129	8	8	2HC01	Zaporni ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1618
HA-118	8	8	2HS01	Zaporni ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1556
HA-104	8	8	6HS01	Zasun ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1463
HA-103	8	8	10HC01	Zasun ventil	Shema fine armature kotla.dwg	1458

Slika 10 Izvješće ventila u upravitelju podacima

Slika 10 prikazuje izvješće ventila u upravitelju podacima. U izvješću je određena svojstva moguće sakriti desnim klikom na stupac te odabirom naredbe "Hide". Stupci se također mogu razvrstavati povlačenjem i puštanjem. Iz izvješća ventila vidljivo je da se regulacijski ventili ne nalaze na izvješću ventila već imaju zasebnu kategoriju "Control Valve List" pošto se oni ubrajaju u instrumente. Moguće je i uređivati predefinirana izvješća tako da prikazuju drugačija svojstva ili u različitom redoslijedu. Osim uređivanja postojećih, moguće je i stvarati nova izvješća koja se temelje na standardnim: u izborniku "Reports" naredbom "Create" nakon čega se otvara novi prozor u kojem je potrebno izabrati izvješće na kojem će se novo temeljiti i odabrati "Replace Table". Nakon toga je potrebno izabrati podgrupu čije će se izvješće generirati. Na kraju je potrebno izabrati svojstva koja će biti u izvješću.

5. Zaključak

Kako Autodesk AutoCAD Plant 3D program sadrži klasično sučelje kao i program Autodesk AutoCAD, privikavanje na rad u programu je brzo za korisnike koji se znaju koristiti AutoCADom. Alati su također slični što predstavlja još jednu olakotnu stavku prilikom učenja programa. Izrada dijagrama je olakšana postojanjem velikog broja simbola, iako izazov nastaje ukoliko je potreban novi simbol, jer program nema opciju uvođenja slika kao simbola. Simbol je potrebno nacrtati kao blok unutar programa. Veliku prednost programa predstavlja alat "Data Manager" koji je prilikom izrade dijagrama uvelike olakšao unošenje podataka o elementima koji se nalaze na dijagramu te omogućio vrlo lako generiranje izvješća. Prilikom izrade nije uočen alat za automatsko generiranje tumača simbola odnosno legende, što je znatno usporilo izradu dijagrama, a može biti problem posebno kod većih projekata. Potencijalno vrlo dobra mogućnost programa je validacija 3D prikaza prema P&I dijagramu, što bi kod izrade većih projekata moglo dosta umanjiti mogućnost pogreške. Stoga bi validaciju vrijedilo dodatno proučiti.

6. Literatura

[1] Autodesk Inc., San Rafael, USA: *Autocad Plant 3D.* 2015, URL:http://www.autodesk.com/products/autocad-plant-3d/overview
[2] Jurakić, Bojan: *Oblikovanje cjevovoda naftnog postrojenja.*(diplomski rad), Slavonski Brod, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2010 , str. 80
[3] U.S. Department of Energy Washington: *Engineering symbology, prints, and drawings – Volume 1 of 2.* Washington, US Department of Energy Washington 1993, str. 120
[4] Signali i sistemi – Katedra i Odsek: *Procesni dijagrami.* 2012, URL:http://automatika.etf.bg.ac.rs/images/FAJLOVI_srpski/predmeti/izborni_kursevi_os/upravljanje_procesima/OS4UIP/materijali/procesni_dijagrami.pdf
[5] Aveva Solutions Ltd, Cambridge, United Kingdom: *Aveva P&ID.* 2015, URL:http://www.aveva.com/en/Products_and_Services/Product_Finder.aspx#open:97347D08-014A-4D2E-A444-91B5E02587E3
[6] Siemens, Munich, Germany: *COMOS P&ID.* 2015, URL:http://w3.siemens.com/mcms/plant-engineering-software/en/comos-process/comos-p-and-id/pages/default.aspx
[7] InterGraph, HuntsVile, Alabama, USA: *SmartPlant®P&ID Design Validation.* 2015, URL:http://www.intergraph.com/products/ppm/smartplant/piddv/default.aspx

Korištenje prirodnog plina u Slavoniji i Baranji od 1972. do 2014. godine

Natural Gas Usage in the Slavonia and Baranja since 1972 to 2014th

M. Ivanović [1] Z. Tonković [2]

[1] PANON-institut za strateške studije, Osijek, Hrvatska
[2] HEP-Plin d.o.o., Osijek, Hrvatska

*Autor za korespodenciju. E-mail: panon.institut@gmail.com

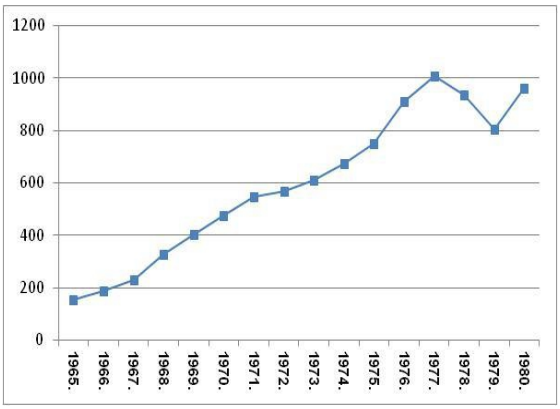
Sažetak
U radu se daje kraći povijesni pregled početka korištenja prirodnog plina u Slavoniji, analizira se izgradnja magistralnih i distibucijskih plinovoda, broj potrošača i potrošnja po distibuterima te potrošnja u pet županija slavonsko-baranjske regije. Ukazuje se na izmjenu strukture potrošnje supstituabilne energije te na povećani udio prirodnog plina u ukupnoj energetskoj potrošnji regije. U zaključku se ukazuje na značaj provedenog pro-cesa plinifikacije regije započetog prije 40 godina.

Abstract
The paper provides a brief historical overview of the beginning of the use of natural gas in Slavonia, analizes construction of main and distribution pipelines, the number of consumers and consumption per distributors of and consumer survey of the five counties of Slavonia and Baranja region. It implies a change of consumption structure substitutional energy and the increased share of natural gas in total energy consumption in the region. The conclusion indicates the importance of the completion of the gasification of the region started 40 years ago.

Ključne riječi: Distribucija plina, Prirodni plin, Magistralni plinovodi, Potrošnja plina, Slavonija i Baranja,

1. Uvod

Prirodni plin se u slavonsko-baranjskoj regiji počeo koristiti nakon otkrića (1968.) naftnog polja Beničanci i (1973.) plinskog polja Bokšić-Lug. [1] [2] Proizvodnja (i korištenje) prirodnog plina u Hrvatskoj u to doba nije bila razvijena – kao što nije bio razvijeni ni sustav magistralnih plinovoda; proizvodnju prirodnog plina u Hrvatskoj tih godina pokazuje slika 1; uočava se značaj prinosa plina sa slavonskih polja od 1972, a posebno od 1975. godine; veza tab. 1.



Slika 1. Proizvodnja prirodnog plina u Hrvatskoj 1965.-1980.($10^6 m^3$); Izvor: [3]

Proizvodnju i potrošnju prirodnog plina u prvim godinama korištenja prirodnog plina (1972.-1980.) na području Slavonije (tada Zajednice općina Osijek) prikazuju podaci u tablici 1;

Tablica 1. Proizvodnja i potrošnja prirodnog plina
na području Zajednice općina Osijek* 1972.-1980. (10^6 m^3)

Godina	Proizvodnja	Potrošnja **	Razlika (predana u sustav)
1972. ***	60,0	0,5	spaljena
1973. ***	57,7	3,4	spaljena
1974. ***	56,5	3,4	spaljena
1975.	175,9	14,0	161,9
1976.	312,4	74,4	236,0
1977.	387,2	82,4	304,8
1978.	358,1	106,4	251,7
1979.	318,5	149,5	169,0
1980.	507,2	152,4	354,8

*/ ZO Osijek (tada bez Virovitičke općine), a danas - područje pet županija istočne Hrvatske
**/ Bez potrošnje INA-Naftaplina za potrebe pridobivanja nafte i plina na poljima Slavonije.
***/ Proizvodnja plina polja Beničanci u razdoblju 1972.-1974. procijenjena je na temelju proizvodnje nafte,.
Izvor:Privredna komora Slavonije i Baranje; prema [4]

2. Procesi plinifikacije Slavonije do 1991. godine

Prvi potrošač prirodnog plina u Slavoniji bila je IGM „Slavonija“ u Našicama, koja od 1972. godine koristi **naftni** (kaptažni) plin s naftnog polja Beničanci. Na ovo je izvorišite koncem 1975. priključen i Kombinat „Belišće“, tako da su, u to vrijeme, proizvodnja i potrošnja plina s ovog izvorišta bili uravnoteženi. Koncem 1975. na **čisti** prirodni plin s plinskog polja Beničanci priključena je ciglana „Graditelj“ Sladojevci (P. Slatina), koja se nalazi pored magistralnog plinovoda Bokšić - Zagreb (Ø 18").

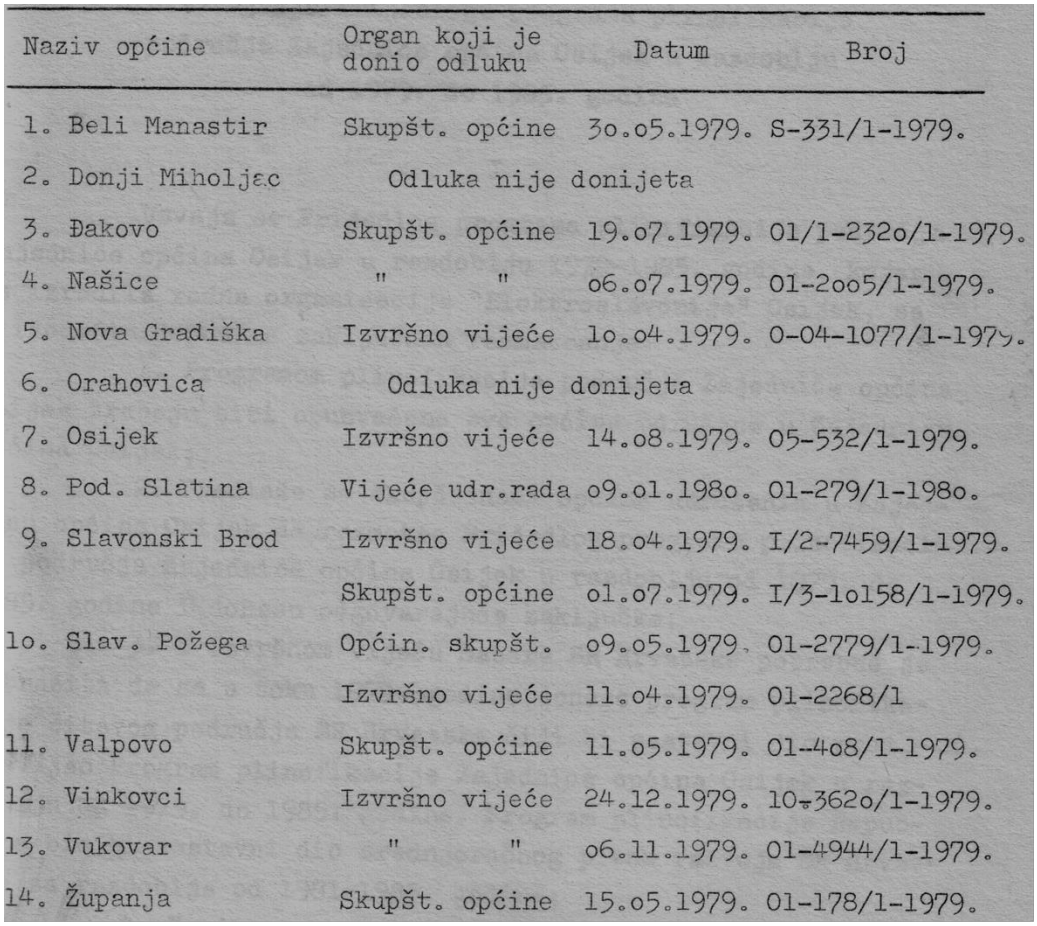
"Elektroslavonija" Osijek se samo nekoliko mjeseci nakon otkrića plinskog polja Bokšić Lug (već 1974. godine) uključila u proces plinofokacije regije i to: a) izgradnjom plinsko-turbinske elektrane u Osijeku (kao velikog potrošača slobodnih količina plina) i b) imenovanjem (po lokalnim vlastima) za nositelja poslova plinofikacije na regionalnoj razini. Po imenovanju za nositelja poslova plinofikacije na području Slavonije i Baranje - u ljeto 1975. g. pri odjelu za razvoj tadašnjeg OOUR-a ˝Elektroslavonije˝ - Termo-elektrana-Toplana“ Osijek, na razvoju su plinofikacije zaposlena tri djelatnika, a kasnije još nekoliko te se formira Odjel za razvoj

plinofikacije koji 1979. g. prerasto u pogon „Distribucija plina“, a 1981. godine u pravni gospodarski subjekt kao osnovna organizacija udružebog rada (OOUR) ˝Elektroslavonije˝. Plinsko-turbinska elektrana u Osijeku troši prirodni plin od veljače 1976. Godine. U ožujku 1977. na plinsku mrežu Osijeka priključeni su: ciglana „Opeka“ i Poljoprivredni institut, a u rujnu plin se počinje koristiti i u stambenim zgradama u Naselju solidarnosti te Sušari sjemenske robe na Zelenom polju i objektima PNZC na Tenjskoj cesti. U Donjem Miholjcu izgrađena je siječnja 1977. godine i puštena u rad ulična plinska mreža (10 km), a u srpnju je pušten u rad plinovod za potrebe DIK-a „Đurđenovac“ te izgrađena prva dionica (3 km) uličnog plinovoda u Našicama. [2] [5]

Veći zamah plinifikaciji naselja u 1978. godini dao je robno-novčani kredit „INA-Naftaplina“ s 12,7 km čeličnih cijevi većih dimenzija po povoljnim cijenama i s rokom otplate 3 godine. To je omogućilo gradnju prvih dionica plinovodne mreže u Podravskoj Slatini, Đurđenovcu i Našicama, te intenzivirao nastavak radova u Osijeku. Zbog sporog proširivanja gradskih plinovodnih mreža bilo je potrebno uvesti namjenski doprinos na prodajnu cijenu plina, koji se, preko posebnog računa, usmjeravao isključivo u daljnju izgradnju mreže. Doprinos iz prodaje plina - u simboličnom iznosu od 4% - koristio se, u osnovi, za izradu projektne dokumentacije. [4]

Stručnjaci "Elektroslavonije" izradili su 1978. godine. "Program plinifikacije područja ZO Osijek u razdoblju 1979.- 1985. godine" kojeg su tijekom 1979. godine usvojile skupštine 14 općina na području regije te Skupština Zajednica općina Osijek.* Ovaj je Program analizirao problematiku uvođenja prirodnoga plina u 25 većih naselja te su utvrđene etape i prioriteti plinofikacije regije. [6] Od tog vremena kontinuirano se proširuju i međusobno nadopunjuju regionalni plinovodi kaptažnog i čistog prirodnoga plina, te postupno uklapaju u jedinstveni plino-opskrbni sustav Hrvatske.

* Autori „Programa plinifikacije“ bili su: diplomirani inženjeri - Jakob Franjić, Ivo Baličević i Mirko Strahinić;



Naziv općine	Organ koji je donio odluku	Datum	Broj
1. Beli Manastir	Skupšt. općine	3o.o5.1979.	S-331/1-1979.
2. Donji Miholjac	Odluka nije donijeta		
3. Đakovo	Skupšt. općine	19.o7.1979.	01/1-232o/1-1979.
4. Našice	" "	o6.o7.1979.	01-2oo5/1-1979.
5. Nova Gradiška	Izvršno vijeće	1o.o4.1979.	0-04-1077/1-1979.
6. Orahovica	Odluka nije donijeta		
7. Osijek	Izvršno vijeće	14.o8.1979.	05-532/1-1979.
8. Pod. Slatina	Vijeće udr.rada	o9.o1.198o.	01-279/1-198o.
9. Slavonski Brod	Izvršno vijeće	18.o4.1979.	I/2-7459/1-1979.
	Skupšt. općine	o1.o7.1979.	I/3-1o158/1-1979.
1o. Slav. Požega	Općin. skupšt.	o9.o5.1979.	01-2779/1-1979.
	Izvršno vijeće	11.o4.1979.	01-2268/1
11. Valpovo	Skupšt. općine	11.o5.1979.	01-4o8/1-1979.
12. Vinkovci	Izvršno vijeće	24.12.1979.	1o-362o/1-1979.
13. Vukovar	" "	o6.11.1979.	01-4944/1-1979.
14. Županja	Skupšt. općine	15.o5.1979.	01-178/1-1979.

Slika 2. Pregled odluka općina o usvajanju „Programa plinifikacije...“ [6]

2.1. Izgradnja magistralnih plinovoda i distribucijske mreže

Magistralne plovode financirala i izgradila „INA-Naftaplin“ (Zagreb). Tijek plinifikacije Slavonije opisuju podaci o: izgradnji plinovodne mreže, broju potrošača te potrošnji pri-rodnog plina na području regije.

Tablica 2. Magistralni plinovodi na području ZO Osijek izgrađeni 1975.-1981.

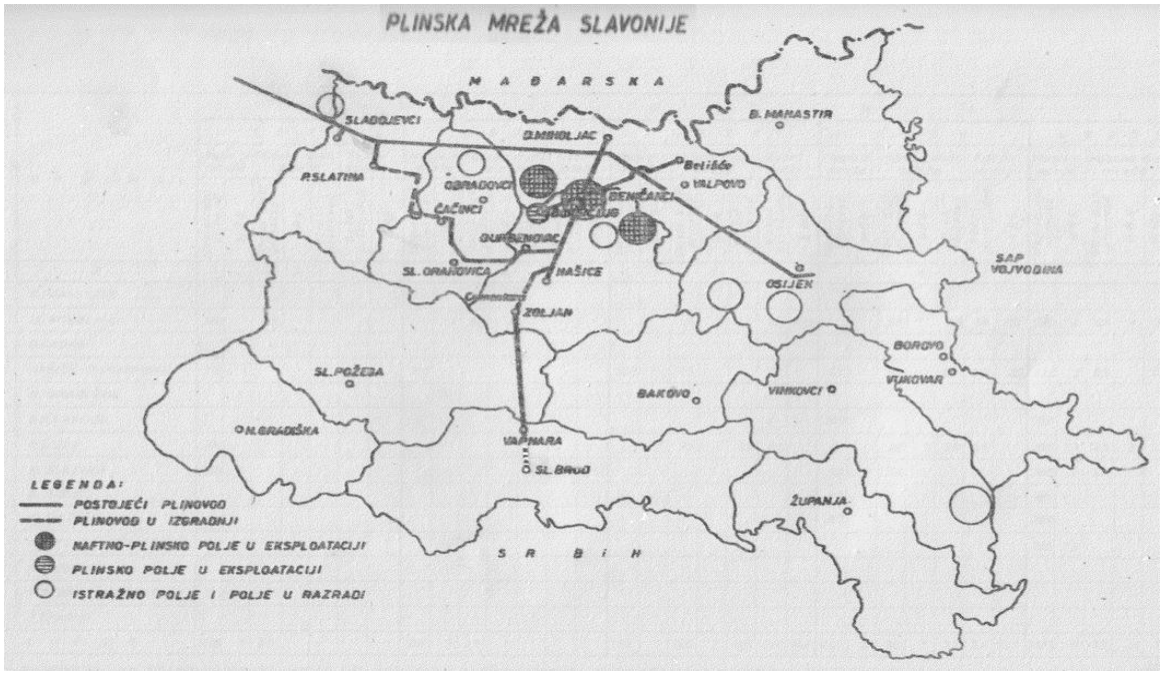
God.dovršenja	Dionica	Duljina (km)	Promjer (rnrn)
1975.	Bokšić-Donji Miholjac	21	356
1975.	Donji Miholjac - Budrovec	95	457
1975.	Donji Miholjac Osijek	52	324
1977.	Beničanci-Belišće	23	324
1977.	Beničanci-Našice	15	168
1979.	Beničanci- Belišće	23	508
1979.	Našice- Podcrkavlje	38	168
1981.	Čaglin-Sl. Požega	28	168
1981.	Podcrkavlje-Slavonski Brod	12	168

Izvor: [7]

- Plinovod Donji Miholjac - Budrovec (i dalje za Zagreb) izgrađen je i pušten u eksploataciju 1975. godine. Na ovaj je plinovod koncem 1975. godine priključen prvi potrošač slobo-

dnog plina IGM „Graditelj“ u Sladojevcima (P. Slatina), a zatim Donji Miholjac (1977.) i Podravska Slatina (1980.).

- Plinovod Donji Miholjac - (Valpovo) - Osijek završen je u listopadu 1975. i napunjen plinom 13.12.1975. godine. Prva plinska baklja u Osijeku zapaljena je na lokaciji Plinsko-turbinske elektrane 19. 12. 1975. a potrošnja plina u PTE počela je 13. 02. 1976. godine.
- Plinovod Donji Miholjac - (Đurđenovac) – Našice završen je 1977. godine, a potrošnja plina počela je u DIK- Đurđenovac 21. 2. 1979. godine.
- Plinovodi do Orahovice i Čačinaca završeni su 1978. godine; plin se u Orahovici odmah počeo koristiti, a sušare žitarica u Čačincima koriste plin tek od 1981. godine.
- Plinovod do Cementare u Zoljanima (Našice) napravljen je 1977. a za potrebe upravne zgrade Cementare pušten je u rad 1979. godine. Produžetak ovog plinovoda od Cementare do Vapnare u Podcrkavlju napravljen je 1979. a pušten u rad 1980. godine.*
- Plinovodi do Slavonske Požege i Kutjeva izgrađeni su 1981. godine,
- Plinovod do SOUR-a „Đuro Đaković“, Sl. Brod, završen je 1981. godine. [1] [2] [4] [5]



Slika 3. Plinska mreža Slavonije 1979. godine [6]

Izgrađena distribucijska mreža na područje regije u razdoblju 1976.-1991. prikazana je tablicama 3 i 4:

* „Izgradnjom plinovoda Našice - Podcrkavlje promjera 6,5/8'' umjesto barem 10'' onemogućen je normalan nastavak plinifikacije regije, odnosno isporuke plina za potrošače u Sl. Brodu i Sl. Požegi.“ [4]

Tablica 3. Distribucijska plinovodna mreža na području Slavonije 1976.-1991. (km)

Rb	Općina	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1983.	1985.	1987.	1989.	1991.
1.	Osijek	-	2,6	7,9	12,2	18	39,8	54,1	65,4	74,1	213	260
2.	Valpovo	-	-	-	-	-	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	6,1
3.	Našice	-	-	2,7	6,6	13,8	16	22,2	27	29,6	39,6	47,2
4.	D. Miholjac	3	3,9	11,2	14,1	16,1	17,9	21,1	22,1	23,5	23,8	24,4
5.	P. Slatina	-	-	-	1,7	1,7	1,7	3,8	5,8	12,7	16,1	26,3
7.	Sl. Požega	-	-	-	-	-	3,5	19	27,3	29,3	38,9	42,2
8.	Sl. Brod	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	2,5	2,5
9.	Vinkovci	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,8	15,8
10.	Orahovica						3,8	12,1	17,2	18,1	19,2	19,5
11.	Ukupno	3	6,5	21,8	34,8	49,6	86,2	136	168	193	372	444

Izvor: [2] [8] [9]

Tablica 4. Mjerno-redukcijske stanice na području Slavonije 1976.-1991. (kom)

	Općina	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1983.	1985.	1987.	1989.	1991.
1.	Osijek	-	1	2	5	6	12	14	22	25	31	35
2.	Valpovo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
3.	D. Miholjac	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4.	SL. Požega	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
5.	Ukupno		2	3	6	7	13	15	23	26	32	38

Izvor: [2] [8] [9]

2.2. Razvoj potrošnje prirodnog plina

Broj potrošača prirodnog plina u Slavoniji u razdoblju 1976.-1991. prikazan je slikom 5 i tablicom 5; uočava se eksponencijalni rast broja potrošača kod industrijskih i komunalnih organizacija (uslužni i javni sektor) te kućanstava. Priključivanje novih potrošača ovisilo je prvenstveno o količinama raspoloživog prirodnog plina, zatim o povezanosti lokalnog konzuma s magistralnom mrežom, a potom s veličinom konzuma i izgrađenosti lokalne distribucijske mreže - koja se lokalno financirala.

Raspoložive količine prirodnog plina nisu bile u to vrijeme dostatne da se „Program plinifikacije Slavonije i Baranje“ realizira planiranom dinamikom i kapacitetima; naime – pridobiveni prirodni plin u Slavoniji je - zbog nedovoljnog plinskog konzuma i distribucijskih plinovoda (1977. potrošnja plina je iznosila cca 90 mil. m^3)* usmjeren prema postojećim velikim potrošačima u drugim dijelovima Hrvatske (Zagreb i okolica). Od ukupno 14 općina Istočne Hrvatske u 1991. godini plin se koristi na području 9 općina, a neplinificirane općine su: Beli Manastir, Đakovo, Nova Gradiška, Vukovar i Županja. No, u tom razdoblju se intenzivno radilo na pripremnim radovima za dovođenje plina na njihova područja; za općinu Nova Gradiška snimljen je potencijalni plinski konzum, a za općine Beli. Manastir, Đakovo i Županja napravljena su idejna rješenja priključenja na plinski sustav i raspleta plinovodne mreže u općinskim centrima s pripadajućim troškovnicima, dok je za Vukovar bio već izrađen i izvedbeni projekt glavnog distribucijskog plinovoda. [2] [9] [10] [11]

* 21 mil. m^3 = distributivni potrošači „Elektroslavonije“ + cca 60 mil. m^3 = direktni potrošači „INA Naftaplina“ (Ciglane u Našicama i P.Slatini, Cementara Našice i Kombinat Belišće,

Privođenje eksploataciji naftno-plinskih polja: Ilača, Đeletovci i Privlaka omogućilo je tijekom 1984. godine nastavak izgradnje plinske mreže. Desetak milijuna m^3 kaptažnog plina s ovih polja trošila je (od 1986.) u Vinkovcima industrija građevinskog materijala „Dilj“ i PIK Vinkovci (od 1987.).

Tablica 5. Broj potrošača prirodnog plina u Slavoniji od 1976. do 1991. godine

Rb	Općina	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1983.	1985.	1987.	1989.	1991.
1.	**Osijek** (uk.)	**2**	**243**	**551**	**812**	**1.256**	**1.560**	**2.777**	**3.426**	**4.286**	**10.139**	**13.167**
a	Velepotrošači	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
b	Ind.kom.potr.	-	1	5	12	14	24	50	91	110	140	207
c	Kućanstva	-	240	544	798	1.240	1.534	2.725	3.333	4.174	9.996	12.977
2.	**Našice**	**-**	**-**	**38**	**145**	**265**	**416**	**768**	**921**	**1123**	**1.462**	**1.997**
b	Ind.kom.potr.	-	-	8	18	30	51	97	117	130	153	174
c	Kućanstva	-	-	30	127	235	365	671	804	993	1.309	1.823
3.	**Valpovo**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**4**	**59**
b	Ind.kom.potr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	10
c	Kućanstva	-	-	-	-	-	-	-	-	-		49
4.	**D. Miholjac**	**-**	**143**	**223**	**423**	**659**	**826**	**1.053**	**1.174**	**1301**	**1.446**	**1.682**
b	Ind.kom.potr.	-	13	23	31	48	65	84	96	104	116	128
c	Kućanstva	-	130	200	392	611	761	969	1.078	1.197	1.320	1.554
5.	**P. Slatina**	**-**	**-**	**-**	**-**	**6**	**17**	**143**	**230**	**372**	**672**	**1.085**
b	Ind.kom.potr.	-	-	-	-	5	16	45	66	81	102	141
c	Kućanstva	-	-	-	-	1	1	98	164	291	570	944
6.	**Sl. Požega**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**1**	**75**	**246**	**512**	**863**	**1.122**
b	Ind.kom.potr.	-	-	-	-	-	1	17	54	71	91	119
c	Kućanstva	-	-	-	-	-	-	58	192	441	772	1.003
7.	**Sl. Brod**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**4**	**4**	**4**	**5**
b	Ind.kom.potr.	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	5
c	Kućanstva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.	**Vinkovci**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**2**	**6**
b	Ind.kom.potr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	6
c	Kućanstva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.	**Orahovica**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**398**	**567**	**671**	**774**	**881**	**970**
b	Ind.kom.potr.	-	-	-	-	-	48	61	67	76	79	101
c	Kućanstva	-	-	-	-	-	350	496	604	698	782	869
10.	**Ukupno**	**2**	**386**	**812**	**1.380**	**2.186**	**3.218**	**5.383**	**6.672**	**8.372**	**15.473**	**20.093**
a	Velepotrošači	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
b	Ind.kom.potr.	0	14	36	61	97	205	354	495	576	691	891
c	Kućanstva	0	370	774	1.317	2.087	3.011	5.017	6.175	7.794	14.749	19.219

Izvor: [2] [4] [9]

Kretanje potrošnje prirodnog plina u Slavoniji u razdoblju 1976.-1991. prikazano je slikom 4 i tablicom 6;

Tablica 6. Potrošnja prirodnog plina u Slavoniji preko „Elektroslavonije“ 1976.-1991. *(**10³ m³**)*

Rb	Općina	1976.	1977.	1978.	1979.	1981.	1983.	1985.	1987.	1989.	1991.
1.	**Osijek** (uk)	**17.236**	**20.114**	**40.624**	**77.874**	**55.062**	**60.104**	**48.765**	**63.463**	**81.588**	**83.927**
a	PTE	17236	17.243	31.793	55.854	25.240	21.281	10.458	11.399	30.213	33.106
b	Ind.kom.potr.	-	2.790	8.474	21.309	27.914	34.853	32.379	45.715	38.312	31.087
c	Kućanstva	-	81	357	711	1908	3970	5.928	6349	13063	19734
2.	**Našice**	**-**	**-**	**185**	**2.189**	**5.034**	**5.270**	**5.977**	**6.121**	**6.078**	**7.704**
b	Ind.kom.potr.	-	-	168	2.053	4.442	4.162	4.516	4.634	4.367	5.188
c	Kućanstva	-	-	17	136	592	1.108	1.461	1.487	1.711	2.516
3.	**Valpovo**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**47**	**50**	**744**	**2.716**
b	Ind.kom.potr.	-	-	-	-	-	-	47	50	744	2.667
c	Kućanstva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49
4.	**D. Miholjac**	**-**	**853**	**1.692**	**2.049**	**3.582**	**4.092**	**6.348**	**5.952**	**5.609**	**6.710**
b	Ind.+_kom.pot.	-	747	1.340	1.434	2.396	2.514	4.419	4.025	3.678	4.353
c	domaćinstva	-	106	352	615	1.186	1.578	1.929	1.927	1.931	2.357
5.	**P. Slatina**	**-**	**-**	**-**	**-**	**1.137**	**3.638**	**4.613**	**5.349**	**6.697**	**8.641**
b	Ind.kom.potr.	-	-	-	-	1.131	3.462	4.328	4.913	5.988	7.446
c	Kućanstva	-	-	-	-	6	176	285	436	709	1.195
6.	**Sl. Požega**	**-**	**-**	**-**	**-**	**54**	**5.301**	**9.013**	**13.083**	**14.238**	**14.947**
b	Ind.kom.potr.	-	-	-	-	54	5.211	8.594	12.170	12.675	12.836
c	Kućanstva	-	-	-	-	-	90	419	913	1.563	2.111
7.	**Sl. Brod**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**12.906**	**14.132**	**11.530**
b	Ind.kom.potr.	-	-	-	-	-	-	-	12.906	14.132	11.530
c	Kućanstva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.	**Vinkovci**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**			**424**
b	Ind.kom.potr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	424
c	Kućanstva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.	**Orahovica**	**-**	**-**	**-**	**-**	**8852**	**10317**	**11372**	**10444**	**12517**	**10603**
b	Ind.kom.potr.	-	-	-	-	8290	9609	10554	9584	11611	9384
c	Kućanstva	-	-	-	-	562	708	818	860	906	1219
10.	**Ukupno**	**17.236**	**20.967**	**42.501**	**82.112**	**73.721**	**88.722**	**86.135**	**117.368**	**141.603**	**147.202**
a	PTE	17.236	17.243	31.793	55.854	25.240	21.281	10.458	11.399	30.213	33.106
b	Ind.kom.potr.	-	3.537	9.982	24.796	44.227	59.811	64.837	93.997	91.507	84.915
c	Kućanstva	-	187	726	1462	4254	7630	10.840	11.972	19.883	29.181

Izvor: [2] [4] [9]

Osim potrošnje prirodnog plina u Slavoniji preko distributera „Elektroslavonija“ prirodni (slobodni i kaptažni) plin koristili su i tzv. direktni potrošači: radi se o velikim industrij-skim kapacitetima kojima je plin isporučivao „INA - Naftaplin“ *[*/]* – slika 4 i tablice 7 i 8;

[/]* Direktni potrošači prirodnog plina tada su bili: Kombinat Belišće, Cementara Našice, „Dilj“ Vinkovci, IGM „Slavonija“ - Našice, „Graditelj“ - P. Slatina, „Radnik“ - Donji Miholjac, PIK „Đuro Salaj“ - Valpovo, SOUR „Đu-ro Đaković - Slavonski Brod, „Domin“ - Sl. Brod i PIK Vinkovci;

Tablica 7. Potrošnja prirodnog plina (s plinskih polja) u Slavoniji 1981.-1991.preko „INA-naftaplina“ (10^6 m^3)

Poduzeće	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.	1986.	1987.	1988.	1989.	1990.	1991.
Cementara Našice	0	0	0	0	0	0	0	0	12,6	32,6	31,2	47,8	50,5	35,7	48,9	45,8	45,5	41,3	36,8	27,3
„Slavonija“ Našice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,8	6,7	6,7	6,6	5,8	6,4	7,8	8,6	8,4	7,0	6,1
„Graditelj“ P. Slatina	0	0	0	0	0	0	5,0	5,3	4,9	5,3	4,4	4,4	4,9	4,6	5,5	5,6	5,6	6,0	4,3	4,0
Domin Sl. Brod [1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,4	4,3	3,2	1,1	2,5	**4,2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Đ. Đaković Sl Brod [1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	4,9	7,7	**7.4**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Kombinat Belišće 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,9	9,6	13,0	0
„Đ. Salaj“ Valpovo 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,2	0	0
„Radnik“ D. Miholjac	0	0	0	0	0	0	1,4	1,4	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,5	1,2	0
Ukupno	0	0	0	0	0	0	**6,4**	**6,7**	**18,9**	**45,1**	**46,6**	**64,6**	**68,0**	**56,3**	**72,3**	**59,1**	**75,8**	**65,9**	**62,4**	**37,3**

Izvor: [2][4] [8

1/ Od 01.01.1987. godine distribuciju plina RO »Dominu« i RO »Đ Đakovic« preuzela je tada osnovana RO »Toplana« Slav. Brod

2/ Od 01.01.1991. godine ne vodi se odvojeno prodaja čistog prirodnog plina od prodaje kaptažnog plina.

3/ Od 01.11.1989, godine distribuciju plina PPK-u »Đ. Sala|« Valpovo preuzela je »Elektroslavonija« Osijek.

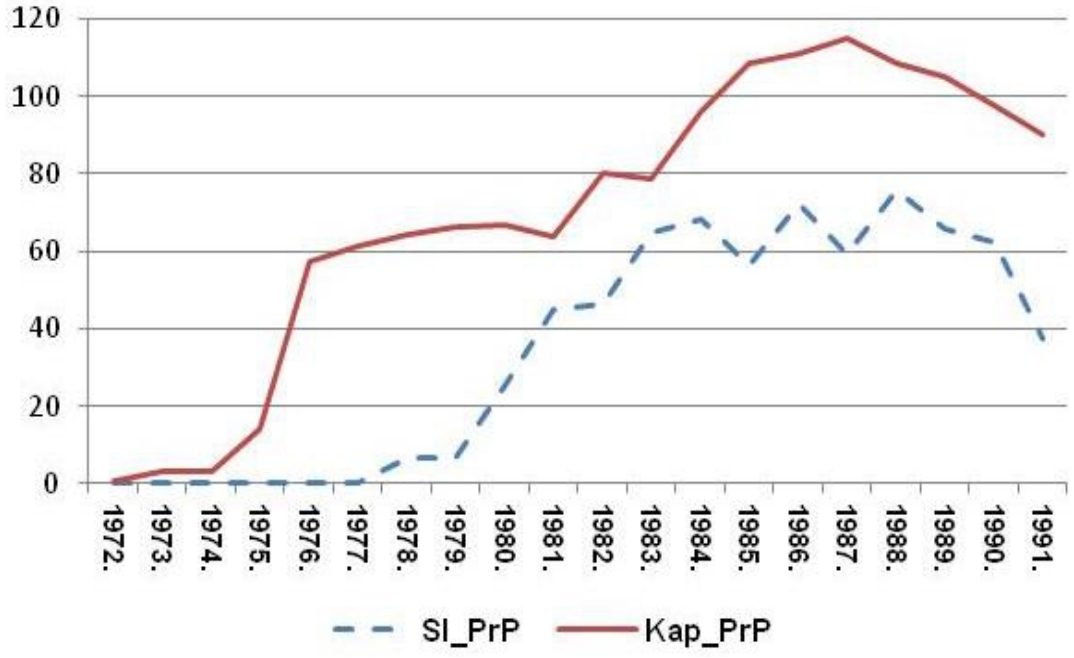
Tablica 8. Potrošnja prirodnog plina (s naftnih polja) u Slavoniji 1972.-1991.preko „INA-naftaplina“ (10^6 m^3)

Poduzeće	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.	1986.	1987.	1988.	1989.	1990.	1991.
„Slavonija“ Našice	0,5	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	2,0	2,8	3,0	3,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kombinat Belišće	0	0	0	10,6	52,0	52,0	52,5	54,8	62,0	62,4	77,8	75,2	89,8	100,8	95,6	92,9	85,1	78,2	74,9	72,9
„Đ. Salaj“ Valpovo [1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	2,6	2,7	3,7	3,1	2,8	2,6	2,2	**1,7**	**0**	**0**
„Radnik“ D. Miholjac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	2,8	4,7	4,4	5,5	4,0	3,9	4,0	6,3
„Dilj“ Vinkovci	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,0	13,8	16,8	20,7	15,8	12,0
PIK Vinkovci [2]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0, 3	**0,3**	**0**
Ukupno	0,5	3,4	3,4	14,0	55,4	55,4	54,5	57,5	65,0	63,6	80,4	78,8	96,3	108,6	110,8	115,0	108,4	104,8	97,7	90,3

Izvor: [2] [4][5] [7] [8] [9]

1/ Od 01.11.1989, godine distribuciju plina PPK-u »Đ. Sala|« Valpovo preuzela je »Elektroslavonija« Osijek

2/ Od 01.01.1991. godine distribuciju plina PIK-a »Vinkovci« preuzeo je »Vinkovački vodovod i kanalizacija« Vinkovci

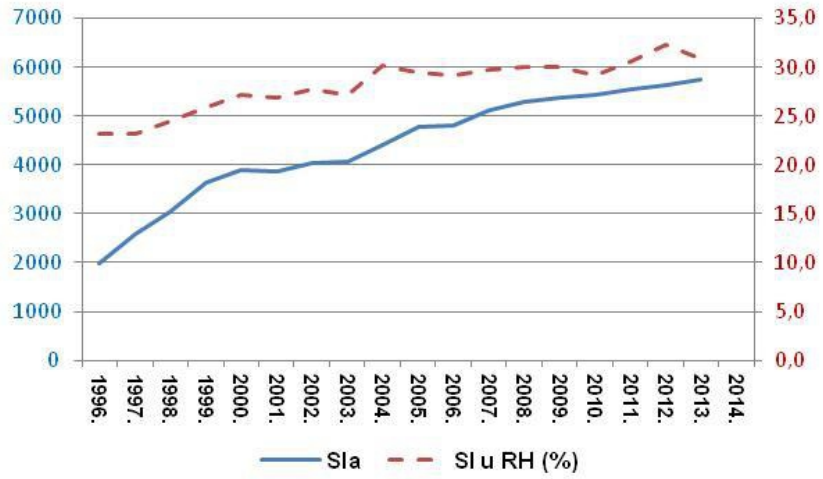


Slika 4. Potrošnja prirodnog plina u Slavoniji 1972.-1991. preko „INA-naftaplina“ (**10^6 m^3**)
Izvor: tab. 7 i tab. 8;

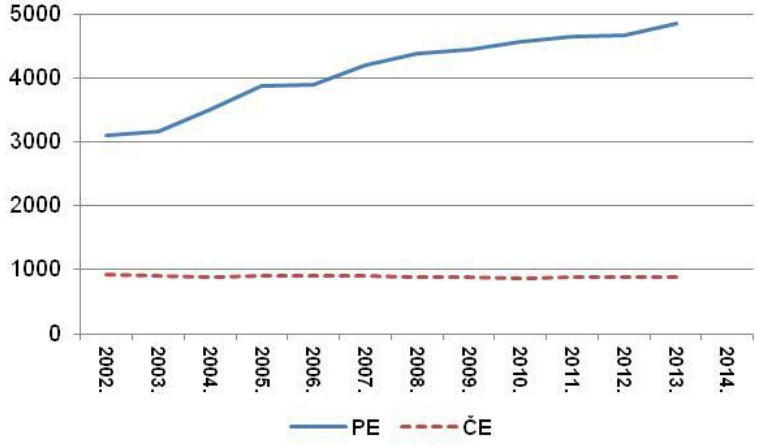
2.3. Plinifikacija Slavonije i opskrba plinom u vrijeme Domovinskog rata (1991.-1995.)
Nažalost rat je prekinuo nastavak započetih projekata plinifikacije; tako je zaustavljena započeta izgradnja plinske mreže u Čepinu i Antunovcu, a znatno su otežane započete izgradnje plinovoda u Feričancima i Čađavici. [2]
Za cijelo vrijeme ratnih događanja (1991.-1995.) bilo je otežano snabdijevanje plinom krajnjih potrošača, poremećeni su, također, i gospodarski i društveni tokovi što je utjecalo i na smanjenje potrošnje te su, unatoč velikim radnim naporima zaposlenika „Distriubucije plina“, uslijedili i nepovoljni financijski rezultati.**

2.4. Plinifikacija Slavonije i Baranje te opskrba plinom u razdoblju 1996. – 2014.
Nakon ratnih razaranja (1991.-1995.) učinjene ratne štete na objektima plinskog sustava su sanirane i nastavljeno je s procesom plinifikacije regije Slavonije i Baranje; ovi procesi ilustrirani su slikama 5, 6, 7 i 8. Tako je u razdoblju 1996.- 2014. izgrađeno oko 4.000 km novih distribucijskih plinovoda.

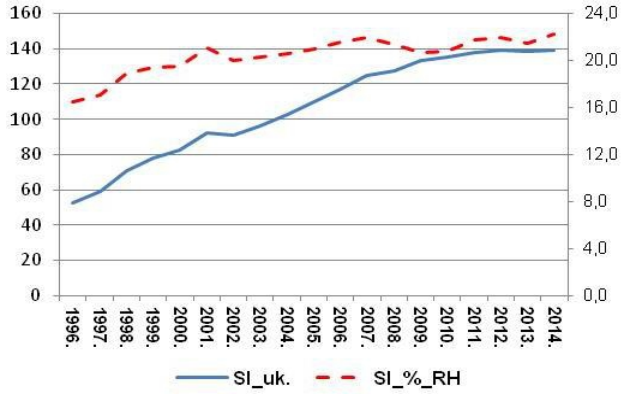
** Detaljnije o opskrbi plinom u vrijeme Domovinskog rata (1991.-1995.) vidi u lit. [2]

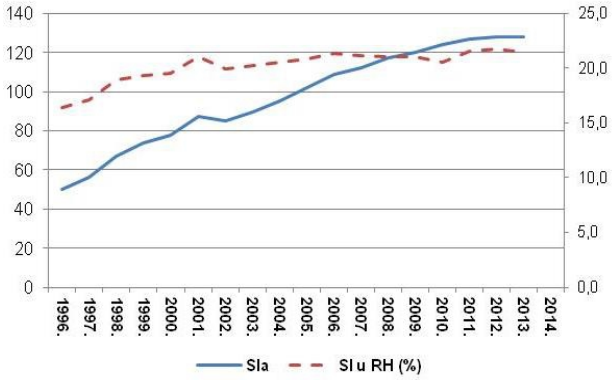


Slika 5. Duljina distribucijskih plinovoda u Slavoniji i Baranji 1996. - 2014. (km)
Izvor: [2][12] [13]



Slika 6. Duljina distribucijskih plinovoda od čelika (ČE) i plastičnih masa (PE) na području pet županija slavonsko-baranjske regije 2002.- 2014.(km)





Izvor: [2] [12] [13]

Slika 7. Ukupan broj potrošača* prirodnog plina u Slavoniji i Baranji 1996. - 2014. (000)
Izvor: [13] [14] [15] [16]

Slika 8. Broj kućanstava potrošača prirodnog plina u Slavoniji i Baranji 1996. - 2014. (000)
Izvor: [13] [14] [15] [16]

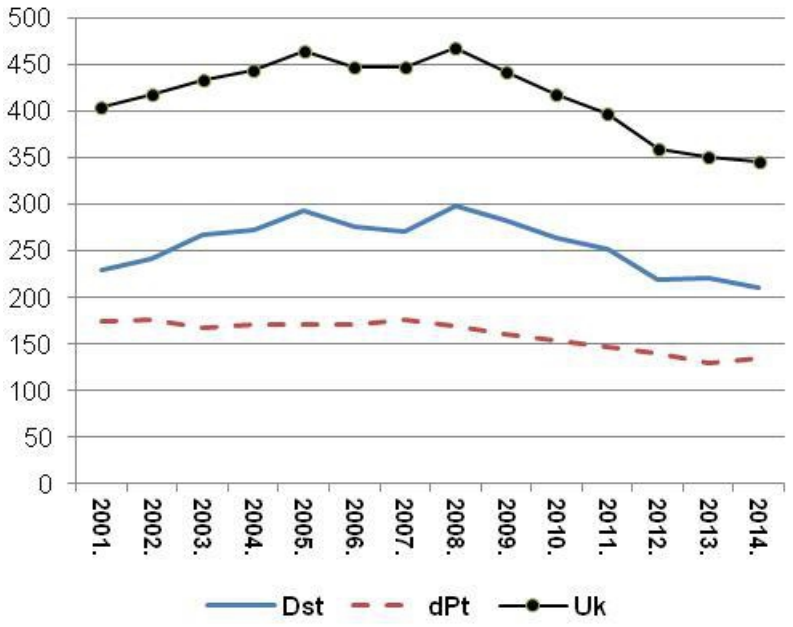
* Ukupan broj potrošača = industrija, poljoprivreda i usluge, javne ustanove, kućanstva, kotlovnice i toplane.

Potrošnja prirodnog plina u Slavoniji i Baranji od 1996. je u porastu do 2009. godi-ne kada se - zbog ekonomske krize - smanjuje industrijska proizvodnja, a u javnom sek-toru i kućanstvima potrošnja racionalizira, odnosno i smanjuje pod utjecajem provedbe mjera energetske učinkovitosti. U tablici 9 daje se pregled direktnih potrošača (dPt) prirod-nog plina (industrije koje se plinom snabdijevaju bez posredstva distributera, tj na mreži magistralnih plinovoda), a slikama: 9, 10, 11 i 12 prikazano je kretanje potrošnje prirodnog plina na pod-ručju regije istočna Hrvatska.

Tablica 9. Industrijski potrošači prirodnog plina na području pet županija istočne Hrvatske (2001.- 2014.)

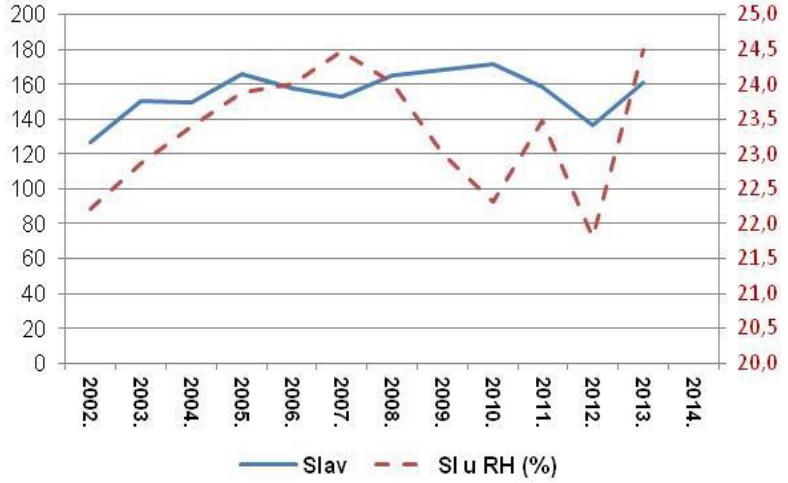
Rb	Tvrtka (d.o.o.)	Sjedište
1.	Lipik Glas d.o.o.	Lipik
2.	IGM Slavonija d.o.o.	Našice
3.	IGM Ciglana d.o.o.	Sladojevci
4.	Našice-cement d.d.	Našice
5.	Belišće d.d.	Belišće
6.	IGM Dilj d.o.o.	Vinkovci
7.	Sladorana d.d.	Županja
8.	DI Spačva d.d.	Vinkovci
9.	Viro - tvornica šećera d.d.	Virovitica

Izvor: Plinacro

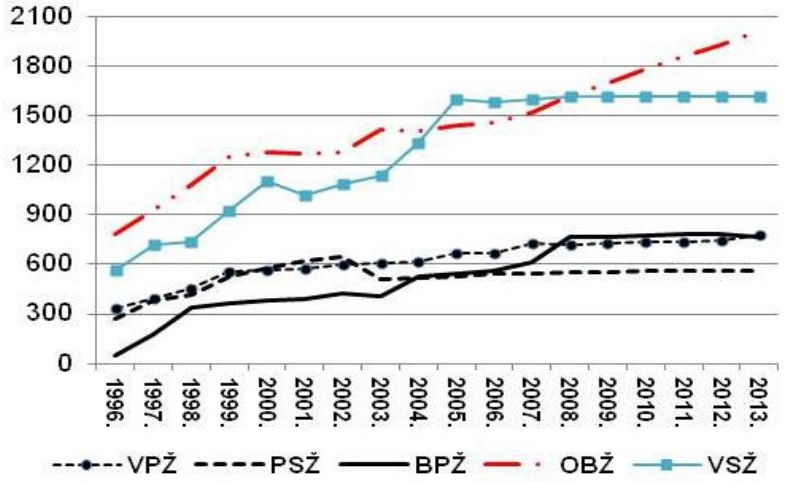


Slika 9. Ukupna potrošnja prirodnog plina u Slavoniji i Baranji 1996,- 2014. (10^6 m^3)
Izvor: [13] [15] [16] [17]

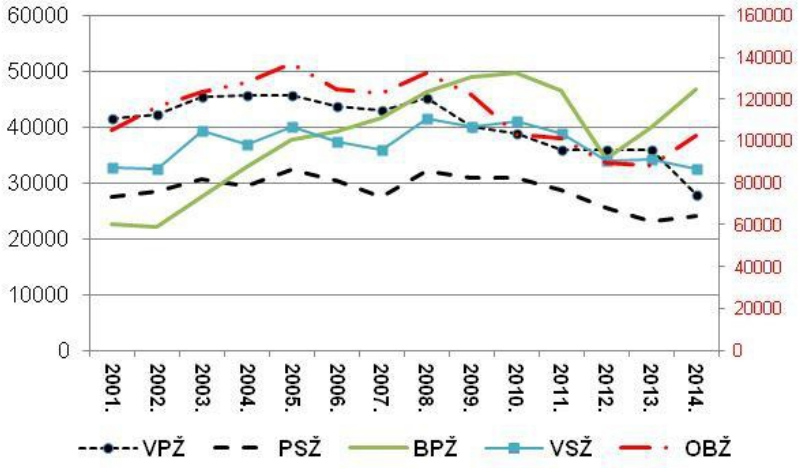
Napomena:
Zbog nekompletnih podataka za pojedine godine kod nekih direktnih potrošača - načinjena je procjena potrošnje industrijskih potrošača prirodnog plina (dPt).



Slika 10. Potrošnja prirodnog plina u kućanstvima Slavonije i Baranje 1996,- 2014. 10^6 m^3)
[13] [15] [16]



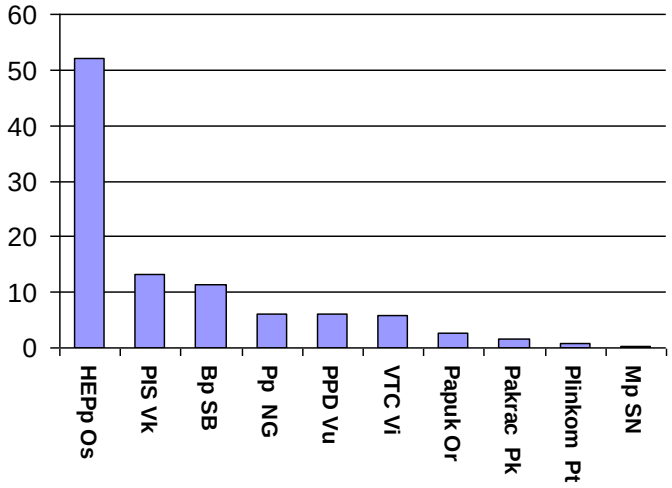
Slika 11. Duljina plinovoda – ukupno - po županijama istočne Hrvatske 1996.-2013. (km)
Izvor: [13] [15] [16]



Slika 12. Potrošnja prirodnog plina po županijama istočne Hrvatske 2002.-2013.*****
Izvor: [13] [15] [16]
***** Bez direktnih potrošača koji se snabdijevaju na magistralnoj plinskoj mreži (bez posredstva distribucije).

2.5. Operatori distribucije plina i opskrba prirodnim plinom

Distributerska poduzeća izgrađuju i održavaju lokalni plinsku sustav, kupuju plin od dobavljača, prodaju ga i distribuiraju na svojim lokalnim područjima. Ta su poduzeća najvećim dijelom u vlasništvu lokalnih samouprava, a nekoliko je u mješovitom vlasništvu. Na području regije Slavonija proteklih godina poslovalo je dvadesetak lokalnih distributera prirodnog plina, a 2012. (temeljem Zakona o energiji i Zakona o regulaciji energetskih djelatnosti) dozvole za distribuciju plina - od Hrvatske energetske regulatorne agencije - u regiji ima 10 poduzeća. (tab. 10 i sl. 13)



Slika 13. Udjeli distributera na tržištu prirodnog plina u Slavoniji i Baranji 2012. g. (%)
Izvor: [17]

U Republici Hrvatskoj 2014. godine posluje 36 operatora distibcijskog sustava; po svim parametrima prvi operator je Gradska plinara Zagreb (356 mil. m^3 plina s udjelom na RH tržištu od 37,39%). U tablici 10 daje se pregled tržišnog udjela operatori distribucije prirodnog plina na području Slavonije i Baranje s mjestom na rang listi distributera Hrvatske;

Tablica 10. Operatori distribucije prirodnog plina na području Slavonije i Baranje

Distributer	Sjedište tvrtke	2010.			2014.		
		Rang	m^6 plina	%_ RH	Rang	m^6 plina	%_ RH
HEPplin	Osijek	2.	162,0	11,95	2.	114,9	12,07
Plinara Istočne Slavonije	Vinkovci	6.	41,0	3,02	6.	32,9	3,45
Brod-plin	Sl. Brod	8.	35,8	2,64	8.	26,90	2,82
Plin-Projekt	N. Gradiška	12.	19,3	1,43	13.	12,8	1,34
Plin Virovitica	Virovitica	14.	18,2	1,34	14.	12,4	1,30
Prvo plinarsko društvo	Vukovar	13.	19,0	1,40	15.	11,8	1,23
Papuk-plin	Orahovica	28.	8,2	0,61	22.	6,8	0,71
Pakrac-plin	Pakrac	32.	5,3	0,39	30.	4,0	0,42
Plinkom	Pitomača	35.	2,4	0,18	31.	3,6	0,38
Montcogim-plinara *	Sv.Nedjelja	7.	38,2	2,82	5.	34.0	3,57
Ukupno Slavonija i Baranja			349,4	25,78		226,1	27,29
Ukupno RH			1.356	100			100

Izvor: [17]
*****/ Montcogim je manjim dijelom uključen u distribucija plina na području regije; samo u PSŽ (oko 1 mil. m^3 plina god.).

3. Značaj plinifikacije i potrošnje prirodnog plina u Slavoniji i Baranji

Potrošnja energije u industriji (ali i u kućanstvima i komunalnoj potrošnji) na području regije Slavonije i Baranje je do početka uvođenja prirodnog plina u osnovi temeljena na ugljenu; tab. 11. I tab 12;

Tablica 11. Potrošnja energije u industriji na području ZO Osijek

Rb	Vrsta energenta	JM	1972.	1977.	1978.	1979 .
1.	Električna energija	MWh	281.593	432.458	495.539	503.532
2.	Antracit	t	0	605	17	4
3.	Koks	t	16.679	21.168	23.847	22.273
4.	Kameni ugljen	t	4.962	0	400	465
5.	Mrki ugljen	t	247.201	174.445	169.495	145.310
6.	Lignit	t	59.381	44.904	50.614	41.315
7.	Tekuće gorivo	t	19 .690	22.525	27.034	25.629
8.	Mazut	t	75.503	93.212	111.967	112.520
9.	Prirodni plin	10^3m^3	500	84.830	104.527	129.141
10.	Tekući plin	t	3.094	3.512	2.850	3.751
	Ukupno: (prerač.)	10^3m^3	300.518	382.582	435.211	444.185

Izvor: [4] [8] [9]

Tablica 12. Potrošnja supstitutabilne energije na području ZO Osijek 1982.g.

Rb	Vrsta energenta	JM	P o t r o š n j a			
			Privreda	Komunalna	Kućanstva	Ukupno
1.	Koks	t	25.217	-	-	25.217
2.	Kameni ugljen	t	159	-	-	159
3.	Mrki ugljen	t	259.037	7.706	42.515	309.318
4.	Lignit	t	72.745	4.475	171.845	249.072
5.	Drvo i otpaci	t	115.491	11.715	405.581	532.785
6.	Tekuće gorivo	t	23.800	36.400	27.800	88.000
7.	Mazut	t	82.629	20.040	-	102.669
8.	Tekući plin	t	5.900	3.012	8.000	16.952
9.	Prirodni plin	10^3m^3	197.512	8.279	7.749	213.540

Izvor: [18]

Razvojem plinske mreže i potrošnje prirodnog plina ugljen je na području Slavonije i Baranje gotovo izbačen iz energetske opskrbe u industriji, komunalnoij potrošnji i kućanstvima. Tako se početkom XXI. st. umjesto više stotina tisuća tona ugljena koristi prirodni plin što je smanjilo transportne troškove dobave energije u regiju, omogućilo efikasnije upravljanje tehnološkim procesima, podiglo životni i komunalni standard te pridonijelo smanjenju emisija štetnih plinova u okruženje.*

* (a) Na području Osječke županije u neposrednoj potrošnji energije je 2010. g. korišteno 324 tona ugljena. [19] ; (b) Tijekom straživanja o potrošnji energije u industriji ovi su autori dobili od HŽ-a podatak da je 2010. g. na području OBŽ željeznicom prevezeno 30.000 tona ugljena za Šećeranu Osijek – što je potvrđeno iz Tvornice šećera Osijek. (c) U 2013. g. u RH je u prehrambenoj industriji utrošeno 4.200 tona ugljena. [17]

4. Zaključne napomene

a) Proces plinifikacije Slavonije započeo je nalazom nafte u regiji – Beničanci (1968.) i plina - Bokšić-Lug (1973.). U proteklih 43 godina na području regije izgrađen je respektabilan plinovodni sustav magistralne i distribucijske mreže, a u potrošnju plina uključeni su svi sektori potrošnje: industrija, poljoprivreda i usluge, javne ustanove, kućanstva, kotlov-nice i toplane.

b) Dalji proces plinifikacija regije zaustavljen je tijekom Domovinskog rata (1991.-1995.) u koje vrijeme su načinjene i znatne ratne štete na plinskom sustavu u regiji. U poratnom razdoblju ove su štete sanirane te se u razdoblju od 1996. do 2014. novom dinamikom nastavlja razvoj plinifikacije Slavonije i Baranje; izgrađeno više od 4.000 km novih distribucijskih plinovoda što je omogućilo plinifikaciju niza naselja na području regije u svim sektorima potrošnje od industrije do kućanstava.

c) U skladu s europskim standardima - u sektoru energetike proveden je proces liberalizacije tržišta (i distribucije) prirodnog plina te se na lokalnim tržištima u regiji pojavljuje više operatora distribucijskog sustava .

d) Potrošnja prirodnog plina u Slavoniji i Baranji od 1996. je u porastu do 2009. godine kada se - zbog ekonomske krize - smanjuje industrijska proizvodnja, a u javnom sektoru i kućanstvima potrošnja racionalizira, odnosno i smanjuje pod utjecajem provedbe mjera energetske učinkovitosti.

e) Naša analiza razvoja plinifikacije Slavonije i Baranje i potrošnje prirodnog plina ukazala je i na ekonomski i ekološki značaj uvođenja prirodnog plina i energetsku opskrbu regije: umjesto više stotina tisuća tona ugljena godišnje - danas se koristi prirodni plin što je: smanjilo transportne troškove dobave energije, omogućilo efikasnije upravljanje tehnološkim procesima, podiglo komunalni i životni standard stanovništva te pridonijelo smanjenju emisija štetnih plinova u okruženje.

5. Literatura

[1] Baličević, Ivan; Budimir, Jovo; Ivanović, Milan: Stanje i problemi energetike u Slavoniji i Baranji, Privreda, 8/1981. Osijek
[2] Baličević, Ivan: Opskrba prirodnim plinom istočne Hrvatske za vrijeme i nakon rata; II. forum „Dan energije u Hrvatskoj“, Zagreb, 12. 12. 1992.
[3] Republički zavod za statistiku: Statistički godišnjak SR Hrvatske; 1972.;1974.; 1976; 1981.; Zagreb
[4] Grupa autora: Monografija „Slavonija '85.“; Privredna komora Slavonije i Baranje, Osijek,1986.
[5] Ivanović, Milan: Strukturne promjene u energetskoj potrošnji u industriji slavonsko-baranjske regije u razdoblju 1978.-1984.; Privreda br.11, Osijek,1986.
[6] Grupa autora: Program plinifikacije područja ZO Osijek u razdoblju 1979.- 1985. godine, „Elektroslavonija“, Osijek, 1979
[7] Grupa autora: INA Naftaplin - 1952.-1982. INA Naftaplin, Zagreb, 1982.
[8] Ivanović, Milan: Energetika na području Slavonije i Baranje do 2010. godine, ISSN 0350-9427 „Privreda”, Vol. 34 br. 5, str. 415–432; Osijek, 1990.
[9] Ivanović, Milan: Efikasnost korištenja energije, ISBN 953-6032-02-3, Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek, 1991.

[10] Ivanović, Milan: Definiranje i realizacija energetske politike na području ZO Osijek, „Energija”, Zagreb, Vol. 35, sv. 1, str. 33 – 40
[11] Potrebica, Filip: Razvoj elektrifikacije i plinofikacije u požeškoj kotlini, HEP, Slavonska Požega, 1988.
[12] HEP Plin d.o.o. Osijek
[13] HSUP: Plinsko gospodarstvo Hrvatske '1998. (...) '2014. Hrvatska stručna udruga za plin, Zagreb, (www.hsup.hr/)
[14] Ivanović Milan: Znanost i regionalna energetika - Istraživanja o razvoju energetike i korištenju energije u Slavoniji. ISBN 953-6032-502-3; Elektrotehnički fakultet Osijek, 2006.
[15] Ivanović, Milan; Tonković, Zlatko; Glavaš, Hrvoje; Energetska učinkovitost potrošnje prirodnog plina u kućanstvima Osječko baranjske županije; PLIN 2011. Zbornik radova
[16] Ivanović, Milan; Glavaš, Hrvoje; Tonković, Zlatko; Energetska učinkovitost potrošnje prirodnog plina u industriji Slavonsko baranjske regije; PLIN 2012. Zbornik radova
[17] Energetski institut Hrvoje Požar: Energija u Hrvatskoj - godišnji energetski pregled za 2005.; 2010. i 2013. Godinu; Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb
[18] Ivanović, Milan; Beg, Stjepan: Izrada regionalne energetske bilance kao činilac racionalizacije potrošnje energije; VI. Savjetovanje o energiji, Opatija, 31.5.-2.6.1984. Zbornik, sv.2; str. 12.1.-12.11, Savez energetičara Jugoslavije
[19] Ivanović, Milan; Glavaš, Hrvoje; Blažević, Damir: Program učinkovitog korištenja energije u neposrednoj potrošnji na području Osječko-baranjske županije za razdoblje 2012. - 2014. - s osvrtom na 2016. godinu; Elektrotehnicki fakultet Osijek, rujan 2011.

Energetski učinci korištenja obnovljivih izvora energije pri intenzivnoj proizvodnji povrća u plastenicima

The energy effects of the use of renewable energy sources in intensive vegetables production in greenhouses

A. Čikić[1,2*], Z. Janković[1], M. Stojkov[1], R. Končić[1], B. Hršak[2]

[1]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska
[2]Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju, e-mail: acikic@vtsbj.hr

Sažetak

Mala termofizikalna karakteristika i vremenska konstanta, te obrnuto proporcionalna brzina grijanja i hlađenja zona uzgoja značajno utječu na energetsku učinkovitost i ekonomičnost cjelogodišnje proizvodnje povrća u plastenicima. Cijena i raspoloživost primarne energije izrazito utječe na izbor vremenskog intervala proizvodnje naročito u kontinentalnim klimatskim područjima. Prikazano i analizirano je kombinirano korištenje dizalice topline voda – voda i usitnjene biomase u sustavu više zonskog grijanja plastenika i cjelogodišnjem uzgoju rajčica u plasteniku površine 2500 m^2. Kvantificiranim vrijednostima i pratećim dijagramima prikazani su interakcijska funkcionalnost oba sustava u odnosu na vanjske promjenjive meteorološke prilike te unutarnje stroge tehnološke i mikroklimatske uvjete razvoja, rasta i plodnosti biljke. Za različite mikroklimatske uvjete analizirane su mogućnosti implementacije više zonskog sustava grijanja plastenika s navedenim obnovljivim resursima za karakteristična zemljopisna područja. Istaknuti su utjecajni parametri i vremenski intervali „vodećeg pogonskog sustava“, te su dati energetski i ekonomski učinci cjelovitog sustava. Izravna primjena rezultata doprinosi racionalnijem projektiranju i većoj energetskoj učinkovitosti niskoakumulativnih objekata različitih i strogih tehnoloških zahtjeva.

Ključne riječi: plastenik, dizalica topline, biomasa, uzgoj rajčica, učinkovitost.

Abstract

Nature of thermic and physical characteristics, different time constants (rapid cooling and slow heating) of greenhouses during the whole year have significant influence on energy efficiency and economy of vegetables production. Price and availability of primary energy strongly influences the choice of the time interval of vegetables production, especially in continental climates. The combined use of heat pump water - water and chipped biomass in the system of more zonal heating greenhouses and annual cultivation of tomatoes in the greenhouse area of 2500 m^2 is displayed and analyzed in the paper. Interactional

functionality of both heating systems in relation to the external variable weather conditions and strict internal technological and microclimate for plants development, growth and fertility are shown by quantified values and the accompanying diagrams. For different microclimate conditions are analyzed possibilities of implementation of the system more zonal heating greenhouses with these renewable resources for characteristics geographic areas. Influential parameters and time intervals of both heating systems are featured and the energy and economic effects of an integrated system are given. Direct application of the results contributes to a more rational design and higher power efficiency of different facilities with low heat accumulation (like greenhouses) and strict technological requirements.

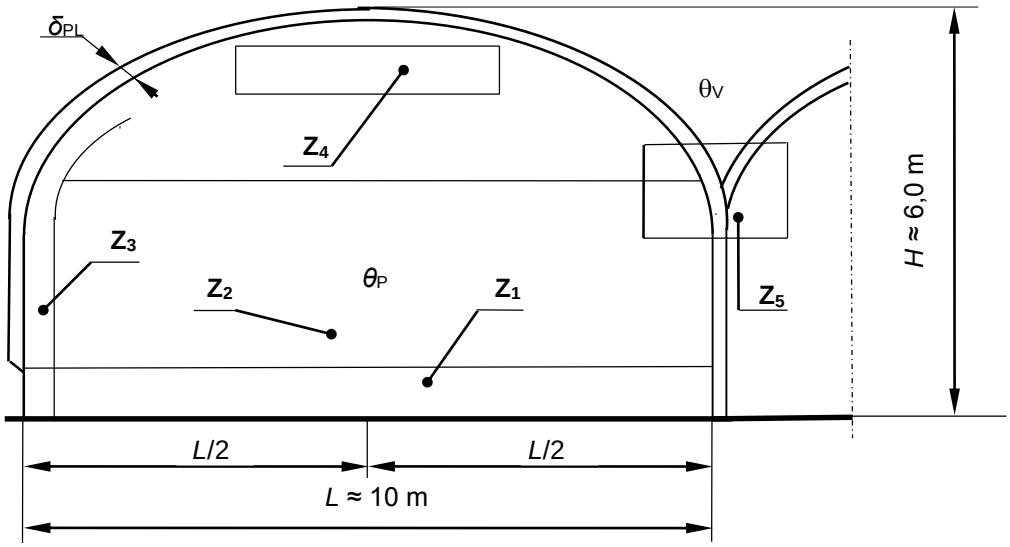
Key words: greenhouse, heat pump, biomass, growing tomatoes, efficiency.

1. Uvod

Geometrijskim oblikom, tehničkim karakteristikama i kvalitetom izvedbe plastenici moraju biti prilagođeni klimatskim uvjetima za cjelogodišnju proizvodnju na lokaciji izgradnje, odnosno korištenja. Često se, zbog različite izvedbe toplifikacijskih sustava kojima se grije prostor objekta i cijene pogonskog goriva, proizvodni ciklus ograničava na topliji dio godine, kada su troškovi grijanja manji što smanjuje njihovu ekonomičnost i kakvoću ponude na tržištu. Trajanje, prinos i ekonomičnost intenzivne proizvodnje povrća i voća izrazito ovisi o raspoloživosti i cijeni energenta, racionalnom energetskom sustavu i ukupnoj potrošnji energije po jedinici korisne površine ili jedinici mase prinosa. Uz agrotehnološke uvjete, brzina postizanja i stabilnost održavanja temperature zraka s malim odstupanjem od podešene vrijednosti u zoni uzgoja biljke u svim njezinim biološkim razdobljima izrazito utječe na kakvoću plodova i očekivani prinos [1, 2]. Optimalno podešavanje odnosa brzine grijanja i sprječavanja naglog hlađenja plastenika unutar tehnološki prihvatljivog vremenskog intervala zahtjeva usklađenost male termofizikalne karakteristike (umnožak $\lambda \cdot c \cdot \rho$) objekta s racionalnim toplifikacijskim sustavom. Vrijeme, uzrok i učestalost smanjenja ili prekida dovođenja topline, termofizikalna karakteristika materijala oplošja, vjetrovitost, orijentacija i stupanj refleksije – apsorpcije vanjskih površina izloženih sunčevom djelovanju faktori su koji izravno utječu na toplinsku reakciju plastenika (vremenska konstanta = akumulirana toplina/gubitak topline). Vremenska konstanta je veoma mala i značajno utječe na učinkovitost toplifikacijskog sustava, naročito kod brzih promjena mikroklimatskih uvjeta pri niskim temperaturama vanjskog zraka. Dodatno, čak za oko 10 – 60% rastu toplinski gubici pri djelovanju vjetra, a posebno s kišom pri vanjskoj temperaturi zraka između – 2 i + 10°C kada su veće brzine vjetra najučestalije [3]. Prikazano i analizirano je kombinirano korištenje dizalice topline voda – voda i toplovodnog postrojenja s pogonom na usitnjenu biomasu u sustavu više zonskog grijanja plastenika i cjelogodišnjem uzgoju rajčica u plasteniku površine 2500 m^2 u tri različita klimatska područja Republike Hrvatske.

2. Objekt i mikroklimatski uvjeti

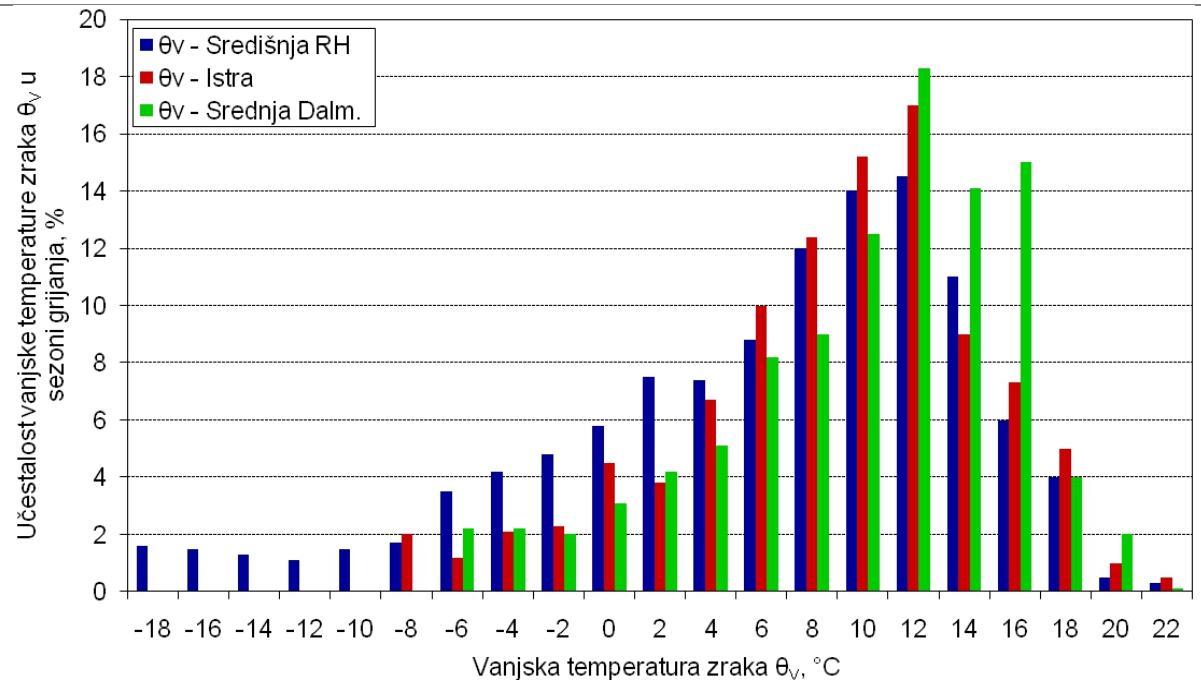
Plastenik ukupne dimenzije 50 m · 50 m oblikovan je sa pet međusobno spojenih lađa svaka dimenzije 10 m · 50 m i maksimalne visine 6 m. Predviđeno je više zonsko toplovodno grijanje (Z1 do Z5) prema slici 1.



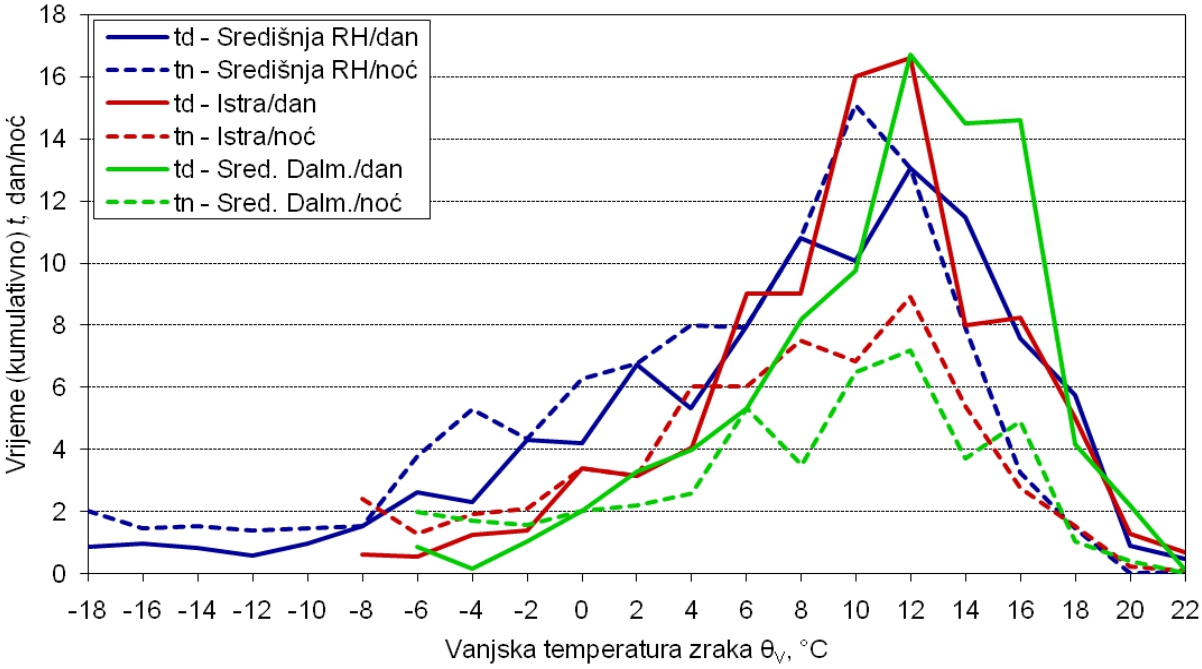
Z₁ - zona grijanja (sadnja i rast biljke)
Z₂ - zona grijanja (rast i plodonošenje biljke)
Z₃ - zona grijanja ("propadanje" hladnog zraka)
Z₄ - zona grijanja (kondenzacija vlage)
Z₅ - zona grijanja žljebova (otapanje snijega)

Slika1. Presjek lađe plastenika – zonsko toplovodno grijanje

U svakom objektu predviđen je cjelogodišnji intenzivni uzgoj rajčica pri kontroliranim mikroklimatskim uvjetima očekujući visoku kakvoću i maksimalni prinos po jedinici uzgojne površine [3, 4]. Održavanje mikroklimatskih uvjeta (unutarnja temperatura i relativna vlaga zraka) predviđeno je više zonskim toplovodnim grijanjem promjenjivog temperaturnog režima rada s kombiniranim pogonom dizalice topline voda – voda i termoenergetskog postrojenja na usitnjenu biomasu (sječku). Pomoću sitno raspršenih kapljica vode u struji zraka održava se relativna vlaga i provodi adijabatsko hlađenje unutarnjeg slabo pokretljivog zraka. Postavljanje plastenika P1 predviđeno je na lokacijama u središnjoj Hrvatskoj, plastenika P2 u Istri, a plastenika P3 u srednjoj Dalmaciji. Tijekom dana unutarnja temperatura zraka u bio zoni ovisi o tehnološkim uvjetima i iznosi oko 22 °C (maksimalno 24 °C), a tijekom noći između 16 °C i 18 °C, najčešće oko 16 °C. Za održavanje unutarnje temperature zraka u bio zoni između 16 °C i 22 °C pri promjenjivoj vanjskoj temperaturi i brzini vjetra u kraćim intervalima i do 25 m/s omjer količine vode primarnog i sekundarnog kruga toplifikacijskog sustava treba se kretati u objektu P1 oko 1: (18 – 20), a u objektima P2 i P3 oko 1: (12 – 15). Na slici 2. prikazana je učestalost vanjske temperature zraka od –18°C do + 22°C tijekom sezone grijanja pri intenzivnom (hidroponskom) uzgoju rajčica u tri promatrana plastenika P1, P2 i P3 u različitim zemljopisnim područjima R. Hrvatske.



Slika 2. Učestalost vanjske temperature zraka ϑ_v, °C (sred.RH, Istra, sred. Dalm.)



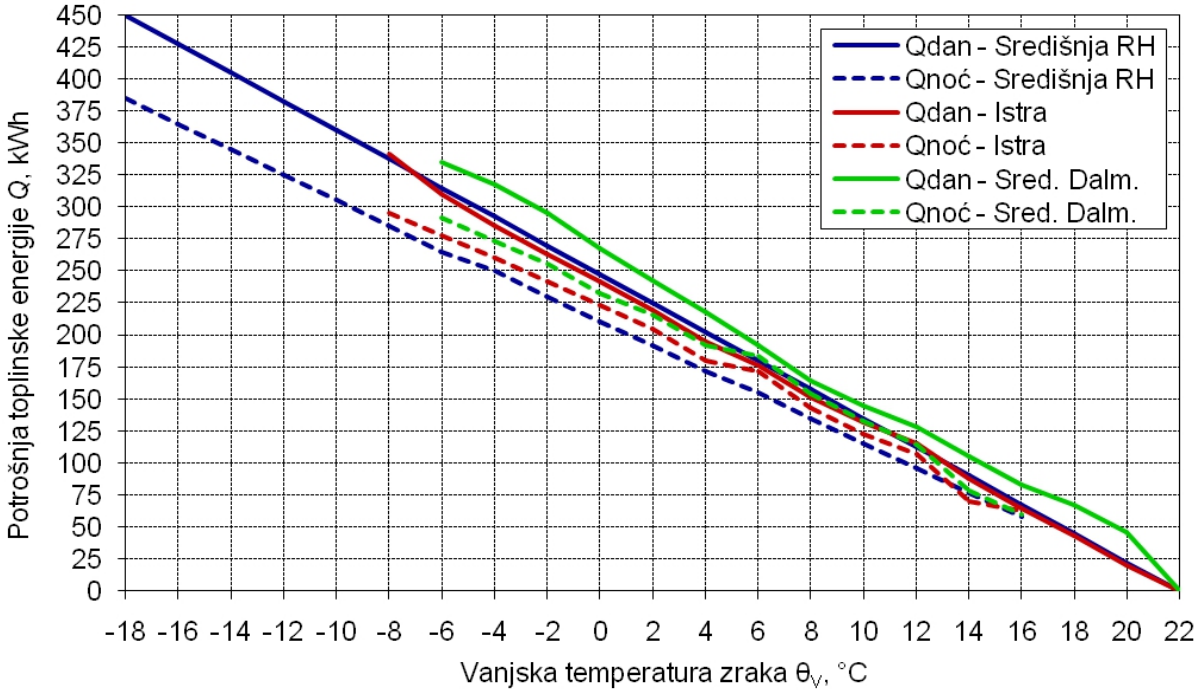
Slika 3. Vrijeme (kumulativno) trajanja vanjske temperature zraka ϑ_v, °C danju i noću

Uz promjenjiv faktor oblačnosti i dnevne insolacije učestalost niskih temperatura ispod 0°C je oko 10 % – 35 % sezone grijanja. Trajanje grijanja tijekom cjelogodišnjeg uzgoja rajčica iznosi oko 180 dana (P1), oko 150 dana (P2) i oko 130 dana (P3) ovisno o zemljopisnom području postavljanja plastenika. Kumulativno vrijeme trajanja različite vanjske temperature zraka ϑ_v danju i noću za pojedine lokacije postavljanja plastenika prikazano je dijagramski

na slici 3. Kretanje dnevne temperature odnosi se na vremenski interval od 06:00 sati ujutro do 18:00 sati, a noćni interval od 18:00 sati poslije podne do 06:00 sati sljedećeg jutra. U svim intervalima sezone grijanja niže su noćne od dnevnih vanjskih temperatura zraka sa izraženijim razlikama pri višim vanjskim temperaturama (između 5 °C i 18 °C) u priobalnom području R. Hrvatske.

3. Toplinske potrebe i pogonsko postrojenje

Kombinacijom složenog termodinamičkog proračuna, procijenjenih vrijednosti pojedinih utjecajnih parametara i iskustvenih podataka analitički je utvrđeno toplinsko opterećenje pojedinih zona grijanja ovisno o razlici temperature okolišnog zraka i zraka u pojedinoj zoni plastenika [1,2,4,5]. Ovisno o lokaciji postavljanja objekta te učestalosti vanjske temperature zraka i ostalih mikroklimatskih uvjeta, dijagramski je na slici 4. prikazana ukupna potrošnja toplinske energije za postizanje i održavanje regulirane temperature unutarnjeg zraka danju i noću u zonama grijanja pri intenzivnom (hidroponskom) uzgoju rajčica u plastenicima P1, P2 i P3.



Slika 4. Potrošnja toplinske energije (dan, noć)

Za savladavanje promijenjivih toplinskih gubitaka plastenika P1, P2 i P3 analizirana je mogućnost kombiniranog korištenja dizalice topline voda – voda toplinske snage Q_{DT1} = 220 kW (DT1) ili Q_{DT2} = 150 kW (DT2) s toplovodnim postrojenjem s pogonom na usitnjenu biomasu toplinske snage oko Q_{BM1} = 230 kW odnosno Q_{BM2} = 300 kW s nazivnim toplinskim učinkom pri maksimalnoj temperaturnoj razlici unutarnje i vanjske temperature zraka u određeneom klimatskom području. Toplinski izvor dizalice topline je bunarska voda prosječne temperature oko θ_w = 15 °C, a maksimalna temperatura tople vode na kondenzatoru dizalice topline iznosi oko θ_{wk} = 55 °C do 58 °C. COP dizalice topline

prosječno iznosi oko 4,25. Toplovodnim postrojenjem na biomasu prvenstveno se savladavaju toplinski gubici kada je u pojedinoj zoni ili zonama grijanja plastenika potrebna temperatura ogrjevnog medija iznad 55 – 58 °C do maksimalno 85 °C. Maksimalna temperatura tople vode u toplifikacijskom sustavu plastenika P1, P2 i P3 iznosi 85 °C pri temperaturnom režimu rada 85 °C / 65 °C. Sukladno promjenama toplinskog opterećenja mijenja se temperatura tople vode u polaznom i povratnom vodu svake zone grijanja intenzivnog uzgoja biljaka u plasteniku [Q = f ($\Delta\theta_w$); m_w (maseni protok vode) = konst.]. Prosječna temperatura tople vode izražava se pomoću jednadžbe:

$$\theta_{wmx} = \theta_u + \Delta\theta_n \cdot \left[\frac{\theta_u - \theta_{v,x}}{(\theta_u - \theta_v)_n} \right]^{\frac{1}{1+z}} \quad (1)$$

pri čemu su:
θ_{wmx} - prosječna temperatura tople vode u cjevovodima zona grijanja, °C
θ_u - unutarnja temperatura zraka u zoni uzgoja rajčica, dan / noć, °C
θ_v - vanjska projektna temperatura zraka, °C
$\theta_{v,x}$ - promjenjiva vanjska temperatura zraka, °C

$$\Delta\theta_n = \frac{\theta_{wr} + \theta_{wp}}{2} - \theta_u = \frac{85+65}{2} - \theta_u \text{ , °C}$$

$(\theta_u - \theta_v)_n$ - nazivna razlika temperature zraka, dan = 40 °C; noć = 34 °C
z - bezdimenzijski broj (glatke čelične cijevi) = 0,33.
Promjena temperature vode u polaznom vodu θ_{wrx} izražava se pomoću relacije:

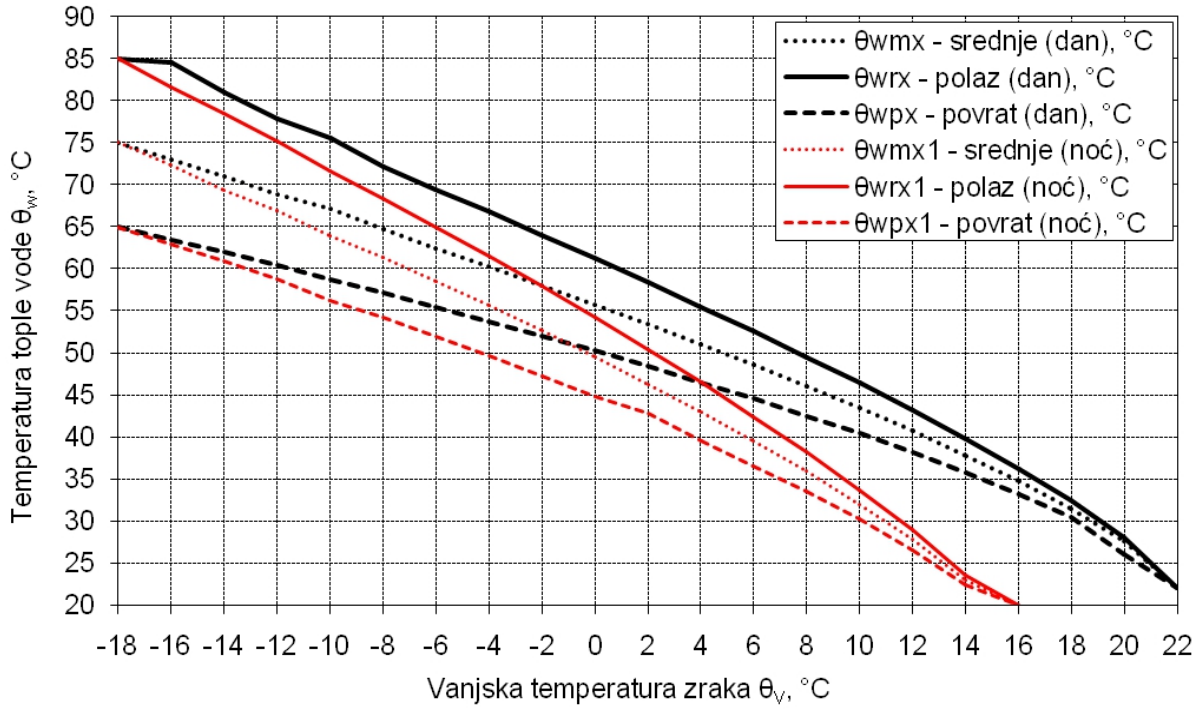
$$\theta_{wrx} = \theta_{wm} + \frac{\Delta\theta_{n1}}{2} \cdot \left[\frac{\theta_u - \theta_{v,x}}{(\theta_u - \theta_v)_n} \right]^{\frac{1}{1+z}} , \quad (2)$$

a u povratnom vodu θ_{wpx} prema jednadžbi:

$$\theta_{wpx} = \theta_{wm} - \frac{\Delta\theta_{n1}}{2} \cdot \left[\frac{\theta_u - \theta_{v,x}}{(\theta_u - \theta_v)_n} \right]^{\frac{1}{1+z}} , \quad (3)$$

pri čemu je $\Delta\theta_{n1} = \frac{\theta_{wr} + \theta_{wp}}{2} = \frac{85+65}{2} = 75\ °C.$

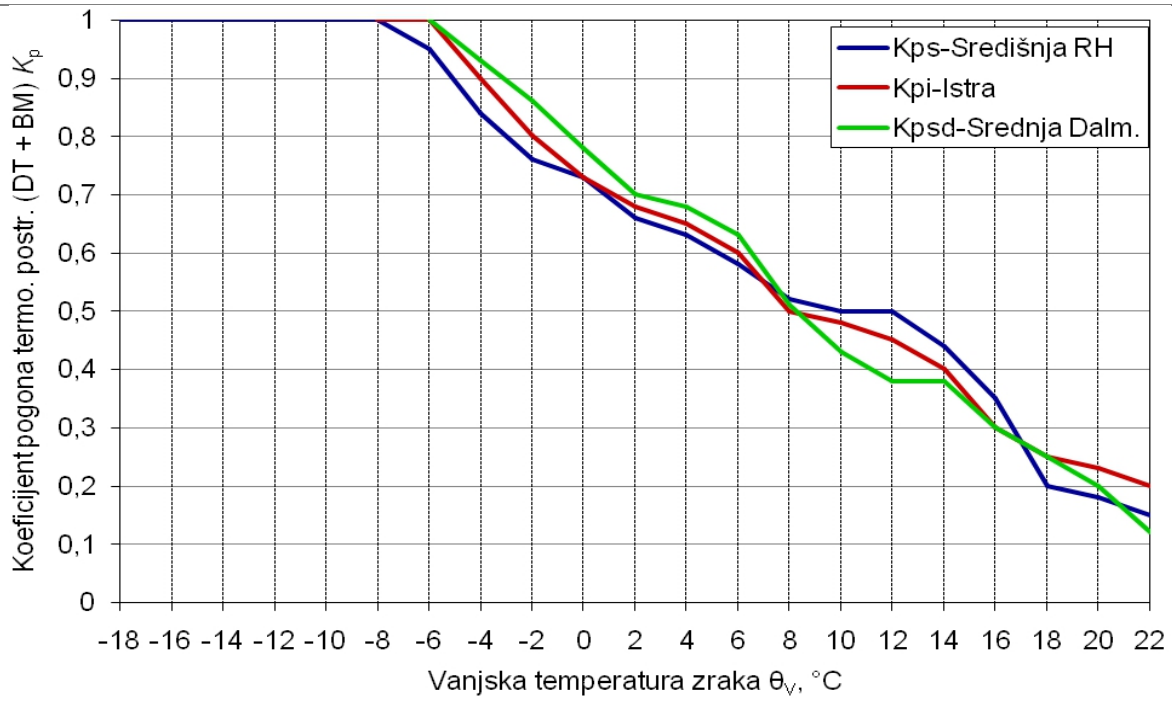
Krivulje na slici 5. prikazuju kvantificirane promjene temperature tople vode θ_{wmx}, θ_{wrx} i θ_{wpx} u sekundarnom krugu grijanja (zone Z_1 do Z_5) u ovisnosti o vanjskoj temperaturi zraka θ_{vx} uz održavanje konstantne unutarnje temperature zraka u vegetativnoj zoni uzgoja biljaka danju oko +22 °C i noću oko + 16°C. Predviđene temperaturne razlike i veća masa ogrjevnog medija, ujednačene brzine protoka i uravnoteženi otpori sustava grijanja doprinose bržem postizanju i stabilnosti održavanja namještene unutarnje temperature zraka.



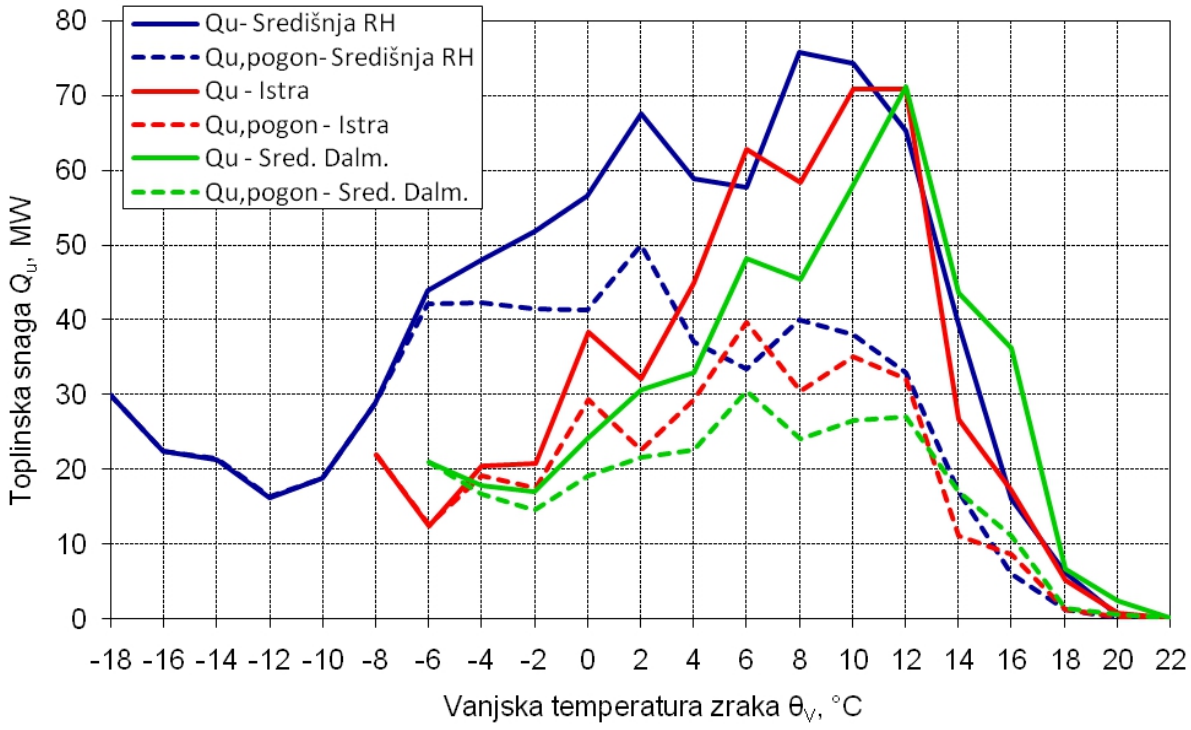
Slika 5. Promjene temperature tople vode θ_{wmx}, θ_{wrx}, θ_{wpx} = f (θ_u, θ_v) danju i noću

Višegodišnjim praćenjem i sistematizacijom iskustvenih podataka i parametera utvrđen je koeficijent pogona K_p termoenergetskog postrojenja za toplifikaciju plastenika u promatranim regijama R. Hrvatske. K_p predstavlja odnos ukupnog (kumulativnog) trajanja pogonskog rada termoenergetskog postrojenja i ukupnog vremena pri odgovarajućoj vanjskoj temperaturi zraka θ_v u sezoni grijanja. Približne kvantificirane vrijednosti koeficijenta K_p dijagramski su prikazani na slici 6. Na slici 7. dijagramski su prikazane ukupne toplinske potrebe plastenika P1, P2 i P3 te ostvarena količina toplinske energije tijekom ukupnog (kumulativnog) pogona dizalice topline i toplovodnog postrojenja na biomasu tijekom različitih trajanja sezone grijanja.

Analitički utvrđene toplinske potrebe svakog plastenika (P1, P2, P3) na promatranim lokacijama su veće u odnosu na kumulativni toplinski učinak dizalice topline i toplovodnog postrojenja na biomasu tijekom sezone grijanja. Tomu izravno doprinosi intenzitet i trajanje sunčeve insolacije, pretežito oblačnost, padaline, vlažnost vanjskog zraka, vjetrovitost i slično s izrazitim utjecajem na vremensku konstantu objekta i potrošnju toplinske energije. U vremenskim intervalima izražene sunčeve insolacije i pri nižim vanjskim temperaturama zraka često se postiže i održava unutarnja temperatura zraka s kraćim vremenom rada ili bez pogona toplifikacijskog sustava.



Slika 6. Koeficijent pogona termoenergetskog postrojenja $K_p = f(\theta_v)$



Slika 7. Toplinska snaga za potrebe plastenika P1, P2 i P3

4. Analiza rezultata i ekonomičnost

Kumulativno potrošena toplinska energija ostvarena pogonom dizalice topline voda – voda i toplovodnog postrojenja na biomasu tijekom sezone grijanja je oko 72 % od analitički

utvrđenih ukupnih toplinskih potreba u središnjoj Hrvatskoj, oko 62 % u Istri i oko 56 % u srednjoj Dalmaciji. Donja ogrjevna vrijednost biomase (usitnjene sječke) prosječne vlažnosti oko 25 – 35 % je oko H_d = 3 kWh/kg, a cijena njene dobave sa udaljenosti do 80 km od postrojenja oko 50 €/toni. Cijena 1 kWh električne energije iznosi oko 0,113 €. Kvantificirane vrijednosti toplinske snage različitih toplinskih izvora za kumulativno vrijeme trajanja pogona u sezoni grijanja prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Toplinska snaga iz različitih toplinskih izvora u sezoni grijanja (kumulativno trajanje pogona)

Regija RH	Toplinski izvor	Sezona grijanja		Udjel, %
		$Q_{u,pogon}$, MW	$\sum Q_{u,pogon}$, MW	
Središnja RH $t \approx 180$ dana	D. Topline Q_{DT1} = 220 kW	440,75	514,42	85,68
	Q_{BM}, MW	73,67		14,32
	D. Topline Q_{DT2} = 150 kW	354	514,42	68,82
	Q_{BM}, MW	160,42		31,18
Istra $t \approx 150$ dana	D. Topline Q_{DT1} = 220 kW	305,44	310,14	98,48
	Q_{BM}, MW	4,7		1,52
	D. Topline Q_{DT2} = 150 kW	258,15	310,14	83,24
	Q_{BM}, MW	51,99		16,76
Srednja Dalmacija $t \approx 130$ dana	D. Topline Q_{DT1} = 220 kW	232,91	248	93,92
	Q_{BM}, MW	15,09		6,08
	D. Topline Q_{DT2} = 150 kW	203,63	248	82,11
	Q_{BM}, MW	44,37		17,89

Troškovi kombiniranog korištenja dizalice topline voda – voda i toplovodnog postrojenja na biomasu za grijanje plastenika P1, P2 i P3 su veći u svim slučajevima za oko 20 % do 28 % u odnosu na toplovodno postrojenje na biomasu ukupnog toplinskog učina. U središnjoj Hrvatskoj troši se oko dva puta više energije za grijanje plastenika u odnosu na srednju Dalmaciju. Obzirom na slične mikroklimatske uvjete, ali sa pojedinim dominantnim utjecajima (vjetar, magla, oblačnost,…) manje su razlike u troškovima grijanja između Istre i srednje Dalmacije. Regulacijom učinka dizalice topline DT1 nadoknađuju se toplinski gubici objekata do vanjske temperature zraka oko 0 °C do +2 °C, a pri nižim temperaturama vanjskog zraka uz dizalicu topline nužan je pogon toplovodnog postrojenja na biomasu što čini oko 25 % u središnjoj Hrvatskoj, oko 14 % u Istri i oko 10 % u srednjoj Dalmaciji od ukupnog trajanja sezone grijanja. Ukupne toplinske potrebe se nadoknađuju dizalicom topline DT2 do vanjske temperature zraka oko +8 °C, a pri nižim temperaturama kombiniranim pogonom dizalice topline i toplovodnog postrojenja na biomasu savladavaju se ukupni toplinski gubici objekata. Toplovodno postrojenje na biomasu je u pogonu oko 47 % u središnjoj Hrvatskoj, oko 35 % u Istri i oko 31 % u srednjoj Dalmaciji od ukupne sezone

grijanja pojedinih plastenika. Numeričke vrijednosti potrošnje energenata i njihovih troškova navedeni su u tablici 2.

Tablica 2. Kvantificirani prikaz potrošenih energenata i troškova

Središnja Hrvatska				
DT1, kWh_e	Biomasa, t	$C_{el.e.}$, €	$C_{biomase.}$, €	$C_{ukupno.}$, €
103876	31	11773	1550	13240
DT2, kWh_e	Biomasa, t	$C_{el.e.}$, €	$C_{biomase.}$, €	$C_{ukupno.}$, €
83770	67	9494	3350	12844
Samo biomasa		215 t · 50 €/t		10750
Istra				
DT1, kWh_e	Biomasa, t	$C_{el.e.}$, €	$C_{biomase.}$, €	$C_{ukupno.}$, €
72091	2	8170	100	8270
DT2, kWh_e	Biomasa, t	$C_{el.e.}$, €	$C_{biomase.}$, €	$C_{ukupno.}$, €
61309	22	6948	1100	8048
Samo biomasa		130 t · 50 €/t		6500
Srednja Dalmacija				
DT1, kWh_e	Biomasa, t	$C_{el.e.}$, €	$C_{biomase.}$, €	$C_{ukupno.}$, €
54943	7	6227	350	6577
DT2, kWh_e	Biomasa, t	$C_{el.e.}$, €	$C_{biomase.}$, €	$C_{ukupno.}$, €
48408	20	5486	1000	6486
Samo biomasa		105 t · 50 €/t		5250

5. Zaključak

Prikazano i analizirano je kombinirano korištenje dizalice topline voda – voda i toplovodnog postrojenja na usitnjenu biomasu u sustavu više zonskog grijanja plastenika i cjelogodišnjem uzgoju rajčica u plasteniku površine 2500 m^2 u tri različita klimatska i zemljopisna područja R. Hrvatske. Kvantificiranim vrijednostima i pratećim dijagramima prikazani su interakcijska funkcionalnost oba sustava u odnosu na vanjske promjenjive meteorološke prilike te unutarnje stroge tehnološke i mikroklimatske uvjete. Istaknuti su utjecajni parametri i vremenski intervali „vodećeg pogonskog sustava“, te su dati energetski i ekonomski učinci cjelovitog sustava. Izravna primjena rezultata doprinosi racionalnijem projektiranju i većoj energetskoj učinkovitosti niskoakumulativnih objekata različitih i strogih tehnoloških zahtjeva.

6. Literatura

[1] Energy Conservation for Commercial Greenhouse, ISBN: O – 9358 17 – 74 – 3, 84 pages, New York, 2003.
[2] Greenhouse Engineering, ISBN: O – 9358 17 – 57 32, 212 pages, New York, 2005.
[3] Čikić, A., Pavković, B., Delač, B.: Potrošnja toplinske energije pri intenzivnoj proizvodnji “zelene” hrane; 2. Međunarodni kongres – dani inženjera strojarstva, Split 23. – 26. ožujak 2011., str 284 – 294.
[4] Computerized Environmental Control in Greenhouse, ISBN: 90 – 75627 – 01 – 07, 264 pages, London, 2005.
[5] William, J.R., Kazmierczak, J., Chan, M.: Energy conservation for commercial greenhouses, Cooperative Extension, Northeast Regional Agricurtural Engineering Service, Cornell University, 1989., (Wisconsin – Madison), 40 pages.

Renewable energy support schemes – for environment and/or for investors?

V. Varjú[1,*]

[1]Institute for Regional Studies, CERS of HAS, Pécs, Hungary

[*] Corresponding Author. E-mail: varju@rkk.hu

Abstract

In The EU2030 goal includes the increase of renewable energy share to at least of 27% of the EU's energy consumption. Renewables, especially photovoltaic energy investments and use became very popular in the last few years. New technologies and solution can contribute to an increasing development in renewable energy. However, there are societal factors that can influence this process. In order to achieve renewable goals governments started to support green electricity that caused huge boom in installed capacity in some central European countries. However, this increase causes negative effects, overuse of subsidies and the cut-back of supporting systems as states could not maintain this high level of support. Using the results of policy documents, development strategies, the author concludes by arguing that the key motivations of investing renewables are differs state by state, influenced by central government, but mainly depending on local stakeholders (mainly based on economic interests and using sustainability as a slogan, not reason). In order to find an ideal-typical supporting system we have to take into consideration not only economic but societal peculiarities as well.

Keywords: energy policy, renewable energy, subsidy, governance

1. Introduction

Preference for renewable energy sources is important not only because of the growing demand for energy but also because, according to the total life-cycle analysis of energy-producing installations, the environmental burden of the burning of fossil fuels is much heavier (air pollution, acid rain, thereby indirectly causing the pollution of waters, high levels of carbon-dioxide emission, which lead to the increase of green-house effects and to global warming) than that posed by renewable energy sources [1]. In accordance to this, EU2030 goal includes the increase of renewable energy share to at least of 27% of the EU's energy consumption, because of the climate change and to reduce (fossil) energy use. Renewables, especially photovoltaic (PV) energy investments and uses became very popular in the last few years.

Engineers and technological scientists are continuously providing know-how and new technological solutions what allow a significant increase in mass production causing a reduction in price, and this deployment resulted in wide-spread of new technologies in everyday life. New technologies and solution can contribute to an increasing development

in renewable energy. However, there are societal factors that can influence this process and these are usually skipped. Therefore, we argue, that it is important to take into consideration the „soft“ elements of the development in order to get a more deep understanding.
The paper focuses on the use of PV systems having regarded the receiving conditions of the society and its impact on it. Based on empirical and desk top research the paper reveals that how public is aware of renewable energy, and the peculiarities of the public involvement/participation in decision making (on local level) of such investment are also discussed.

2. Energy policies

The scale of the spread of PV energy production became huge by the end of 2014. One of the reasons could be the subsidy policy. The installation of systems became tangible from 2005, especially in the EU, where Germany has been the leader since 2004 [2], nonetheless, that the rate is only few % in the energy mix [3]. Concerning the literature solar energy can achieve a 10% rate in global energy mix by 2050. Due to the boom of renewables, there is a decreasing trend in subsidies. However, the predictable increase of photovoltaic systems raises several environmental policy and economic questions as well (cf. [4]).
The most important factor for photovoltaic energy production is the solar radiation, especially, because of the relatively law efficiency of the panels. However, as the German example shows us the role of radiation is not as important as it has been supposed beforehand. At the end of 2014 Germany bear the highest total and per-capita in-built PV capacity globally. Examining the solar radiation in Europe (Figure 1) and comparing the produced PV electricity (Figure 2) and the in-built capacity at the end of 2013 (Figure 3) we could see, that physical geographical factor is not dominant in installation.
The EU in its environmental policy declared the need for increase of renewable energy use (see 2001/77/EC and 2009/28/EC). In order to achieve the well known goals member states created strategies and programmes. According to these, countries use different support schemes in order to facilitate the spread of renewables. Tools of subsidy are various and their impacts on the spread of renewable technologies are different.

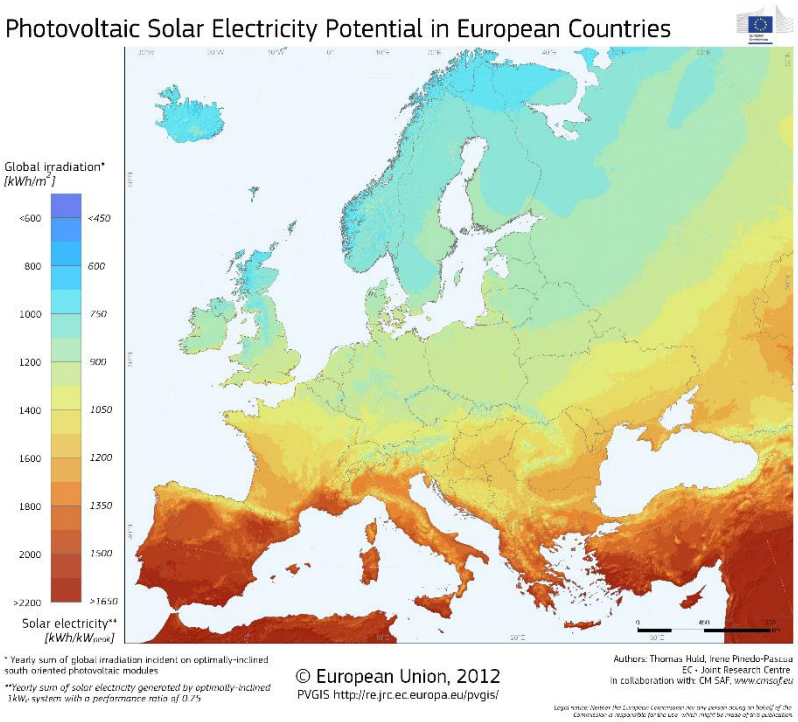


Figure 1. Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries (Source: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/

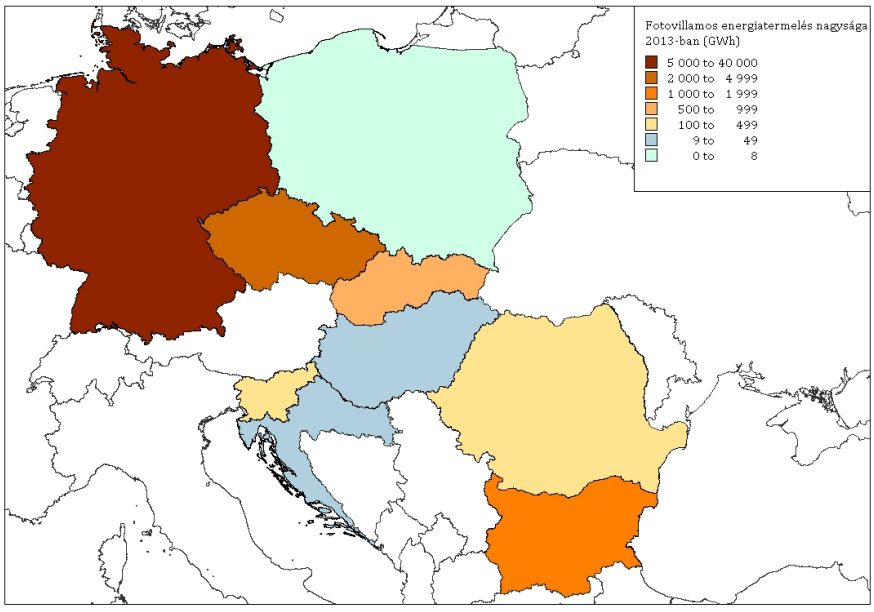


Figure 2. Photovoltaic energy production in some Central and Eastern European Countries in 2013 (GWh) (Source: own edition based on Photovoltaic energy barometer 2013 – EurObserv'ER, http://www.eurobserv-er.org/downloads.asp and http://photon.info)

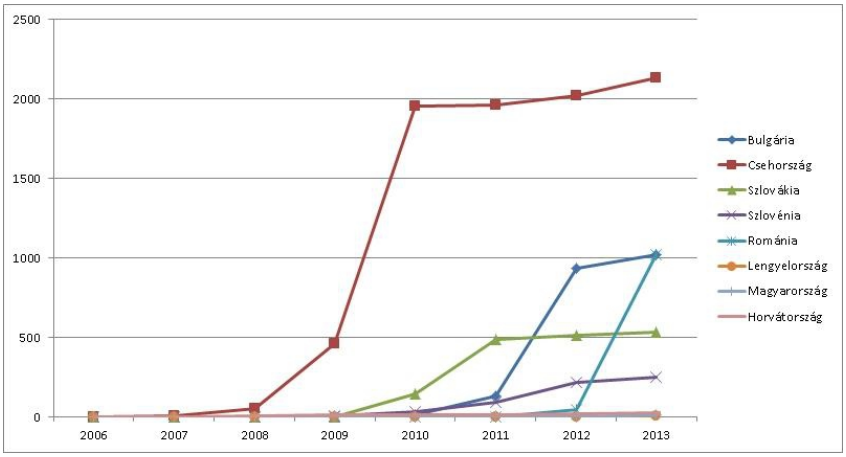


Figure 3. Photovoltaic in-built capacity in some Central and Eastern European Countries between 2006 and 2013 (MWp) (Source: own edition based on [5]; Photovoltaic energy barometer 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 – EurObserv'ER, and http://photon.info)

In the region, in 2000, firstly Poland (then Slovakia in 2003) declared tax-supporting and investment supporting tools in order to increase electricity production from renewable resources. In 2002 Czech Republic, Hungary and Latvia, in 2003 Bulgaria, in 2004 Slovenia, in 2005 Slovakia, in 2007 Croatia and in 2009 Lithuania introduced fix or premium feed-in systems. In 2008 Poland and Romania introduced quota systems [6]. However, as it can be seen later on, the date of introduction of a subsidy system could not influence the spread of renewables.

2.1. Bulgaria

In Bulgaria, first investments were created for demonstration only in 2006, in order to measure performance and cost-efficiency of PVs. However, after the first pilots, there were new on-grid installations, therefore, Bulgaria achieved the 1375 kW in-built capacity by 2008 [5]. Afterwards, the government of Bulgaria turned out very ambitious plans. The plan was to produce 11% of the electricity by PV, based on the good solar radiation values, that is comparable to Spain [2]. To achieve this goal, their legislation (introduced in 2003) ensure the possibility to purchase green electricity up to 10 MWh (in every year). The guaranteed feed-in tariff, introduce in 2009, ensure the electricity – made by renewable resources - feed-in for the network for 25 years, however, the tariff is revised in every year. At the beginning of 2000' Bulgaria, from EU funds and with the support of EBRD provided reduced credit rates for investors [5]. Although, due to the boom of renewable PV investments – what meant 843 MWp in 2012, and 177 MWp in-built capacities in 2013 – Bulgarian government cut the support of renewable investments, and in July, 2014 introduced a higher network connection price [7]. In 2013, the government introduced profit tax in the renewable sector, what was finally withdrawn due to the international pressure[1].

[1] http://www.photon.info/photon_news_detail_en.photon?id=87458

2.2. Czech Republic

The Czech subsidy policy of renewable energy – especially PV production – resulted in an extreme increase of PV in-built capacity in 2010, what was similar to globally seventh Spain. This boom had not antecedent. The renewable energy goal of Czech Republic was 8% by 2010. Until 2008, the country was far from this aim and achievement was irrealistic. The reason of fallback was the delay in EU legislation introduction and the lack of renewably subsidy policy. Therefore, the publicised rate of 8.24% was a surprise in 2010. The reason was threefold. Due to the extreme wet weather conditions the electricity production rate of hydroelectric power plants was higher (129% of the average), on the other hand the PV in-built capacity increased in 2009, especially highly in 2010. Furthermore, the biogas capacity also increased by 2010. On the other hand, the electricity consumption decreased due to the financial crisis [8].

The reason of PV boom was the political and economic subsidy; (distributors had to receive electricity from renewable resources on a fix price what was guaranteed for 15+5 years) [8]. The fix price is revised in every year, however, the reduction of the price cannot be more than 5%. The new legislation for PV came into effect in 2009. Moreover, PV investments were supported by tax allowance, investment subsidies and with reduced credit rates [5]. Due to the supporting energy policy PV in-built capacity increased to 39.5 MWp by 2008, 464.9 MWp in 2009, and by 1959.1 MWp by the end of the year of 2010 [9]. At the end of 2013 this value was 2132 MWp (and in 2014: 2134 MWp) what meant a 10.1% percent of the Czech electricity capacity [10]. However, after 2010 the growth of PV capacity has stopped do to the state distributor and policy regulations which resulted the suspension of permission for PV plants [8]. Additionally, the government introduced an extra 26% profit tax for PV plants (above 30 kWp). On the other hand, due to the increased subsidy, the consumption price of electricity has also increased, from 6,7 EUR/MWh (2010) to 16.8 EUR/MWh) [11]. Although, there was a major protest from investor side, Czech government remained the high, 26% extra profit tax on PV, nonetheless, that investors' trust had been overwhelmed and investments has almost stopped.

2.3. Slovakia

Slovak PV energy production is characterised by overdue and boom development. In-built capacity was 20 kW until 2006 and only 66 kW until 2008. Dynamic increase started in 2010 [5], [12]. In 2009, in order to achieve EU2020 goals Slovak government decided to guarantee to receive PV electricity for 15 years. In this year the government introduced a diversified but generous feed-in premium price system. The basic feed-in tariff and the premium was guaranteed for 15 years. Moreover, in the planning period of 2007-13 there were additional Structural Funds for PV investments for SMEs [5]. At the beginning, the feed-in tariff price was very high, since the number of installation growth to 500 MW in 2010. After that there was a 33% cut in 2011, while by 2012 the feed-in tariff dropped by the half of the price in 2009 [13].

2.4. Slovenia

The 25% 2020 goal of Slovenia is very ambitious, especially comparing to the 9% real (of 2005). However, the basis of it are the 4.3% hydropower (2011) and the 7,2% (2011) wood biomass (based on the countries physical geographical conditions) [14]. PV has also priority in grid connection [5]. In 2009, the introduced legislation created a very safe and profitable environment for PV. State guaranteed to purchase all the PV produced electricity [15], besides, the tariff consist of a fix and a flexible part where fix price is guaranteed for 5 years, while flexible part is fixed for one year, based on the market price [5]. In 2012, prices caused a 12-13 years of returning rate for investors, while with a 50% non-refundable investment support the returning time could be 6-8 years [15]. Power plants (creating electricity from renewables) below 5 MWp can chose from the guaranteed feed-in tariff and the premiums price system, whilst, power plants above 5 MWp can get the actual market price plus a premium. The latter power plants also have to make a contract with the operator (Borzen) in every year for selling the electricity [14].

Due to the mentioned allowances in 2011, there were 1390 smaller or bigger PV power plants in Slovenia, producing more than 90 MWh of electricity. The production was 130 MWh in 2012 [15]. However, the boom caused financial problems in subsidy policy affected not only PV but biogas power plant as well. (Besides PV, in biogas sector there was a huge boom too causing risk in food production in Slovenia. From 2009, installation of PV systems increased with 400% each year therefore, government had to revise subsidy policy in 2011 and 2012 again and decrease the feed-in and premium tariff. From 2013, government started to focus the support on house-hold PV systems with 5% bonus [14].

2.5. Romania

In 2012, in Ernst&Young's (2012) analysis, Romania was a "renewable paradise". The use of renewable resources increased significantly. In 2009, in Romania the in-built renewable energy capacity was 12 MWp. Due to the boom, this value was 2880 MW in 2013. PV shared 1150 MWp from this capacity. Concerning [7], this boom had four main factors: (1) prosperous global and environmental background; (2) proper European and Romanian supportive legal frame; (3) very good physical geographical potential; (4) renewable supportive European and Romanian environmental policy [7]. [5] highlighted that PV plants have priorities in grid connection and the process is very simple.

In Romania there is not feed-in tariff. Support is come from green certificates. Concerning [2] the quota system combined with green certificates does not absorb costs into electricity prices, however, as [7] showed, Romania started to rethink subsidy system due to the increase of household electricity prices. Concerning [12], the reason of deployment is that the cost of the produced electricity is ¼ of the selling price, and the state also gives other investment.

The affect of the growth (and support) of renewables can be detected in electricity prices. The negative effect can be examined especially in energy-intensive sectors. Therefore, Romanian government decided to cut down the support of green certificates from 2017. The number and the maximum price for green certificates would be reduced [7].

In Romania neither energy efficiency, nor promotion of renewables were effectively managed, the development was thank to EU resources. The average subsidy rate was 42%, so investors need to add for their investment only 58% of the total cost [16].

2.6. Poland

The PV deployment in Poland was slow. The reason was the lack of effective subsidy system and the negative approach of Polish government. At the end of 2008, in-built PV capacity was 1.11 MWp, almost all of them were off-grid system. PV power plants have not priority in the connection to the grid and the connection process is also complex. Furthermore the feed-in system does not make differences between types and sizes, therefore small investments have drawback [5]. Due to the plans, Poland would like to introduce feed-in tariff system from 2017, instead of the recent green certificate. The explanation (concerning the government) is that the feed-in tariff system is cheaper for the state and the treatment of it is also easier. The feed-in tariff will be combined with auction in order to make competitive situation [7]. The Polish PV deployment is still low, in Sep. 2014, in-built PV capacity was only 6.6 MWp[2].

2.7. Hungary

Regarding to the Croatia and Hungarian PV productions and problems see in details [17], [3]. Here, we are only focusing on the most important peculiarities in connection with the topic.

As on the Figure 1 can be seen, physical geographical situation is good in Hungary, from 2000, there is legal basis for renewables, especially in the southwest, where the “biggest” PV power plant in Hungary was installed with 499 kWp capacity, in 2013. However, Hungary’s capacity is very low. Even though, Hungary introduced steep recycling fee on solar modules in 2015.

In Hungary, the actors of PV investments were mainly telecommunication companies households (in order to reduce electricity price). Hungary has the feed-in tariff system with the lowest tariff (0.100 EUR/kWh[3]) in the region. In 2012 the price was similar (0.109 EUR/kWh[4]) and recently so (0.105 EUR/kWh)[5]. Although there is a Structural Fund based support for renewable investors, however, the amount is very small. In Hungary, there is another barrier for big investments. Above 500 kWp, electricity producers have to give an electricity production schedule for the operator in advance and if there is a discrepancy, producers have to pay penalty. (This limit i.e. in Slovakia is 4000 kWp.)

[2] http://www.photon.info/photon_news_detail_en.photon?id=88370

[3] In 2009, 0,105 EUR/kWh, 1EUR=267,55 HUF

[4] 1EUR=295 HUF

[5] 1EUR=305 HUF

2.8. Croatia

In Croatia renewable regulation was slow; however, due to the preparation for EU accession the process has accelerated [18].

Produced energy from renewable resources is coordinated by HROTE. Feed-in tariff as a subsidy is available and higher than in Hungary. However, there is a limit in every year for renewables for allowances [19].

From 2003, Environment Protection and Energy Efficiency Fund give support for sustainable investments in Croatia [18].

In Croatia feed-in tariffs between 2007 and 2012 were much higher, however, the price cut down by 2012. Other regulation has also regulated the Croatian market, however, the conditions are better than in Hungary.

3. Beyond subsidy – the governance factor

It is essential to examine investments in renewable or solar energy, to assess how their communication affects a given social group and in what ways such communication affects renewable/solar energy-related decisions made by that given group. As has been formulated by [20], “The existence, lack, number, composition, applicability and value of social relationships exert a fundamental influence on the every-day life of an individual or that of a community” [20], by which these factors have important implications for the spread of environmentally conscious patterns including also the advance of renewable/solar energy investments. Consequently, where there are intense social relationships (e.g. typically the interaction between small groups or between small communities), solar energy investments by individual actors more significantly affect other actors’ decisions [1]. With regard to environmental policy and the efficient utilisation of renewable energy, a necessary but not sufficient condition is constituted by the existence of regulatory and legal framework. Efficient environmental policy requires a decision-making mechanism which may be framed in terms of a suitable system of methods and procedures, an extensive pool of knowledge, and mutual consultation. The facts concerning occasional delays in strategic planning, the unpredictable nature of opportunities opened for the submission of project applications and uncertainties about how long such opportunities are kept open or delayed approval of production permits indicate that in Hungary, for the past few years no real improvements have been made either in the field of environmental policy planning or in renewable energy planning [17].

If we are going deep, and we try to analyse (especially small scale) investments, we have to focus on local level as well. It is a statement of fundamental fact that the development of a settlement substantially depends on the personal competence of decision-makers, settlement leaders and that of the actors present in social networks. “In relatively large settlements, there is always a complex organizational base present in the background of personal dominant influence” [21]. “The smaller a village, the more dependent its success is on the local government, the capabilities of the mayor and his/her ambitions” [22]. The lower the level of development, the more decisive the role of the individual is. Consequently, from an environmental policy point of view, taking active and effective actions is regarded as an unavoidable responsibility to be assumed by local actors [1].

According to formerly made interviews on local level in order to reveal social background of renewable small scale investments, we have found transparency level in terms of renewable energy is low while the institutional system seems to be rather politicized (in Hungary and in Croatia as well). There is only limited presence of objectivity and expert knowledge, which leaves a lot to be desired in this area. A conducted public survey also concluded that factors underlying motivations to use renewable energy have their basis in conventions (especially in Hungary) and in economic considerations. In Croatia and in Hungary level of environmental awareness is lower than the EU. Local photovoltaic investments hardly influence renewable energy utilisation of a given community, for the time being such investments have no measurable impact on the population's environmental awareness [1].

4. Conclusions

As it can be seen, the increase of PV investments, in other words, investments into sustainable energy use, and into our environment depend mainly on governments" subsidy policies. As the examples show, a very supportive policy can cause boom and can go hand in hand with widespread negative impacts, the result and the path is not unambiguous. To achieve the goals of EU2020 in order to reduce CO2 emission we should support renewables, but taking into consideration spin-off affects. Beyond these economic factors we have to bear in our mind, that societal elements has also as crucial as economic ones in achieving the before mentioned targets.

5. Acknowledgement

The recent publication and the presentation were partly made with the support of "The Long-term socio-economic forecasting for Hungary" project benefits from a €175,000 grant from Iceland, Liechtenstein and Norway through the EEA Grants. The recent publication and the presentation were of the publication was partly supported by Tempus Közalapítvány (former institution: Balassi Intézet Magyar Ösztöndíj Bizottság) Hungary in the partnership with Agency for Mobility and EU programmes, Croatia.

6. References

[1] Varjú V.: Social factors. In: Pelin, D.; Šljivac, D.; Topić, D.; Varjú V. (eds.) Regional Impacts of Different Photovoltaic Systems. Pécs: Publikon, 2014.
[2] Sarasa-Maestro, C.J.; Dufo-López, R.; Bernal-Agustín, J.L. Photovoltaic remuneration policies int he European Union. *Energy Policy*, (2013) 55; 317-328.
[3] Avril, S.; Mansilla, C.; Busson, M.; Lemaire, T. Photovoltaic energy policy: Financial estimation and performance comparison of the public support in five representative countries. *Energy Policy*, (2012) 51; 244-258.
[4] Pelin, D.; Šljivac, D.; Topić, D.; Varjú V. (eds.) Regional Impacts of Different Photovoltaic Systems. Pécs: Publikon, 2014.
[5] Dusonchet, L. & Telaretti, E. Economic analysis of different supporting policies for the production of electrical energy by solar photovolaics in eastern European Union countries. *Energy Policy*, (2010) 38; 4011-4020.

[6] Jenner, S.; Groba, F.; Indvik, J. Assessing the strength and effectiveness of renewable electricity feed-in tariffs in European Union countries. *Energy Policy*, (2013) 52; 385-401.

[7] Campeanu, V. & Pencea, S. Renewable energy sources in Romania: from a „paradise" of investors to a possible abandon or to another boom? The imapct of a new paradigm in Romanian renewable sources policy. *Procedia Economics and Finance*, (2014)8; 129-137.

[8] Sivek, M.; Kavina, P.; Maleckova, V.; Jirásek, J. Czech Republic and indicative targets of the European Union for electricity generation from renewable sources. *Energy Policy*, (2012), 469-475.

[9] Energy Regulatory Office 2009-11: Annual data summary of electric power system of the Czech Republic, Prague.

[10] ERÚ 2014: Yearly Report on the Operation of the Czech Electricity Grid for 2013, Prague.

[11] ERÚ 2011: Price decree 5/2011. Energeticky Regulacní Úrad.

[12] Horeczki R. Fotovoltaikus rendszerek fejlődése a környező országokban – Románia és Szlovákia. In: Varjú V. (szerk.): *Napelemes energia és környezet*. Pécs-Osijek: MTA KRTK RKI-ETFOS, 2014; pp. 107-113.

[13] Csikósová, A.; Antosová, M.; Senová, A.; Culková, K. Economical analysis of the photovoltaic systems – Case study Slovakia. *AASRI Procedia*, (2012), 2; 186-191.

[14] Al-Mansour, F.;Sucic, B.; Pusnik, M. Challenges and prospects of electricity production from renewable energy sources in Slovenia. *Energy*, http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.04.106

[15] Knez, M.; Jereb, B. Solar power plants – Alternative sustainable approach to greener environment: A case of Slovenia. *Sustainable Cities and Society*, (2013) 6, 37-32.

[16] Tapurica, O.C.; Tache, F. An empirical analysis of the projects aiming sustainable energy development (SED) in Romania. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (2014) 37, 13-20.

[17] Varjú V. (ed) *Napelemes energia és környezet*. Pécs-Osijek: MTA KRTK RKI-ETFOS, 2014.

[18] Lalic, D.; Popovski, K.; Gecevska, V.; Popovska Vasileska, S.; Tesic, Z. Analysis of the opportunities and challenges for renewable energy market int he Western Balkan countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (2011)15, 3187-3195.

[19] Suvák A. A fotovoltaikus energiatermelés jogszabályi és intézményi háttere Magyarországon és Horvátországban. In: Varjú V. (ed.) *Napelemes energia és környezet*. Pécs-Osijek: MTA KRTK RKI-ETFOS, 2014, pp. 73-83.

[20] Csizmadia Z. Társadalmi kapcsolatok a szlovák-magyar határtérségben. *Tér és Társadalom*. (2008), 3. 27–50.

[21] Pálné Kovács I. *Helyi kormányzás Magyarországon*. Budapest–Pécs: Dialóg Campus, 2008.[22] Faludi E. Aprófalvak együttműködési formái Baranyában. In: Kovács T. (ed.) *III. Falukonferencia. A mezőgazdaságtól a vidékfejlesztésig*. Pécs: MTA RKK 1995, 380–384.

Friction in metal microforming

B. Grizelj[1,*], D. Grizelj[2]

[1]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska
[2] Siemens, Zagreb, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: bgrizelj@sfsb.hr

Abstract

The work carried out some analysis microforming. Microforming in metal forming the production of small dimensions in at least two axes not exceeding 2mm. Technology is microforming differs in many ways from the conventional technology of metal forming. It is well recognized that expertise, experience, and theoretical knowledge available in conventionally sized metal forming cannot be simply transferred to microforming. This is due to so-called size effects which have distinct effect on material flow, friction and other process characteristics. Today, process simulation is a standard tool in industry, applied to support process lay-out and its optimization. However, as it is based on continuum mechanics, it is size-invariant at least for cold forging. Hence, it is obvious that due to the size effects, conventional simulation cannot be applied to microforming. In this paper two approaches are presented how to model specific phenomena of microforming in particular concerning material flow and friction. These are the mesoscopic model and a combination of the general friction law and mechanical rheological model, respectively. Both models are brought together to be finally applied to a combined micro cold-extrusion process.

Keywords**: metalforming, microforming, friction**

1. Introduction

Friction is sometimes helpful. For example, high friction on the punch surface helps increase reductions in deep drawing and ironing. In a few instances it has to have at least some small value, as in rolling where it assures entry of the workpiece into the roll gap and helps maintain rolling without skidding of the workpiece. However, in most instances friction is preferably reduced to zero by the introduction of a lubricant.

For purposes of predicting interface pressures, deforming forces, and energy requirements, the magnitude of τ_{FR} must be known. However, analysis is usually made simpler if the effect of friction is expressed by some nondimensional parameter. To date, two such parameters have found wide acceptance.

Following Coulomb's classical definition, the coefficient of friction μ is simply the ratio of frictional force to normal force, or of frictional stress to normal stress (die pressure),

$$\mu = \frac{F_{FR}}{F_n} = \frac{\tau_{FR}}{p} \quad (1)$$

It is possible that τ_{FR} increases linearly with p, and then μ may reach any constant value figure 1*a*. This is the case, for example, in the blankholder zone of a deep-drawing operation. However, μ cannot rise indefinitely [3] because sticking friction sets in when $\mu p \geq k$. In many bulk deformation processes $p \gg k$, and because k remains constant, the calculated μ actually drops figure 1*b*. Since $k \approx 0{,}5\sigma_f$ (or $0{,}557\sigma_f$ according to von Mises), it is sometimes said that $\mu_{max} = 0{,}5$, but this is true only when $p = \sigma_f$ ($\sigma_f = k_f$) figure 1c.

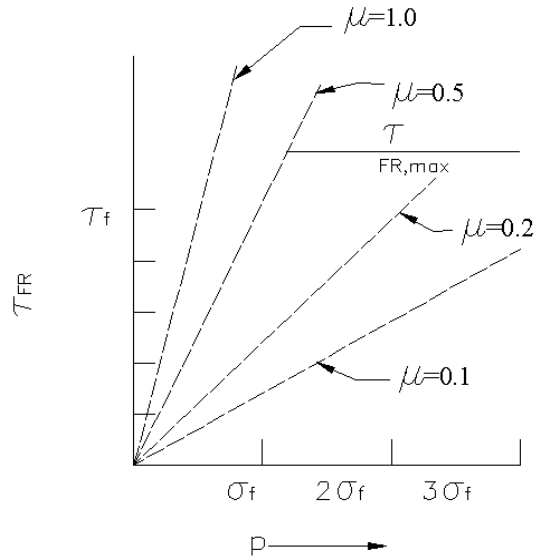


Figure 1a. Variation of interface shear strength

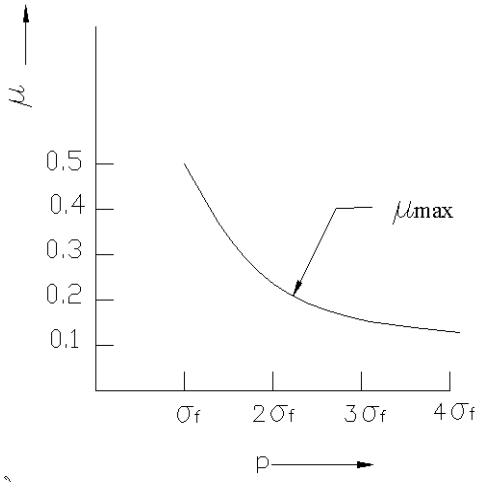


Figure 1b. Variation of maximum coefficient of friction with pressure

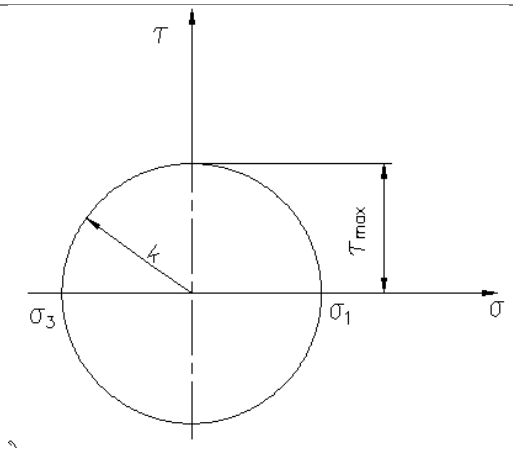


Figure 1.c Mohr s circle for pure shear

Here

$$\sigma_3 = -\sigma_1$$
$$\sigma_2 = 0$$

According to the shear-stress criterion, one obtains

$$\sigma_1 - \sigma_3 = k_f$$
$$\sigma_3 = -\sigma_1$$
$$\sigma_1 - (-\sigma_1) = k_f$$
$$2\sigma_1 = k_f$$
$$\sigma_1 = 0{,}5\, k_f$$
$$\tau_{max} = \sigma_1 = 0{,}5\, k_f$$

$$\mu_{max} = \frac{\tau_{max}}{k_f} = \frac{0.5k_f}{k_f} = 0{,}5 \qquad (1)$$

while the von Mises criterion yields

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2k_f^2$$
$\sigma_3 = -\sigma_1$ and $\sigma_2 = 0 \Rightarrow$
$$(\sigma_1 - 0)^2 + (0 - \sigma_1)^2 + [\sigma_1 - (-\sigma_1)]^2 = 2k_f^2$$
$$6\sigma_1^2 = 2k_f^2$$
$$\sigma_1 = \frac{k_f}{\sqrt{3}} = 0{,}577\, k_f$$
$$\tau_{max} = \sigma_1 = 0{,}577\, k_f$$

$$\mu_{max} = \frac{\tau_{max}}{k_f} = \frac{0.577k_f}{k_f} = 0{,}577 \qquad (2)$$

Light is the shift figure 1.d then figure1.e.

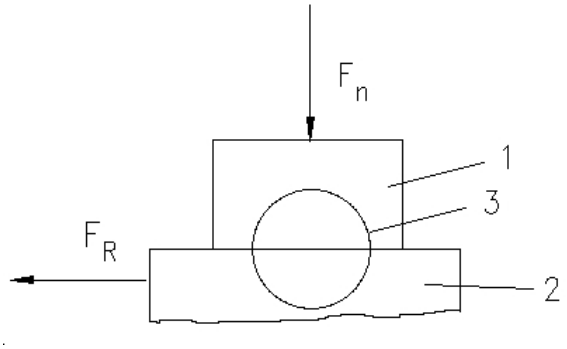


Figure 1.d Friction, 1-Die, 2-workpiece, 3-increased

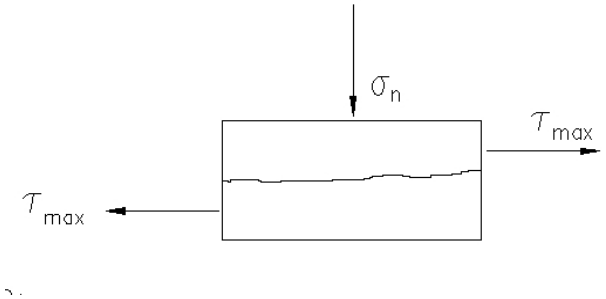


Figure 1.e Pure shear

It is much more accurate to say that the coefficient of friction becomes meaningless when $\mu p \geq k$ since there is no relative sliding at the interface. The possible misinterpretation of μ has led to the introduction of the frictional shear factor m defined as

$$\tau_{FR} = mk \tag{3}$$

Since τ_{FR} is now linked to a workpiece material property *k* which is a priori known (rather than to *p* which must be calculated), the use of *m* greatly simplifies calculations, especially those based on upper-bound theory or numerical techniques.
Whether μ or *m* is a better descriptor of interface properties has been a matter of debate, and not even a preliminary judgment can be made until the properties of real interfaces are examined [3].The work carried out some analysis microforming. Microforming in metal forming the production of small dimensions in at least two axes not exceeding 2mm. Technology is microforming differs in many ways from the conventional technology of metal forming. As it can be shown by analyzing the increasing market volume of electronic and micromechanical components, a general trend towards higher integrated functional density and miniaturization is obvious. Thus, the technology of microforming becomes more and more attractive when smallest metallic parts with high accuracy and production output are demanded [1]. Application: micro system technology and microelectromechanical system. Despite all of the advantages of microforming technology most of these parts are still made by machining processes. One of the main reasons is that forming technology cannot simply be transferred from conventional length scale to the ‘microworld’. This is due to material and process being subjected to so-called size effects. In order to evaluate and describe these

effects, basic investigations on various metal forming processes (bending, extrusion, upsetting, and others) have been done by performing experiments scaled down according to the similarity theory. In this way, two main effects have been identified: the size effect on the material flow and the one on the friction. The former can be traced back to the dependency of the material flow to the initial state of the grain structure or more precisely to the ratio between mean grain size and part dimension [2]. For simulation purpose a first approach is given by the surface layer model [1] yielding size-dependent results such as forming force in good agreement to what is observed. If additional aspects as e.g. process scatter or mould filling are to be considered, there is a necessity in describing the forming behavior of the material in a more detailed way. This can be realized by the more advanced approach the so-called mesoscopic model. The first of the objectives of the present paper is to explain this model by describing the experimental basis and the theoretical background. The second deals with the size dependence of friction. The size-effect in friction has first been investigated by scaled ring-test experiments keeping the geometrical similarity. The observed increase in friction was studied in more detail using double-cup extrusion tests. The results not only confirm the previously detected effect but have also been used as a basis for a theoretical approach [1] capable to describe the size dependence of the friction factor m. With respect to process simulation, this approach enables for the first time to model the specific characteristics of friction in microforming by simply applying conventional friction laws such as the law of constant friction stress $\tau = mk$.

2. General strategy

Putting in mind that size effects in microforming are mainly controlled by first the ratio between grain size and workpiece dimension and second the dependence of friction on specimen size, both becoming effective in parallel. For basic investigations it must be the objective to separate both effects as far as possible. For that purpose in the present approach two processes are considered, the flat upsetting of a cylindrical bar and the DCE-test. In the final step, the results are applied to a combined full-forward/cup-backward extrusion process for purpose of validation. The size effect related to material structure can be investigated in two different ways. The straightforward approach is to scale down the process. However, in this case the size effect on friction has to be considered. In order to exclude this effect i.e. to ensure constant friction conditions, the workpiece geometry is kept unchanged, and grain size is varied in a broad range. In this kind of physical modelling the fine grained and coarse grained material represent the macro and micro case, respectively. Process and process dimension has to be chosen adequately. This is the approach realized in the present study, in which the cylindrical flat upsetting test on “micro” specimen is considered. In order to get significant information about the scatter of process factors like forming limit and development of shape, a new simulation model is being developed which combines the advantages of grain modelling with a more realistic material behaviour. The behaviour of each grain is characterized by its size and by its position within the workpiece. The results of simulation are finally compared to the experimental results. The size effect related to friction is measured by the DCE-test (double **c**up **e**xtrusion) [1], which is in particular suited to reflect the load situation in cold forging. Starting from the results of scaled experiments the modelling approach is realized on the basis of the general friction law developed by Wanheim/Bay and the mechanical-rheological model.

3. Experiment

Experimental results using material with different grain structure figure 2.

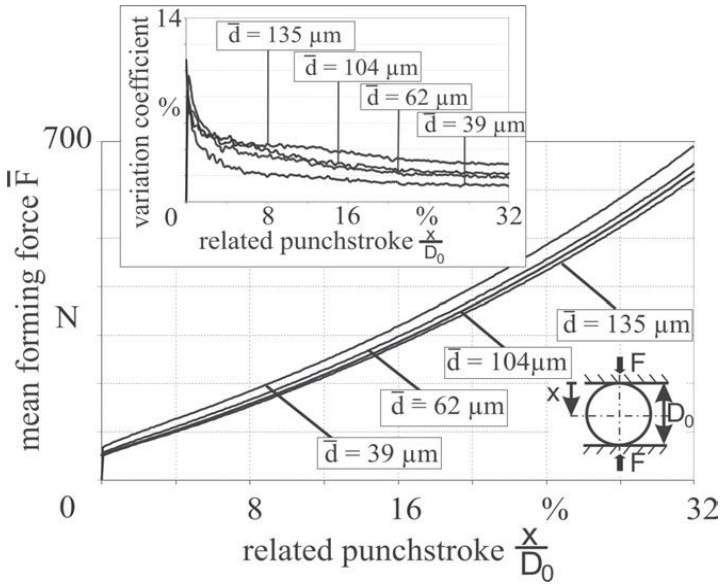


Figure 2. Experimental results using material with different grain structure

Setup of DCE (the double cup extrusion) test and friction dependent material flow [1] fig. 3.

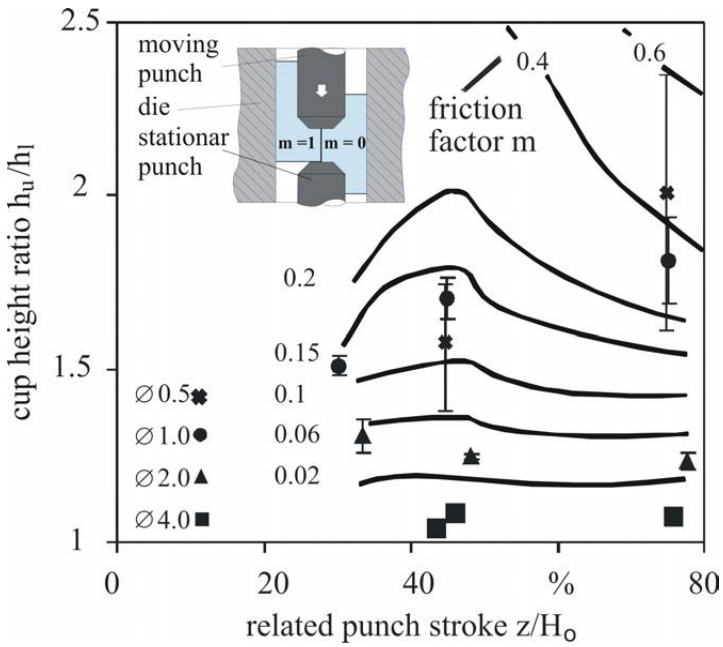


Figure3. Setup of DCE (the double cup extrusion) test and friction dependent material flow

4. Theoretical background

In the advanced approach, the mesoscopic model, the material is subdivided into single grains with individual properties, depending on their size and position within the material. Thus it will be possible to model even the local forming behaviour controlled by the local grain structure. The modelling of grain structure is based on the algorithm of the Monte-Carlo-Potts model [1] enabling the generation of synthetic 2D as well as 3D grain structures with predefined parameters. The synthetically generated grain structures are verified by a comparison with metallographically analyzed real ones. Comprehensive studies have

shown that the differences in the parameters of interest – mean linear grain size and its standard deviation – are below 2% and 15% respectively, both related to the values of the real grain structure, showing the efficiency of this method. The calculation of the flow stress of a single grain is based on two effects. On the one hand, it is calculated by means of the Hall-Petch equation which can be applied as long as the grain size is not at nanoscale, and on the other hand, on the position of the grain within the material which can be considered according to Ashby [1]. On this basis the yield stress τ is given by:

$$\tau = \tau_0 + \frac{m_{1,2} \cdot \tau_i \cdot \sqrt{\lambda}}{\sqrt{d_G}} \tag{4}$$

$m_{1,2}$ represents a transformation matrix for the different sliding systems in the adjoining grains, τ_0 is the critical shear stress in the considered grain and the factor λ represents the distance between the pile-up source and the dislocation. Dislocations are assumed to pile up until the stress concentration exceeds the stress τ_i. From this point on, dislocation sources will be activated in neighbouring grains. The fact, that the Hall-Petch factor for a single grain K_i is different to the integral Hall-Petch factor K leads to:

$$\tau = \tau_0 + \frac{K_i}{\sqrt{d_G}} \text{ with } K_i = m_{1,2} \cdot \tau_i \cdot \sqrt{\lambda} \tag{5}$$

The correlation between K_i and K is given by:

$$K_i = K \cdot \xi_i \tag{6}$$

where a newly introduced pile-up factor ξ_i describes simplified the amount of dislocation pile-up at the grain boundary region of a single grain and is defined by:

$$\xi_i = \frac{\overline{k_{nG}}}{k_G} = \frac{1}{k_G} \frac{1}{l_G} \sum l_c \cdot k_{nG} \tag{7}$$

$\overline{k_{nG}}$ is the mean yield stress of the neighbouring grains related to the contact length l_c. Since dislocation pile-up is not possible at a free surface, the pile-up factor there is set to zero and increases with the distance of the grains from the surface. Thus, the flow stress of grains positioned close to the free surface is reduced compared to grains being placed in the inner area of the specimen. Applying this model to macroscopic dimensions there is a large number of grains n within the workpiece and the influence of the surface on the integral material properties is very low.

The simulation of the flat upsetting test is carried out using the finite element simulation program MSC Superform 2003. The model consists of 11048 quadrilateral four node elements. The friction factor m is set to 0,2 arbitrarily. Simulations of the flat upsetting process varying the friction factor m in a range from 0,05 to 0,5 have shown that there is only a small influence of m on the forming results.
With the above described generation of a synthetic grain structure and the calculation of the material properties based on macroscopic determined values, the simulation model is able to show the experimentally determined reduction of the forming force depending on the

mean grain size. The results for the forming force as a function of punch displacement for different mean grain sizes, selected correspondingly to the experimentally determined ones, are shown in figure 4.

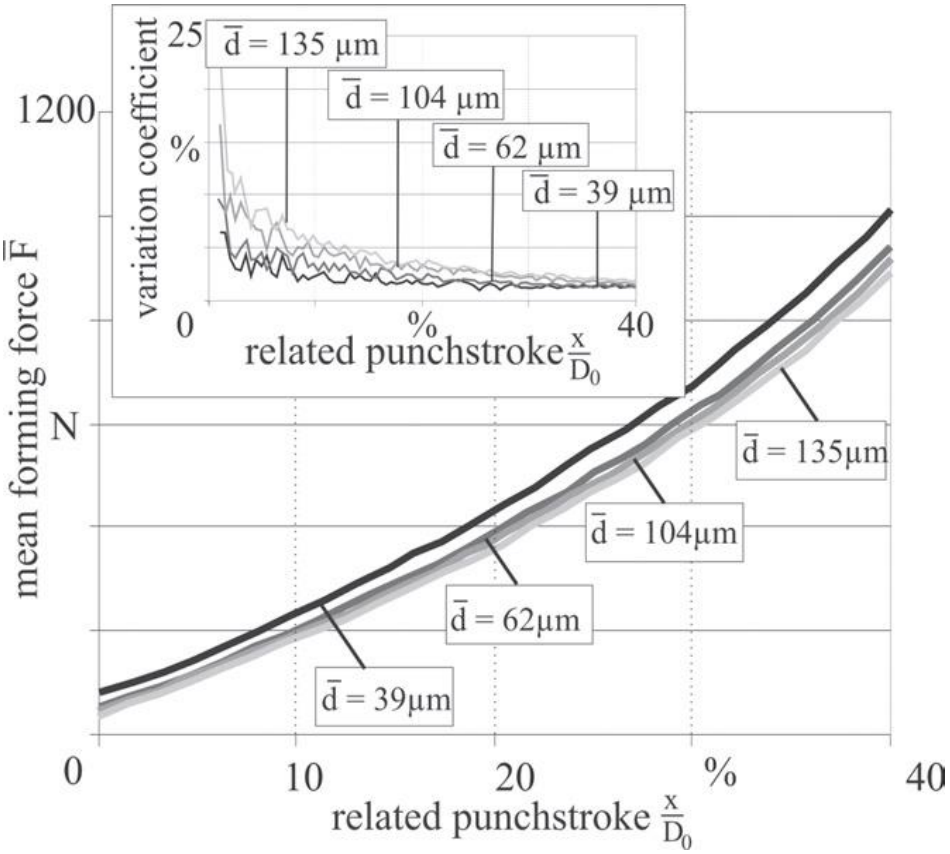


Figure 4. Simulation results with specimen characterized by different mean grain sizes.

The verification of the simulation model is done by the comparison between simulation and experimental results for distinct mean grain sizes. The values of interest are the forming force and its scatter respectively. These two parameters are identified as relevant parameters representing size effects. In order to compare simulation results with experiments, simulation is carried out with parameters equivalent to experimental determined grain structure attributes. The results from the simulations reflect the experimentally detected correlation between the mean grain size and the forming force in a quite acceptable way, figure 4. A more detailed comparison is given in figure 5, showing the good agreement in the runs of the forming forces. The maximum and mean differences are 10% and 2%, respectively related to the experimental data. Thus, the obtained results confirm the mesoscopic model including the algorithm of calculating the material properties of the grain structure.

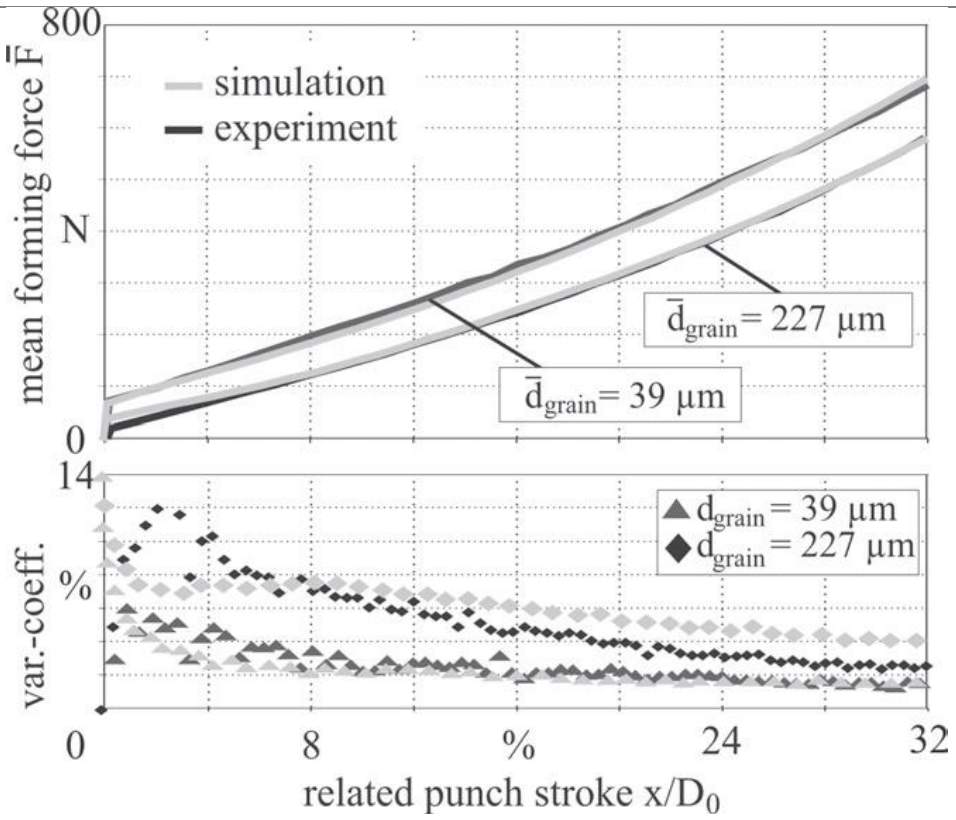


Figure 5. Comparison of the forming force between simulation und experimentally obtained results.

5. Conclusion

The work carried out some analysis mikroforming. Mikroforming in metal forming the production of small dimensions in at least two axes not exceeding 2mm. Technology is mikroforming differs in many ways from the conventional technology of metal forming.
Simulation of microforming processes close to the results of experiments is winning a growing interest in microforming society. It is well recognized, that simulation represents an important presupposition for pushing forward the application of microforming technology in practice. As it has been shown for some selected cold forging processes, a first step has been done successfully to reach this goal. The instruments developed so far are capable to model essential phenomena of microforming at least on a qualitative level. Additionally, on the basis of experimental and simulative results, the most relevant gaps in modelling are identified as well as the methods to fill them. Hence, progress can be expected in near future towards generalization of the modelling approach and its applicability on other processes relevant for microforming.

6. References

[1] Geiger, M.; Kleiner, M.; Eckstein, R.; Tiesler, N.; Engel, U., 2001, Microforming. CIRP Annals 50, p. 445-462.
[2] Engel, U.; Tiesler, N.; Eckstein, R., 2001, Microparts – A challenge for forming technology. In: Kuzman, K. (edtr): ICIT 2001.
[3] Grizelj, Branko, Volumensko oblikovanje deformiranjem. Slavonski brod. Strojarski fakultet u Slavonski Brod, 2012. ((ISBN 978-953-6048-69-4)
[4] Grizelj, Branko, Oblikovanje lima deformiranjem. Slavonski brod. Strojarski fakultet u Slavonski Brod, 2022. ((ISBN 953-6048-21-3)

Primjena plazma tehnologije u postupcima bojadisanja tekstila

Application of plasma technology for textile dyeing processes

S. Ercegović Ražić[1], J. Peran[1], A. Sutlović[1*]

[1]Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska

[*] Autor za korespodenciju. E-mail: ana.sutlovic@ttf.hr

Sažetak

U radu je opisano podrijetlo riječi pl*azma* i prisutnost u prirodi, te primjena u tekstilnoj industriji. Shematski je prikazana klasifikacija plazma postupaka u skladu s opsegom i prirodom modifikacije tekstilne površine prema više kriterija: energiji i gustoći nabijenih čestica, temperaturi, tlaku plina pri kojem nastaje plazma, vremenom obrade, vrsti plina/monomera, vrsti tekstilne podloge. Prikazana je uporaba plazme u procesu bojadisanja tekstila. Općenito, u procesima bojadisanja tekstilija, plazma postupak skraćuje vrijeme obrade i povećava brzinu iscrpljenja bojila te osigurava postojanost obojenja, manju upotrebu bojila i vode za postizanje povoljnih učinaka.

Abstract

The paper describes the origin of the word plasma and the presence of plasma in nature, and applications in the textile industry. Schematic shows the classification of plasma processes in accordance with the scope and nature of the modifications to the textile surface in several areas: energy and the density of charged particles, temperature, gas pressure, time processing, the type of gas/monomer, the type of textile substrate. Displayed is the use of plasma in the process of dyeing textiles. Generally, in the process of textile dyeing plasma process reduces processing time and increases the rate of exhaustion of dyes and ensuring color fastness, less use of dyes and water to achieve beneficial effects.

Ključne riječi: oplemenjivanje, plazma tehnologija, bojadisanje tekstila, energija, okoliš

1. Uvod

Plazma je četvrto stanje materije, nakon krutog, tekućeg i plinovitog stanja koje je predložio Faraday kao radijaciju (zračenje). Riječ *plazma* dolazi izvorno od grčke riječi *plásma,* što znači *samooblikovanje materijala*. *Irving Langmuir* upotrijebio je pojam plazme 1926. opisujući unutarnju regiju električnog pražnjenja. Definicija je kasnije proširena definiranjem stanja materije u kojem je značajan broj atoma i/ili molekula električki nabijen ili ioniziran. Prisutne komponente uključuju ione, slobodne elektrone, fotone, neutralne atome,

ultraljubičasto zračenje i molekule u osnovnom i pobuđenom stanju, te postoji velika vjerojatnost interakcije površine s organskim podlogama [1-7].

Tijekom posljednjih nekoliko godina dolazi do brzog širenja i komercijalizacije plazma tehnologije za poboljšanje svojstava površine tekstilnih materijala, a glavna prednost plazma površinskog postupka je smanjenje oštećenja proizvoda tijekom procesa [1]. Pretpostavlja se da će plazma tehnologija zamijeniti veliki dio ekološki nepodobnih procesa oplemenjivanja, te je stoga uvedena u tekstilnu industriju. Međutim, nedostatak tehnologije u odnosu na tradicionalne procese su još uvijek previsoki investicijski troškovi [1,5,6].

U prirodi je plazma najzastupljenije fizikalno stanje u kojem se nalazi 99 % vidljive materije u svemiru. Poznati primjeri plazme su *Aurora Borealis (Sjeverna zora)*, *Aurora Australis (Južna zora)*, *Van Allen Radiation Belt (Van Allenovi pojasi zračenja)*, plinovi u gornjoj atmosferi na zemlji, itd. Na zemlji, plazme se prirodno nalaze u obliku munjevitih strijela, te u dijelovima plamena. Međutim, prirodnu plazmu na današnjem stupnju razvoja tehnike nije moguće iskoristiti. Za primjenu u istraživanjima, tehnici i industriji, plazmu je potrebno proizvesti (tablica 1) [1,5,6].

Tablica 1. Prikaz različitih oblika plazme [1]

Umjetno proizvedena plazma	Zemaljske plazme	Svemirske i astrofizikalne plazme
Plazma u plazma zaslonima Plazma unutar fluoroscentnih lampi, neonskih reklama Ispušni plinovi raketa Područje ispred svemirskih letjelica tijekom njihovog ulaska u atmosferu Istraživanja energije fuzije Električni luk ili plazma baklje Plazma za površinsku modifikaciju tekstila	Rasvjeta Zrakoplovi Ionosfera Polarna aurora	Sunce i druge zvijezde (koje su zagrijane plazmom nuklearnom fuzijom) Solarni vjetar Međuplanetarni prostor Međuzvjezdane maglice

2. Primjena plazme u tekstilnoj industriji

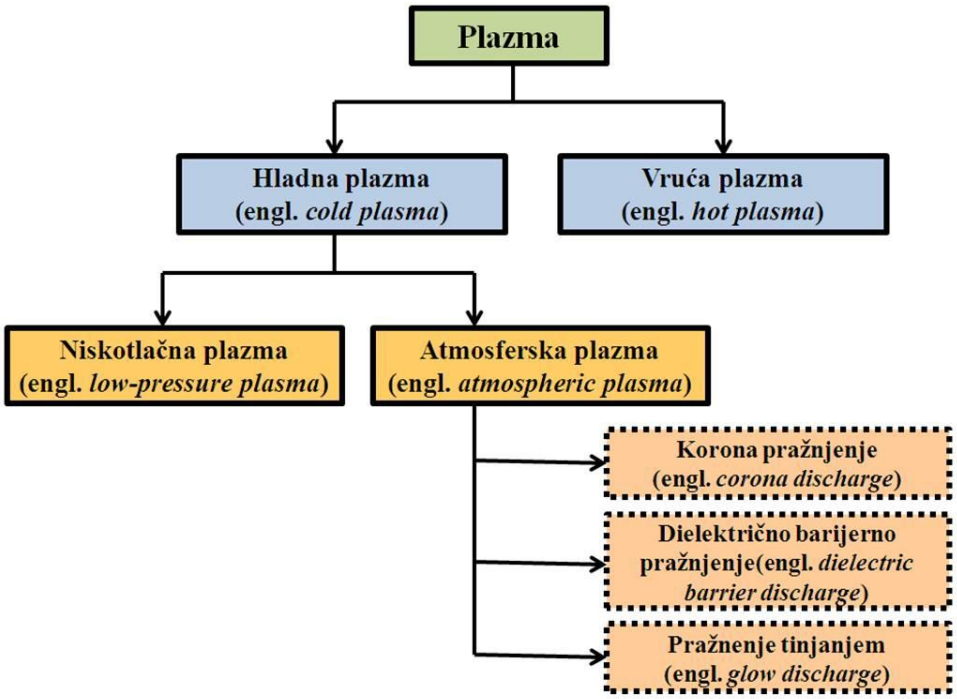
Plazma može promijeniti svojstva površine materijala na koristan način. Međutim, praktična primjena plazme zahtijeva razvoj pouzdanih i svestranih plazma sustava [8].

Plazma tehnologija ima nekoliko prednosti u odnosu na tradicionalne mokre procese, te se koristi za poboljšanje više svojstava koje u današnje vrijeme čine obradu plazmom privlačnom za ciljanu modifikaciju svojstava tekstilnih materijala, a i šire [1,5,6]:

- primjenjiva je za raznovrsne supstrate, tj. široke su mogućnosti izbora materijala za obradu, a neka posebna tekstilna svojstva mogu se dobiti samo postupkom plazme;
- mijenja površinu vlakana znatnije nego unutrašnjosti, te omogućuje da materijal zadrži duže vrijeme čvrstoću;
- potrošnja kemikalija vrlo je niska, potrebno je manje energije i vremena;

- primjena plazme je učinkovita u bojadisanju i tisku, kod odškrobljavanja, u postizanju povećanja hidrofilnosti i hidrofobnosti na površini tekstila, uljeodbojnosti;
- omogućuje poboljšanje sposobnosti kvašenja i adhezije, iskuhavanja**,** izbjeljivanja;
- koristi se za smanjenje skupljanja uzrokovanog pustenjem, poboljšanje antimikrobnih svojstava i smanjenju zapaljivosti tekstila;
- pogodna je za sterilizaciju, poboljšanje antistatičkih svojstava, regulaciju sjaja, UV zaštitnih svojstava, te za prijenos vlage;
- izrazitiji multifunkcionalni učinci postižu se ako se obrada plazmom kombinira s drugim agensima, različitim organskim i anorganskim česticama mikro i nano dimenzija;
- procesi se provode u suhim, zatvorenim i sigurnim sustavima;
- ekološki je vrlo prihvatljiva, plazma postupci mogu biti integrirani u proces proizvodnje, smanjuje onečišćenje i potrošnju energije, a proizvodnja otpada gotovo ne postoji;
- unatoč tome što je plazma postupak u početku primjene skup, postiže se veća brzina proizvodnje, kvalitetniji proizvod te oplemenjena tkanina koju je teško dobiti drugim postupcima ili se ne dobiva [1-6].

Oblici i vrste plazmi su brojni zbog čega se plazme mogu klasificirati u skladu s opsegom i prirodom modifikacije tekstilne površine prema više kriterija: energiji i gustoći nabijenih čestica, temperaturi, tlaku plina pri kojem nastaje plazma, vremenom obrade, vrsti plina/ monomera, vrsti tekstila, obliku supstrata, itd. Za optimizaciju plazma procesa važni čimbenici za plazma učinak su kemijska i fizikalna svojstva tekstila. Isti parametri plazme izazivaju različite učinke na površinama kemijski i morfološki različitih tekstilija, te korišteni parametri moraju biti pažljivo odabrani za svaku tekstilnu podlogu [9].
Ključni parametar za razlikovanje tehničkih plazmi je tlak neutralnog plina u kojem se kreću ionizirane čestice u odnosu na atmosferski tlak. Prema tom kriteriju plazme se svrstavaju na *niskotlačne*, *visokotlačne* i plazme *atmosferskog tlaka* (slika 1) [5].



Slika 1. Temeljna klasifikacija plazmi [5]

Vrijeme obrade usko je povezano s radnim tlakom. Istraživanja su pokazala da se pri obradi s niskotlačnom plazmom (p = konst.) postiže određeno prodiranje plazme i u unutrašnje slojeve tekstilnog materijala, dok pri obradi atmosferskom plazmom dolazi samo do promjene površinskog sloja bez obzira na vrijeme obrade. Općenito, kod dužeg vremena obrade aktivne čestice plazme prodiru sve dublje u strukturu materijala mijenjajući njegova svojstva [5,6].

Prema temperaturi pri kojoj se primjenjuju, plazme se dijele na *hladne* (engl. *cold plasma*) i *vruće* (engl. *hot plasma*) [4-6].

Vruće plazme su termički u ravnoteži, a korištena temperatura je u pravilu 1000 K. Stoga, nisu pogodne za obradu polimera i tekstilija. Temperatura hladne plazme približna je sobnoj ili malo iznad, tako da se može uspješno primijeniti za površinske modifikacije tekstila [7,8]. Poželjne su plazme visoke gustoće, jer elektroni utječu na molekule plina i stvaraju različite vrste pobuđenih stanja koje se koriste za tekstilne postupke. Većom koncentracijom elektrona postižu se brži plazma postupci. Međutim, plazme vrlo visoke gustoće (više od 10^{13} elektrona cm^{-3}) mogu postojati samo s vrlo visokim temperaturama plina (Vruća plazma) [1] pa su neprikladne za tekstilni postupak. Stoga se koriste u postupcima zavarivanja, toplinskog raspršivanja, rezanja metala te kao metoda za utvrđivanje metala pri analizi vode [5].

Ne-termalnu ili hladnu plazmu karakterizira velika razlika u temperaturi elektrona. Elektroni su izuzetno lagani, kreću se brzo i nemaju gotovo nikakav toplinski kapacitet. Ove plazme održavaju se prolaskom električne struje kroz plin. Niske temperature čine ih prikladnim za tekstilne postupke, a zahtijevaju niskotlačne ili vakuumske uvjete [3-5]. Takve plazme uspješno se koriste u širokom rasponu primjene od nanoznanosti do fuzijskih reaktora [3].

Za tekstilnu primjenu prikladna je hladna plazma, *niskotlačna* (engl. *low-pressure plasma*) i *atmosferska plazma* (engl. *atmospheric plasma*), postupak se izvodi na sobnoj temperaturi. Oba sustava mogu se koristiti za modifikaciju površinskih svojstava organskih i anorganskih supstrata (polimera, papira, drva, folija, pjena, netkanog i tkanog tekstila), u predobradi materijala ili obradi u kombinaciji s različitim drugim sredstvima (krutim anorganskim i organskim česticama) [5-8].

3. Primjena i učinak plazme na tekstilnoj površini

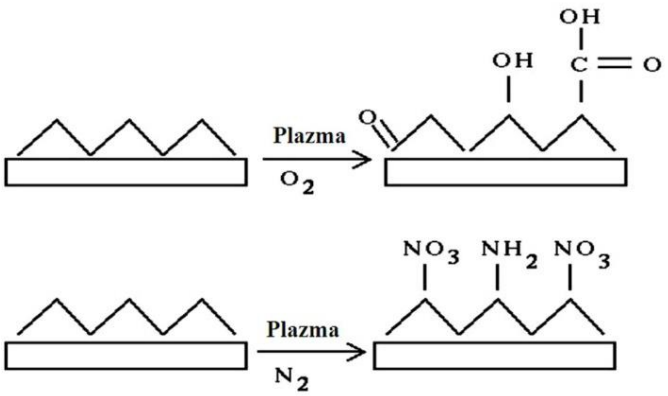
Industrijska primjena plazme još uvijek je vrlo ograničena, zbog „prepreka“ na različitim razinama (čistoća i površina podloge, zbog pojedinačnih vlakana, trodimenzionalna struktura podloge, itd.). Unatoč ograničenjima, u tekstilnom svijetu plazma je već integrirana za veliki broj aplikacija, s ciljem daljnjeg širenja primjene [10].

Plazma postupak može se provesti na različite načine kao što slijedi:

- Podloga može biti obrađena izravno u plazma zoni,
- Podloga može biti smještena izvan plazme (udaljeni proces),
- Podloga se može obraditi u plazmi, nakon čega slijedi cijepljenje,
- Podloga može biti obrađena s polimernom otopinom ili plinom, te se fiksiranje ili polimerizacija izvode naknadnim plazma postupkom [2,8].

Općenito se djelovanje plazme na površinu tekstilnog materijala može opisati kroz četiri skupine procesa:

- čišćenje površine, tj. uklanjanje tvari koje su prethodno nanesene na supstrat (engl. *plasma cleaning*),
- nagrizanje površine (engl. *plasma ablation or etching*),
- aktivacija i modifikacija površine prikazano na slici 2 (engl. *activation, plasma modification*),
- naslojavanje ili polimerizacija (engl. *deposition, plasma polimerisation*) [1,5,9].

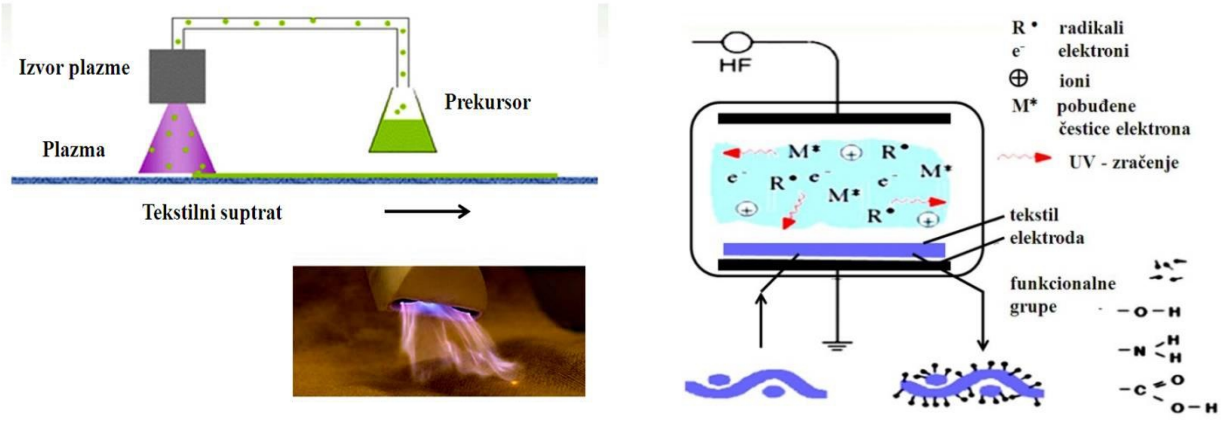


Slika 2. Primjer aktivacije površine supstitucijom vodika u polimernom lancu s drugim skupinama kao što su O, OH, COOH, NO_3, NH_2 [6]

Djelovanjem plazme tijekom čišćenja i nagrizanja površine polimernih materijala dolazi do kidanja kovalentnih veza na polimernom lancu. Ovakva površinska obrada plazmom u području tekstila koristi se za sterilizaciju i odškrobljavanje tekstilnih proizvoda, posebno primjenom atmosferske plazme [3-5].
Značajna je i primjena plazme kod modifikacije materijala nanošenjem organskih i anorganskih čestica na površinu materijala, odnosno polimerizacijom odgovarajućeg sredstva u površinskom sloju uz sudjelovanje plazme. Na taj se način mogu postići trajna poboljšanja otpornosti na grebanje, zamagljivanje, koroziju, prljanje, te poboljšanja hidrofobnosti, biokompatibilnosti, adhezije tijekom naslojavanja, zaštitnog naslojavanja i dr. Ovakva primjena plazme osobito je prisutna u medicinskoj tehnologiji i metalnoj industriji, ali i u tekstilnoj tehnologiji [3-5].
Polimerizacija plazmom omogućava nanošenje tankih slojeva različitih sredstava (kao što su fluorokarboni, hidrokarboni, organosilikoni, keramičke prevlake) na sve vrste tekstilnih supstrata. Potrebna je upotreba monomernog plina ili pare, koji sadrži atome kao što su ugljik, silicij, sumpor u radnom plinu. U području tekstilstva primjena polimerizacije plazmom koristi se za površinsku modifikaciju u svrhu dobivanja tekstila otpornog na gorenje, postizanja antimikrobnih svojstava, a kao suha i ekološki prihvatljiva tehnologija pokazuje određene prednosti u odnosu na odgovarajuće procese obrade u mokrom. Za ovakve obrade najčešće se koristi niskotlačna plazma sa zatvorenim reaktorom [1-5].

4. Učinak primjene plazme u bojadisanju tekstila

Tekstilna vlakna mogu se svrstati u dvije glavne skupine: prirodna i sintetska, a manipulacija površinskih svojstava tekstilnih materijala od temeljne je važnosti u proizvodnji naprednih funkcionalnih tekstilija. Prirodna vlakna kao što su svila, vuna, dlaka, juta, pamuk, celuloza i sl. nisu pogodna za mnoge uporabne proizvode i primjenu. Sintetska vlakna kemijski proizvedena poput viskoze, poliestera, polipropilena, najlona, poliamida čine važan dio u tekstilnoj industriji. Međutim, veliki nedostatak većine sintetskih vlakana je njihova niska površinska energija što uzrokuje slabu kvasivost i mogućnost bojadisanja.
U povijesti bojadisanja, kada su se koristila prirodna bojila mineralnog, biljnog i životinjskog porijekla pa do suvremenog koncepta uz korištenje sintetskih bojila, može se vidjeti da sva bojila imaju svoje osobitosti. Učinkovit procesa bojadisanja zahtjeva dobru adheziju i prodor molekula bojila u strukturu vlakana [11].
Istraživanjem upotrebe plazme na tekstilnim materijalima započelo se prije 30-ak godina, ali tek se u novije vrijeme rezultati istraživanja počinju prenositi u praksu. Najviše istraživanja je provedeno na sintetskim i nešto manje na prirodnim tekstilnim materijalima, a rezultati su pokazali da se bojadisanje tekstilija (slika 3) može značajno poboljšati plazma postupkom [3,8,11].
Tako primjerice, veće iscrpljenje bojila iz kupelji primjenom plazme smanjuje potrebnu količinu bojila i vode za postizanje željene nijanse teksilije. Mogućnost ponovnog korištenja otpadne vode, pridonosi smanjenju novih troškova i utjecaja na okolinu [8,11].



a. b.

Slika 3. Plazma postupak u bojadisanju tekstila [12]

Kod sintetskih tkanina, plazma uzrokuje nagrizanje vlakana i uvođenje polarnih grupa. *In situ* polimerizacija akrilne kiseline primjenjuje se za poliestersku, poliamidnu i polipropilensku tkaninu da bi se ocijenilo poboljšanje u bojadisanju osnovnim bojilima. Ovaj postupak može kasnije biti proširen korištenjem različitih monomera za poboljšanje afiniteta vlakana prema drugim vrstama bojila [2,8].

5. Zaključak

Tekstilna industrija je jedna od vodećih industrija u zagađenju okoliša zbog različitih procesa, kao što su pranje, bijeljenje, mercerizacija, odškrobljavanje, bojadisanje. Ekološki i ekonomski utjecaji zahtijevaju razvoj gospodarski povoljnijih "zelenih" postupaka, poput plazme koja zauzima sve značajnije mjesto u predobradi i obradi tekstilne podloge. Općenito, u procesima bojadisanja tekstilija, plazma postupak skraćuje vrijeme obrade i povećava brzinu iscrpljenja bojila te osigurava postojanost obojenja, manju upotrebu bojila i vode za postizanje povoljnih učinaka.

6. Literatura

[1] Desai, A.A. Plasma technology: A review, 2008, URL: http://www.indiantextilejournal.com/articles/fadetails.asp?id=775, Pristupljeno: [14_08_2014]
[2] Guglani, R. Recent developments in textile dyeing techniques, URL: http://www.fibre2fashion.com/industry-article/12/1171/recent-developments-in-textile-dyeing-techniques1.asp, Pristupljeno: [14_08_2014]
[3] Gorjanc, M. i Gorenšek, M. Funkcionalizacija pamuka plazmom, *Tekstil* 59 (1-2) 20-29 (2010.)
[4] Yadav, Y. i Singh, R. An overview of the advance emerging techniques in textile industries, *Orient. J. Chem.,* Vol. 26(2), 527-535 (2010)
[5] Ercegovic Ražić, S., Čunko, R. Modifikacija svojstava tekstilija primjenom plazme. *Tekstil* **58** (3) 55-74. (2009.)

[6] Peran, J. Antimikrobna učinkovitost umjetnih celuloznih materijala postignuta modifikacijama površine plazmom i organosilikonskim/Ag spojevima, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Rad za Rektorovu nagradu, Zagreb, 2014

[7] Surdu, L., Cioara, I., Ghituleasa, C. i sur. Research regarding the plasma hydrophobization of textile materials for medical articles, 14th Romanian Textiles and Leather Conference – CORTEP 2012, Sinaia, 6 - 8 September 2012, 468-475.

[8] Shah, J.N. i Shah, SiR. Innovative Plasma Technology in Textile Processing: A Step towards Green Environment, *Research Journal of Engineering Sciences,* Vol. 2(4), 34-39, April (2013)

[9] Gorjanc, M. i Gorenšek, M. Plasma processing of cotton and polyester – is there a difference?, 12th World Textile Conference AUTEX, June 13th to 15th 2012, Zadar, Croatia, 655-658.

[10] Buyle, G. Nanoscale finishing of textiles via plasma Treatment. Materials Technology 2009 Vol 24 No 1, 46-51.

[11] Deshmukh, R.R. i Bhat, NV. Pretreatments of Textiles Prior to Dyeing: Plasma Processing, Textile Dyeing, Hauser P (Ed.), ISBN: 978-953-307-565-5, InTech, 2011, 33-56, URL: http://www.intechopen.com/books/textile-dyeing/pretreatments-of-textiles-prior-to-dyeing-plasma-processing, Pristupljeno: [16_08_2014]

[12] Shishoo, R. Plasma Technologies for Textiles. Woodhead Publishing in Textiles, Abington, 2007, URL: http://books.google.hr/books?id=LIkAgAAQBAJ&pg=PA261&lpg=PA261&dq=Chloramine+Fast+Red+K+direct+dye&source=bl&ots=K7q23DW2J&sig=DBb7KfmJwbeZqi9NAdYf2WlcUQ&hl=hr&sa=X&ei=d7lU9DOPMW47Abb6oDQDQ&ved=0CB8Q6AEwAQ#v=onepage&q=Chloramine%20Fast%20Red%20K%20direct%20dye&f=false, Pristupljeno: [16_08_2014]

Kako saznajemo i koliko znamo o energiji, prirodnom plinu i obnovljivim izvorima energije?
How do we learn and how much we know about energy, natural gas and renewable energy sources?

K. Hornung[1,2*], M. Stojkov[2*], E.Hnatko[2], M.Hornung[3]

[1] Srednja škola Valpovo, Valpovo, Hrvatska
[2] Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska
[3]Prva ekonomska škola, Zagreb

[*]Autori za korespodenciju. E-mail: krunoslav.hornung@os.htnet.hr
marinko.stojkov@sfsb.hr

Sažetak

U prvom dijelu članka analiziraju se izvori i potrošnja energije u Republici Hrvatskoj tijekom proteklih godina, sa posebnim osvrtom na prirodni plin i obnovljive izvore energije. Prikazani su osnovni podaci koliko energije trošimo ali što je još bitnije i kako proizvodimo / nabavljamo energiju. Drugi dio članka donosi analizu podataka ankete provedene u nekoliko obrazovnih ustanova – osnovne i srednje škole. Anketa se bazira na općim podacima o tome gdje možemo doći do informacija o energentima, potrošnji određenih vrsta energenata, o obnovljivim izvorima energije kao i mogućnostima uštede energije.

Analiza dobivenih podataka trebala bi pokazati koliko mlađi naraštaji znaju o bitnim stvarima vezanim uz proizvodnju, potrošnju i uštedu energije. Koliko znaju o utjecajima trošenja energije na okoliš te da li razmišljaju o štednji, uštedama, promjenama u ponašanju prema korištenju i potrošnji energije, utjecaju pojedinih energenata na okoliš, mogućnostima promjene energenata i / ili korištenju obnovljivih izvora energije.

Isto tako, analiziraju se podaci na koji su način subjekti došli do informacija o energiji, potrošnji, utjecajima na naš život i okoliš, te da li imaju interesa saznati nešto novo o obnovljivim izvorima energije.

Abstract

In the first part of the paper, power sources and energy consumption in Croatia in recent years are being analyzed, with special review on natural gas and renewable energy sources. The basic information about energy consumption and more importantly “generated” and purchased energy are shown.

The second part of the paper presents an analysis of survey data in several educational institutions - primary and secondary schools. The survey is based on general information

about where young people can get information about energy, consumption of certain types of energy, about the renewable energy and energy saving options.
Analysis of the obtained data should show how the young generations know about important matters related to production, consumption and energy savings. Also, it should emphasize their knowledge level about impacts of energy consumption on the environment and their usually way of thinking about energy savings, changes in behavior according to the energy use and consumption, the impact of individual energy sources on the environment, the possibilities of change of energy sources and / or renewable energy sources usage.
Also, given data are analyzing information sources about energy consumption, impacts on our lives and the environment, and about their interests for learning something new about renewable energy.

Ključne riječi: obnovljivi izvori energije, Sučeva energija, prirodni plin, ušteda energije, održivi razvoj, potrošnja energije,

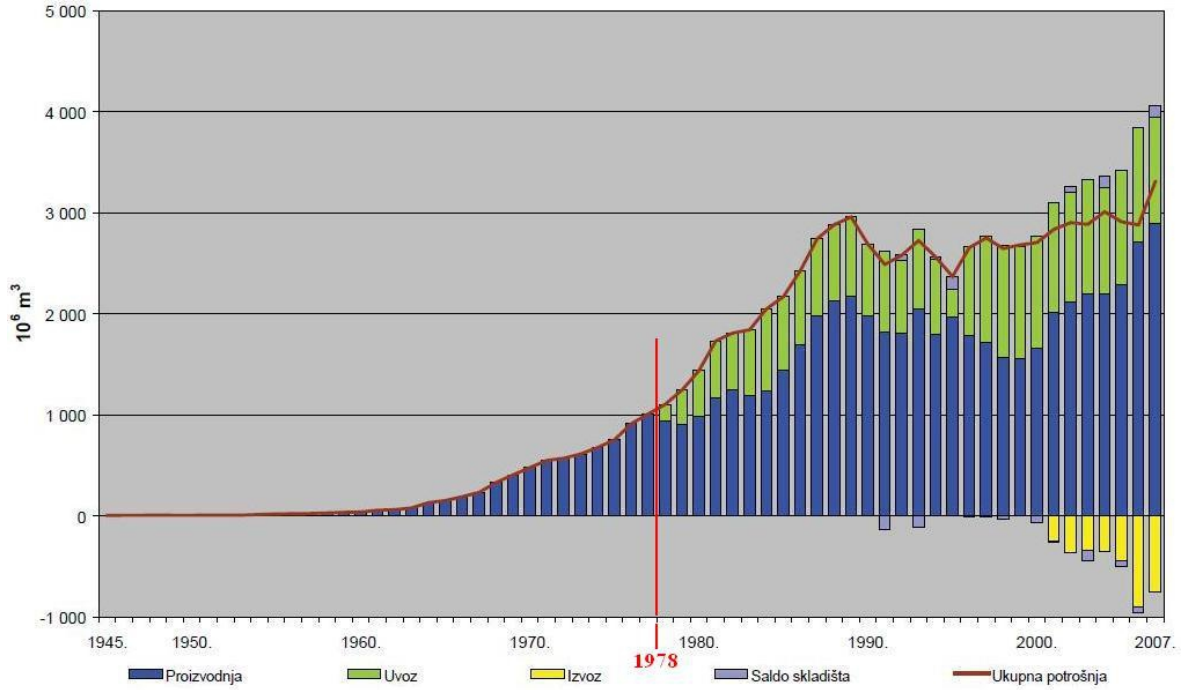
1. Uvod

Kako raste ljudska populacija i kako se razvija tehnologija, tehnološke proizvodnje i ekonomije, trošimo više prirodnih resursa nego što nam ova naša Zemlja može osigurati, sve se više suočavamo sa velikim problemima utjecaja na okoliš, u vidu zagađenja prirode i nekontroliranog iskorištavanja prirodnih dobara. Umjesto stvaranja izobilja i prosperiteta, uzrokovali smo oskudice i krize, koje su u svijetu sve očitije. Našim dosadašnjim odnosom prema prirodi stvorili smo vrlo teške probleme, koje moramo rješavati nekim novim, ekološkim pristupom, a ne kao do sada. Potrebno je pronaći odgovarajući model kojim bismo se skladnije i odgovornije odnosili prema prirodi.
Konkretniji podaci o trošenju prirodnih resursa, mogu se vidjeti kroz ekološki otisak per capita. Tako npr. pojedine razvijene zemlje imaju otisak koji je daleko iznad mogućnosti ove naše Zemlje (Kuwait preko 10, Qatar preko 8, Ujedinjeni Arapski Emirati, Danska, Belgija i SAD blizu, 8, Švedska blizu 6). S druge strane, Hrvatska troši resurse 1,86 planeta, a susjedna nam Bosna i Hercegovina troši 1,46, dok podaci za Sloveniju pokazuju da troše 2,64.
Ekološki otisak država članica EU pokazuje da živimo iznad mogućnosti, pa kada bi svatko na planetu živio poput prosječnog stanovnika EU, čovječanstvo bi trebalo 2,6 planeta da održi naše potrebe za resursima [1,2].
Optimalno korištenje prirodnih resursa zahtijeva promjenu naših životnih navika i uvjeta (održivi gradovi, eko-sela), ponovnu procjenu ekonomskih sektora (održiva poljoprivreda, perma-kultura,) ili radne prakse (održiva arhitektura) upotrebom znanosti, novih tehnologija i racionalno korištenje energije (zelene tehnologije, obnovljiva energija), te prilagodbu životnih stilova prema očuvanju prirodnih resursa.

2. Proizvodnja i potrošnja energije u Republici hrvatskoj

Prošlo je mnogo godina od vremena kada smo proizvodili dovoljno energenata da zadovoljimo vlastitu potrošnju. Kao najbolja ilustracija, može nam poslužiti proizvodnja i potrošnja prirodnog plina u Hrvatskoj koju možemo promatrati kroz dva razdoblja. Prvo

razdoblje je do 1978. kada smo trošili plina koliko smo i proizveli, i drugo nakon 1978. od kada trošimo više plina nego što proizvedemo, kao što je prikazano na slici 1, [3].



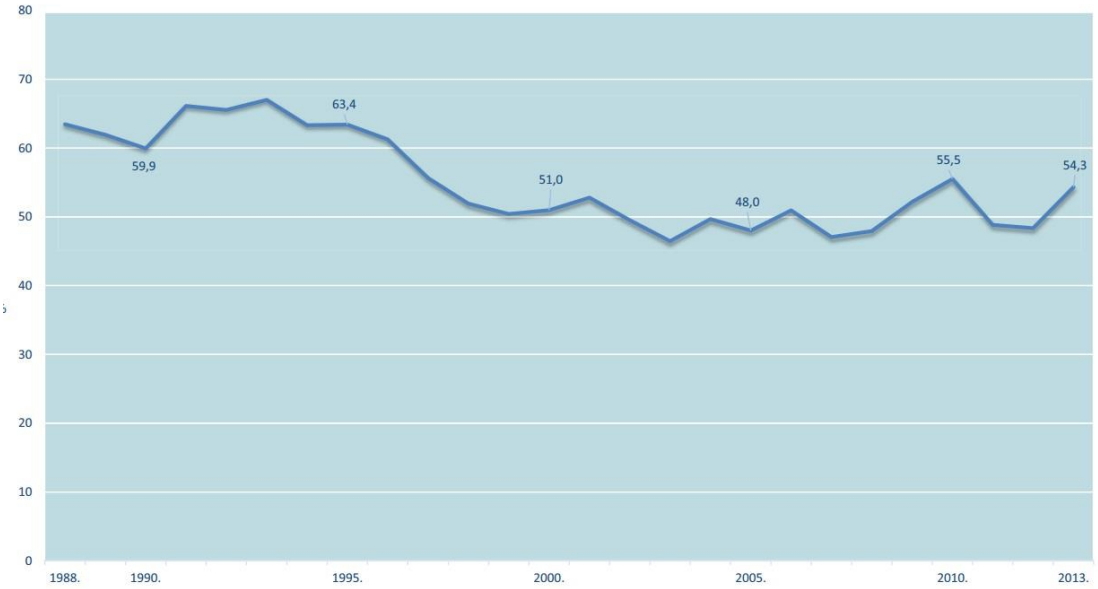
Slika 1. Raspoložive količine prirodnog plina u Hrvatskoj od 1945. do 2007. [3]

U današnje vrijeme, iako su ulaganja u energetici iznimno velika, potrošnja energije znatno brže raste od proizvodnje pa smo primorani uvoziti određene količine energije. Tijekom godina proizvodnja i potrošnja primarne energije u Republici Hrvatskoj se mijenjala tako da imamo godine kada je bilo povećanje proizvodnje primarne energije, a najveći utjecaj su imale povoljne hidrološke prilike. Isto tako i potrošnja energije se mijenjala, ovisno o klimatskim uvjetima. U tablici 1. prikazane su postotne promjene u proizvodnji i potrošnji primarne energije u periodu od 2007. – 2013. godine.

Tablica 1. Postotna promjena proizvodnje i potrošnje primarne energije po godinama [3,4,5,6,7,8,9]

Usporedba godina	Proizvodnja primarne energije [%]	Potrošnja primarne energije [%]
2008. / 2007.	+ 0,9	- 0,9
2009. / 2008.	+ 7,1	- 1,6
2010. / 2009.	+ 7,3	+ 0,8
2011. / 2010.	- 18	- 6,8
2012. / 2011.	- 5,6	- 4,7
2013. / 2012.	+ 17	+ 4,1

Pokrivenost potrošnje primarne energije s energijom iz domaćih izvora zadnjih se godina stalno kreće oko 50 %, tako je npr. u 2013. godini iznosila 54,3%, što predstavlja porast od 12,4 % u odnosu na prethodnu godinu, kao što je prikazano na slici 2, [4].



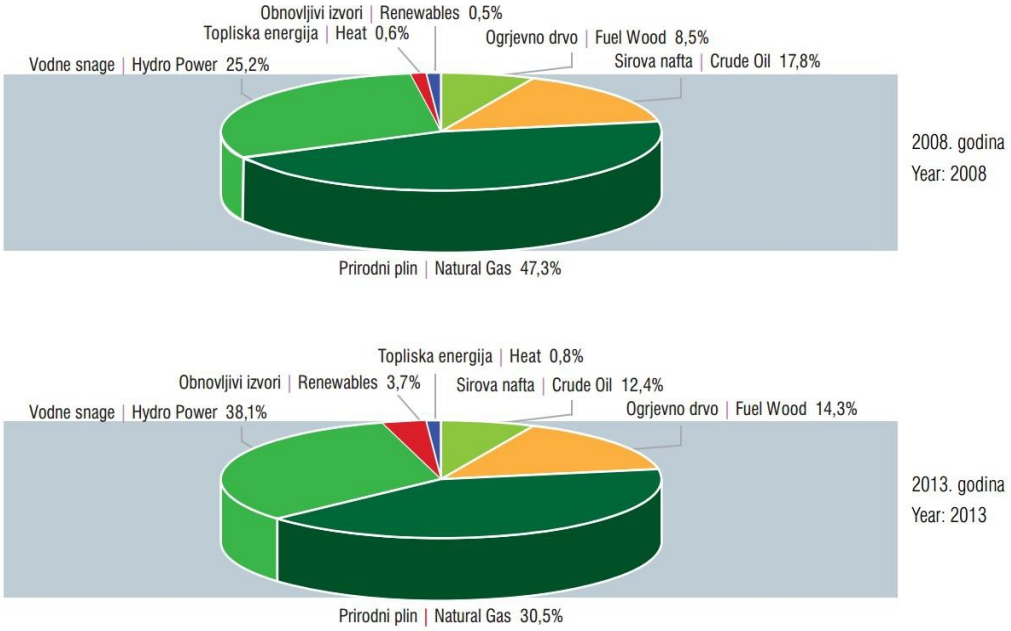
Slika 2. Vlastita opskrbljenost primarnom energijom u RH [4]

Kao izvori energije, danas dominiraju prirodni plin, hidroenergija i sirova nafta. Kako je količina hidroenergije ovisna o klimi i klimatskim promjenama, prirodni plin i sirova nafta trebaju nadomjestiti nedostatak određene količine hidroenergije nastao lošim klimatskim uvjetima i obratno.

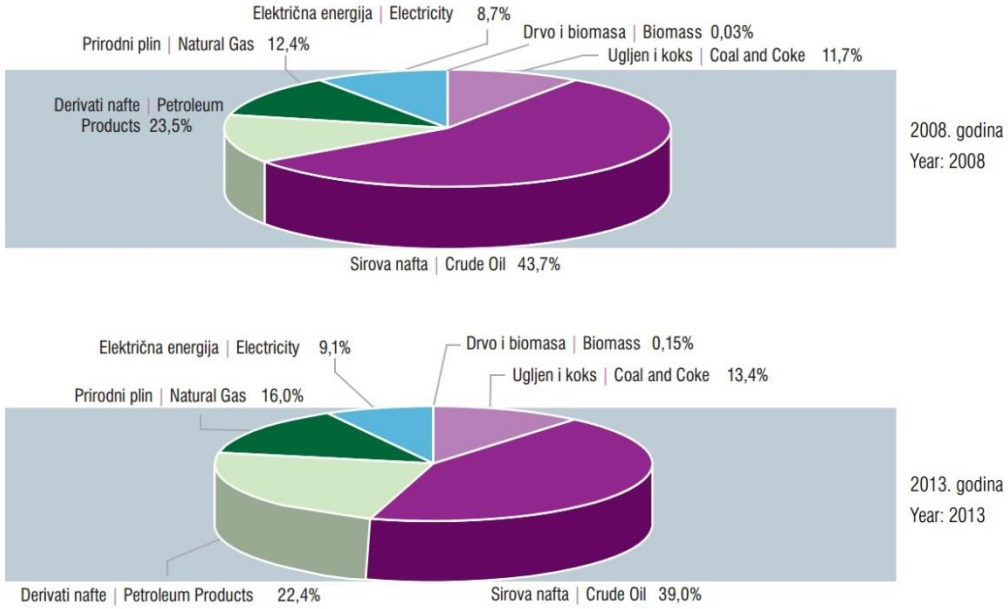
Povoljne hidrološke prilike u 2013. godini osnovni su razlog porasta ukupne proizvodnje primarne energije jer je iskoristivost hidroenergije povećana za čak 73,6 posto. Porast je ostvaren i u proizvodnji svih ostalih primarnih oblika, a samo je proizvodnja prirodnog plina smanjena za 8,8 %.

Najveće postotno povećanje proizvodnje energije, ostvareno je u području obnovljivih izvora energije (energija Sunca, energija vjetra, bioplin, tekuća bio-goriva i geotermalna energija) te je iznosilo 36,1 %. Proizvodnja ogrjevnog drva i ostale krute biomase, kao i toplinske energije iz toplinskih crpki povećana je za 1,5 %. Najmanji porast ostvaren je u proizvodnji sirove nafte i iznosio je 0,4 % [4].

Iz toga proizlazi, a vidi se i na slikama 3. i 4. da su dobri hidrološki uvjeti utjecali na smanjenje uvoza određenih oblika energije (prvenstveno nafte i plina).



Slika 3. Udjeli u proizvodnji primarne energije u RH [4].



Slika 4. Udjeli u energiji uvezenoj u RH [4].

Iz navedenoga, vidimo da se proizvodnja i potrošnja energije mijenja iz godine u godinu, ali različita je i u pojedinim dijelovima kako kod nas, tako i u cijelom svijetu. Naše potrebe i želja za „imati što više“, uvjetuju različite poglede na razvoj, potrošnju i racionalno korištenje određenih prirodnih resursa.

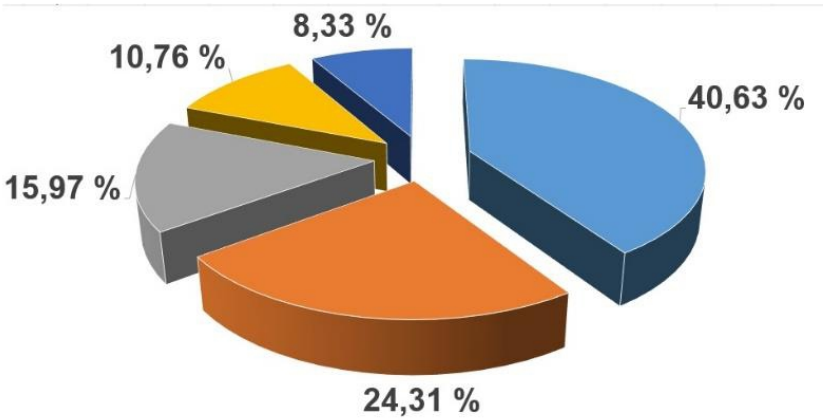
Naš odnos prema proizvodnji i potrošnji energije, pored određenih potreba, najviše je uvjetovan našim interesom i znanjem o tome kako nešto možemo napraviti, preraditi, iskoristiti, sačuvati, preraditi i sl.

3. Analiza ankete [10]

Kako je u uvodu već napisano, trošimo više energije nego što je potrebno. Međutim, postavlja se pitanje, koliko uopće znamo o energiji, potrošnji, štednji i sl. Povod za anketu je ovogodišnji Festival znanosti sa temom – Sunce. U pokušaju da se dođe do nekoliko odgovora na neka od mnogih pitanja, provedena je mala anketa među učeničkom populacijom. U anketi su sudjelovali učenici jedne osnovne škole (4 osma razreda), te 11 razreda iz tri srednje škole (Valpovo, Požega, Zagreb), različitih usmjerenja (gimnazija, ekonomisti, tokari, bravari, elektrotehničari, ….).
Rezultati ankete su vrlo interesantni i trebali bismo se zamisliti nad njima. Jedno od prvih pitanja je o želji za sudjelovanjem u anketi, cijeli razredi su znali odgovoriti da ih tema o energiji uopće ne zanima i da ne žele sudjelovati.

Ostali, koji su sudjelovali, ovako su se izjasnili na neka od pitanja:

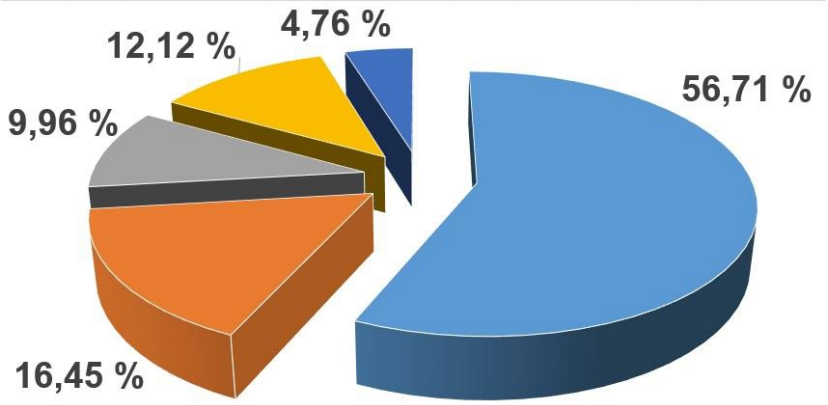
Pitanje br. 1. *Informacije koje znaš o Suncu, dobio si :* (Grafički prikaz rezultata prikazan je na slici 5.)



a) U školi, 40,63 %
b) Preko interneta, 24,31 %
c) Putem predavanja, 15,97 %
d) Putem medija, 10,76 %
e) Ostalo, 8,33 %

Slika 5. Postotci odgovora na pitanje br. 1.

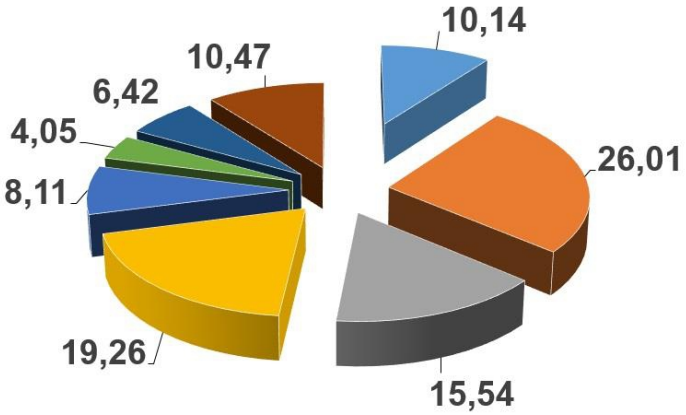
Pitanje br. 3. *O obnovljivim izvorima energije, saznao sam :* (Ovo bi grafički mogli prikazati kao na slici 6.)



a. U školi, 56,71 %
b. Preko interneta, 16,45 %
c. Putem predavanja, 9,96
d. Putem medija, 12,12 %
e. Ostalo, 4,76 %

Slika 6. Postotci odgovora na pitanje br. 3.

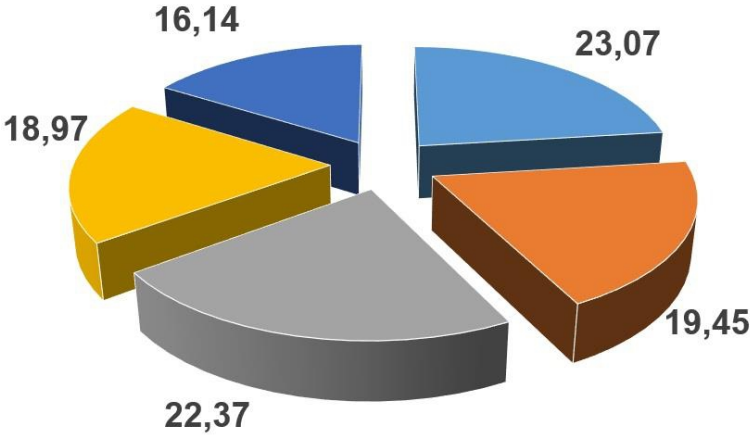
Pitanje br. 4. *Koje obnovljive izvore energije bi želio bolje upoznati ?* (Podaci su grafički prikazani na sl. 7)



a. Nijedno, 10,14 %
b. Energiju Sunca, 26,01 %
c. Energiju vjetra, 15,54 %
d. Energiju vode, 19,26 %
e. Energiju otpada i biogoriva, 8,11 %
f. Energiju biomase, 4,05 %
g. Geotermalnu energiju, 6,42 %
h. Energiju plime i oseke, 10,47 %

Slika 7. Postotci odgovora na pitanje br. 4.

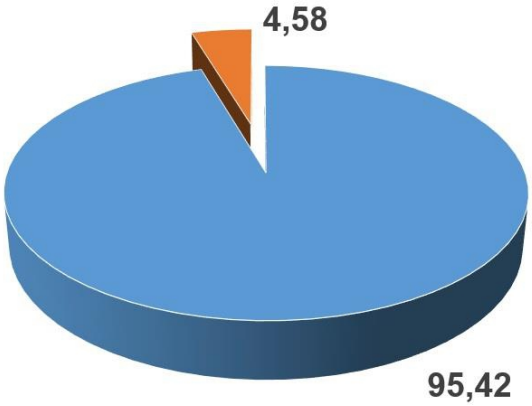
Pitanje br. 7. *Kako bi ti uštedio energiju kod kuće ?* (Ovo je grafički prikazano na slici 8.)



a) Bolja izolacija kuće, 23,07 %
b) Kvalitetni prozori i vrata, 19,45 %
c) Štedljivi potrošači energije, 22,37 %
d) Regulacija temperature, 18,97 %
e) Izbor / promjena energenta, 16,14 %

Slika 8. Postotci odgovora na pitanje br. 7.

Pitanje br. 12. *Da li trošimo više energije nego što je potrebno ?* Pozitivan odgovor na to pitanje dalo je 95,42 % ispitanika, što je i prikazano slikom 9.



Slika 9. Postotci odgovora na pitanje br. 12.

Analizirajući rezultate ankete, može se reći da ispitanici najviše informacija o Suncu i obnovljivim izvorima energije, te održivom razvoju saznaju u školi, a na drugom mjestu je Internet. Najviše bi bolje upoznali energiju Sunca i vode iako ima zainteresiranih i za ostale oblike obnovljivih izvora, međutim ima i određen broj ispitanika (10,14%) koji nisu zainteresirani za takve informacije. O uštedi energije kod kuće, razmišljaju kroz bolju izolaciju kuće (23,07%), štedljive potrošače energije (22,37%), kvalitetne prozore i vrata (19,45%), regulaciju temperature u prostoru (18,97%), a na zadnjem je mjestu izbor energenta ili promjena energenta (16,14%). Vidljivo je da za uštedu energije nemaju neki izraziti način, već su sve mogućnosti približno zastupljene.
Štednju energije ne shvaćaju previše ozbiljno, ali se ipak pridržavaju nekih uputa i postupaka. Znanja o „stakleničkim plinovima“ i „efektu staklenika“ mogli bi definirati kao dobro do vrlo dobro, a o emisiji CO_2 kao loše do dobro.

4. Zaključak

Kao i niz godina do sada, proizvodnja i potrošnja energije u Republici Hrvatskoj pokazuju određeni manjak, više trošimo nego što proizvedemo.
Iako se dosta piše i govori o energiji i njenoj potrošnji, problem je što mlađe populacije nemaju dovoljno znanja o proizvodnji, potrošnji i racionalnom korištenju energije. Problem je što većina informacija o toj temi do njih dolazi kroz školski sustav, a informacije možemo svrstati u kategoriju osnovnih.
Rijetki pojedinci nastoje proširiti im znanje, ali to je još uvijek nedovoljno. Nastavni planovi i programi nemaju dovoljno prostora, literatura prilagođena tom uzrastu nedostaje itd.
Jedno od rješenja kako bi se poboljšala informiranost mlađih populacija može biti u okviru „Građanskog odgoja“ o kojem se u zadnje vrijeme dosta piše i govori u okviru osnovnog i srednjeg obrazovanja. Kroz takvo informiranje, mladima se može objasniti važnost racionalnog korištenja prirodnih resursa s posebnim naglaskom na energiju, obnovljive izvore i sl. Onog trenutka kada mladi usvoje znanja o održivom razvoju, stakleničkim plinovima, efektu staklenika i emisiji CO_2 , te kada to postane njihova svakodnevnica i stil

života, postoji mogućnost da se razlika između proizvodnje i potrošnje energije smanji. Paralelno s tim, može doći do smanjenja utjecaja ljudi na prirodu, a samim tim i na klimu.

5. Literatura

[1] Izvještaj o stanju planeta http://croatia.panda.org/wwf/izvjetaj_o_stanju_planeta/ (30.08.2015.)
[2] Slika – Popis zemalja i ekološki otisak https://www.google.hr/search?q=ekolo%C5%A1ki+otisak+zemlje&sa=N&biw=1920&bih=985&tbm=isch&tbo=u&source=univ&ved=0CDcQsARqFQoTCJT8tZSj1scCFYG_LAodrGsBuw&dpr=1#imgrc=RuIYLZMAch6-0M%3A (30.08.2015.)
[3] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva : Energija u Hrvatskoj od 1945. do 2007. godine http://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/EUH45-07.pdf (12.06.2015.)
[4] Godišnji energetski pregled - Energija u Hrvatskoj 2013, Ministarstvo gospodarstva RH http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2015/02/Energija2013.pdf (10.05.2015.)
[5] Godišnji energetski pregled - Energija u Hrvatskoj 2008, Ministarstvo gospodarstva RH http://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/EUH08_za%20web.pdf (10.05.2015.)
[6] Godišnji energetski pregled - Energija u Hrvatskoj 2009, Ministarstvo gospodarstva RHhttp://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/Energija%20u%20Hrvatskoj%202009.pdf (11.05.2015.)
[7] Godišnji energetski pregled - Energija u Hrvatskoj 2010, Ministarstvo gospodarstva RH http://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/Energija2010_cd.pdf (10.05.2015.)
[8] Godišnji energetski pregled - Energija u Hrvatskoj 2011, Ministarstvo gospodarstva RHhttp://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/ENERGIJA%20U%20HRVATSKOJ%202011.pdf (11.05.2015.)
[9] Godišnji energetski pregled - Energija u Hrvatskoj 2012, Ministarstvo gospodarstva RH http://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/Energija2012_web%20(1).pdf (10.05.2015.)
[10] Anketa provedena među učenicima u školama – Valpovo, Požega, *Zagreb*

Usporedba aproksimacija raznih regresijskih modela pri prognoziranju potrošnje prirodnog plina

Comparison of the approximations of various regression models in forecasting consumption of natural gas

I. Svalina[1,*], G. Šimunović[1], K. Šimunović[1], T. Šarić[1], R. Lujić[1], D. Pezer[1], S. Havrlišan[1]

[1]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: isvalina@sfsb.hr

Sažetak

Sukladno pravnom okviru kojim se regulira tržište plina u Republici Hrvatskoj, opskrbljivači plinom imaju obavezu nominirati korištenje transportnog sustava na dnevnoj bazi. Pored toga stvarna potrošnja plina na dnevnoj bazi mora biti unutar propisanih tolerancija odstupanja od nominacije kako bi transportni sustav prirodnog plina bio u ravnoteži. Opskrbljivači za potrošnju plina koja nije unutar propisane tolerancije moraju plaćati penale. Kako bi se održala ekonomičnost ili povećala dobit opskrbljivača plinom nužno je što točnije nominirati korištenje transportnog sustava na dnevnoj bazi. Na temelju skupa podataka dnevnih srednjih temperatura i potrošnje prirodnog plina za zadnjih pet godina u jednoj hrvatskoj županiji, empirijski su određene funkcije koje aproksimiraju potrošnju prirodnog plina. Za četiri različite vrste dvodimenzionalnih parametarskih model-funkcija: model Fourierove serije, model polinoma, Gaussov model i model sume sinusa su određeni koeficijenti (parametri) koji omogućuju zapisivanje model-funkcija kao funkcija predviđanja odnosno krivulja koje aproksimiraju potrošnju prirodnog plina. Za svaku funkciju predviđanja su dani kvalitativni i kvantitativni pokazatelji za godišnje i višegodišnje aproksimacije potrošnje prirodnog plina. Dobivene funkcije predviđanja su se pokazale kao dobri orijentacijski alati pri prognoziranju stvarne potrošnje prirodnog plina za navedeno područje.

Abstract

In accordance with the legal framework regulating the gas market in the Republic of Croatia, gas suppliers are obliged to nominate the transport system usage on a daily basis. In addition, the actual consumption of gas on a daily basis must be within prescribed tolerances of nominations in order to transport natural gas system were in balance. Natural gas suppliers for consumption of natural gas which is not within the prescribed tolerance must pay penalty. To maintain profitability or increased earnings of gas suppliers, it is necessary to accurately nominate transport system usage on a daily basis. Based on a data set of daily average temperatures and the consumption of natural gas for the last five years in a one

Croatian county, it is empirically determined functions that approximates the consumption of natural gas. For the four different types of two-dimensional parametric model functions: Fourier series, polynomial model, Gaussian model and sum of sines model determined coefficients that allow to express model functions as prediction functions in the form of curves that approximates the consumption of natural gas. For each prediction function are given qualitative and quantitative indicators of annual and perennial approximations of natural gas consumption. The obtained prediction function proved to be a good orientation tools in forecasting the real consumption of natural gas for mentioned area.

Ključne riječi: prognoziranje potrošnje prirodnog plina, parametarski modeli, empirijsko određivanje aproksimacijskih funkcija

1. Uvod

Kroz pregled literature može se uočiti da prognoziranje potrošnje prirodnog plina se istražuje kroz više razina, od prognoziranja potrošnje prirodnog plina na svjetskoj razini pa sve do prognoziranja potrošnje prirodnog plina na razini individualnog potrošača. Osim toga, radovi se razlikuju i po prognostičkom vremenu za koje se kreiraju modeli: godišnja prognoza, mjesečna prognoza, dnevna prognoza, satna prognoza i razne kombinacije spomenutih vremenskih prognoza. Ako se filtrira popis radova koji se bave prognoziranjem potrošnje prirodnog plina može se uočiti da je u zadnja tri desetljeća objavljeno oko 75% radova iz čega se može zaključiti da je prognoziranje potrošnje prirodnog plina aktualni istraživački problem.

Pri prognoziranju potrošnje prirodnog plina često se koriste regresijske metode i metode umjetne inteligencije. U radu [1] se koristi metoda prilagodljivog neuro-neizrazitog sustava zaključivanja za prognoziranje potrošnje prirodnog plina na razini lokalnog distributera za tri dana unaprijed. Model je kreiran na povijesnim podacima dnevne potrošnje prirodnog plina i srednje dnevne temperature. Rezultati istraživanja su pokazali da se za prvi dan unaprijed može prognozirati dnevna potrošnja prirodnog plina s prosječnim koeficijentom varijance srednjeg kvadratnog odstupanja manjim od 8% dok je za druga dva dana unaprijed navedeni parametar između 10 i 15%. U radu [2] se prognozira potrošnja prirodnog plina na temelju satnih kretanja temperature i potrošnje prirodnog plina za područje grada Osijeka pomoću matematičkih modela. Rezultati su pokazali da matematički modeli u kojima su potrošnja prirodnog plina i temperatura povezani eksplicitno daju najbolje prognoze. U radu [3] se također prikazuju rezultati prognoze potrošnje prirodnog plina za nekoliko dana unaprijed. Korištenje ekonometrijskih parametara i metode najmanjih kvadrata u prognoziranju potrošnje prirodnog plina je tema rada [4]. U radu [5] se pomoću nelinearnog regresijskog modela predviđa dnevna potrošnja prirodnog plina na razini pojedinačnih potrošača pri čemu model sadrži parametre karakteristične za pojedinog potrošača. Autori u radu [6] za dva distributivna područja u Turskoj modeliraju i prognoziraju dnevnu potrošnju prirodnog plina. U radu [7] se procjenjuje buduća potrošnja prirodnog plina u Kini za razdoblje od 2009. do 2015. godine pomoću modela polinomne krivulje i projekcije kombinacije pomičnog prosjeka. Autori u radu [8] pomoću statističke više-varijabilne regresijske analize predviđaju potrošnju plina za grad Ankaru i određuju utjecajne faktore

potražnje prirodnog plina. Autor u radu [9] je kreirao pregled radova iz područja prognoziranja potrošnje prirodnog plina uzimajući u obzir radove do kraja 2010. godine. Sve razmatrane radove je kategorizirao u nekoliko različitih skupina uz njihovu analizu i sintezu. Ovaj rad se bavi prognoziranjem dnevne potrošnje prirodnog plina na razini lokalnog distributivnog sustava pomoću matematičkih regresijskih metoda.

2. Opis problema i cilj istraživanja

Kroz kratki pregled literature u uvodu se moglo vidjeti da je problem predviđanja potrošnje prirodnog plina aktualni istraživački problem. Za kreiranje baze eksperimentalnih podataka korišteni su povijesni podaci satnih temperatura i dnevne potrošnje prirodnog plina u jednoj hrvatskoj županiji.

Parametarske model-funkcije će se kreirati tako da predviđaju dnevnu potrošnju prirodnog plina jedan dan unaprijed na temelju zadnje poznate dnevne srednje temperature. Za svaku korištenu model-funkciju u ovome radu će se odrediti funkcija predviđanja na godišnjim bazama i na petogodišnjoj bazi.

Skup podataka satnih temperatura i dnevne potrošnje prirodnog plina za zadnjih pet godina se koristi za određivanje koeficijenata sljedećih dvodimenzionalnih model-funkcija:

a) Model-funkcija Fourierove serije

Fourierova serija se može predstaviti sumom sinus i kosinus funkcija i često se koristi za opisivanje periodičkih signala.

$$y = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \cos(n\omega x) + \beta_i \sin(n\omega x) \qquad (1)$$

gdje su: **α** i **β** vektori nepoznatih koeficijenata, ω je temeljna frekvencija signala, n je broj harmonija u seriji.

b) Gaussova model-funkcija

Dvodimenzionalna Gaussova model-funkcija je dana jednadžbom (2)

$$y = \sum_{i=1}^{n} a_i e^{\left[-\left(\frac{x-b_i}{c_i}\right)^2\right]} \qquad (2)$$

gdje je: a amplituda, b centroid, c širina vrha i n je broj vrhova.

c) Polinom model-funkcija

Polinom model-funkcija se može predstaviti kao

$$y = \sum_{i=1}^{n+1} p_i x^{n+1-i} \qquad (3)$$

gdje je: **p** vektor nepoznatih koeficijenata, $n+1$ red polinoma, n je stupanj polinoma.

d) Model-funkcija sume sinusa

Model-funkcija sume sinusa se može predstaviti kao

$$y = \sum_{i=1}^{n} a_i \sin\left(b_i x + c_i\right) \tag{4}$$

gdje je: a amplituda, b frekvencija, c fazna konstanta za svaki sinusni val i n je broj elemenata u serijama.

Zavisna varijabla u svim korištenim model-funkcijama u ovome radu je prognozirana dnevna potrošnja prirodnog plina. Isto tako u svim model-funkcijama (1)-(4) nezavisnu varijablu predstavlja srednja dnevna temperatura zraka koja se za meteorološke potrebe izračunava iz satnih dnevnih temperatura na sljedeći način:

$$t_{sr} = (t_{7:00} + t_{14:00} + 2 \times t_{21:00}) / 4 \tag{5}$$

gdje su: $t_{7:00}$, $t_{14:00}$ i $t_{21:00}$ terminske vrijednosti temperature mjerene redom u 7:00, 14:00 i 21:00 sat po lokalnom vremenu.

3. Empirijsko određivanje funkcija u obliku krivulja ili površina

Engleski pojam *'Curve Fitting'* podrazumijeva postupak konstruiranja i empirijskog određivanja matematičkih funkcija koje grafički predstavljaju krivulje čiji je cilj najbolja moguća aproksimacija nekog skupa podataka. Za određivanje parametara modela korištenih u ovom radu u ovisnosti o linearnosti njihovih parametara se koriste: linearna metoda najmanjih kvadrata i nelinearna metoda najmanjih kvadrata.

3.1. Linearna metoda najmanjih kvadrata

Linearna metoda najmanjih kvadrata se koristi za određivanje koeficijenata linearnog modela. Linearni model se definira kao jednadžba koja je linearna u koeficijentima. U ovome radu to je dvodimenzionalni parametarski model polinoma.

Neka je zadana model funkcija $f : \mathbf{R}^d \to \mathbf{R}$

$$\boldsymbol{\xi} \mapsto f\left(\boldsymbol{\xi}; \boldsymbol{\alpha}\right) \tag{6}$$

koja ovisi o vektoru nepoznatih koeficijenata $\boldsymbol{\alpha} = \left[\alpha_1, ..., \alpha_n\right]^T \in \mathrm{P} \subseteq \mathbf{R}^n$. Vektor nepoznatih koeficijenata $\boldsymbol{\alpha}$ se određuje na osnovi eksperimentalnih podataka $\left(\xi_i, y_i\right)$, $i = 1, ..., m$, $m >> n$. Pri čemu su sa $\xi_i \in \mathbf{R}$ označene vrijednosti nezavisne varijable a sa $y_i \in \mathbf{R}$ vrijednosti zavisne varijable. Ovakav problem u literaturi se često susreće pod nazivom problem procjene koeficijenata u matematičkom modelu.

Ako se pretpostavi da zavisne varijable y_i sadrže nepoznate aditivne pogreške ε_i tada vrijedi

$$y_i = f\left(\xi_i; \boldsymbol{\alpha}\right) + \varepsilon_i, \quad i = 1, ..., m, \tag{7}$$

vektor nepoznatih koeficijenata $\boldsymbol{\alpha} \in \mathrm{P}$ u najopćenitijem slučaju prirodno je procjenjivati minimizacijom težinske sume p-tih potencija $\left(1 \le p \le \infty\right)$ apsolutnih vrijednosti aditivnih pogrešaka ε_i odnosno minimizacijom funkcionala

$$F_p(\boldsymbol{\alpha}) = \begin{cases} \sum_{i=1}^{m} \left| f(\xi_i;\boldsymbol{\alpha}) - y_i \right|^p, & 1 < p < \infty \\ \max_{i=1,\ldots,m} \left| f(\xi_i;\boldsymbol{\alpha}) - y_i \right|, & p = \infty \end{cases} \tag{8}$$

na prostoru koeficijenata $\mathrm{P} \subseteq \mathbf{R}^n$.

Uz pretpostavku da su aditivne pogreške ε_i normalno distribuirane s očekivanjem 0 i s varijancom σ^2, vektor nepoznatih koeficijenata $\boldsymbol{\alpha} \in \mathrm{P}$ može se procjenjivati minimizacijom derivabilnog funkcionala

$$F_2(\boldsymbol{\alpha}) = \sum_{i=1}^{m} \left(f(\xi_i;\boldsymbol{\alpha}) - y \right)^2 \tag{9}$$

na prostoru koeficijenata $\mathrm{P} \subseteq \mathbf{R}^n$. Ovaj slučaj predstavlja metodu najmanjih kvadrata.

Ako je model-funkcija linearna u koeficijentima odnosno ima oblik

$$f(\boldsymbol{\xi},\boldsymbol{\alpha}) = \alpha_1 \phi_1(\boldsymbol{\xi}) + \ldots + \alpha_n \phi_n(\boldsymbol{\xi}), \quad \boldsymbol{\alpha} = [\alpha_1,\ldots,\alpha_n]^T, \tag{10}$$

pri čemu su $\phi_1,\ldots,\phi_n$ poznate realne funkcije $\phi_i : \mathbf{R}^d \to \mathbf{R}$, $i = 1,\ldots,n$, funkcional F_p, $1 < p < \infty$ može se zapisati u obliku

$$F_p(\boldsymbol{\alpha}) = \left\| (\mathbf{X}\boldsymbol{\alpha} - \mathbf{y}) \right\|_p^p = \begin{cases} \sum_{i=1}^{m} \left| \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\alpha} - y_i \right|^p, & 1 < p < \infty \\ \max_{i=1,\ldots,m} \left| \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\alpha} - y_i \right|, & p = \infty \end{cases} \tag{11}$$

gdje su:

$$\mathbf{X} := \begin{bmatrix} \phi_1(\xi_1) & \phi_2(\xi_1) & \cdots & \phi_n(\xi_1) \\ \phi_1(\xi_2) & \phi_2(\xi_2) & \cdots & \phi_n(\xi_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_1(\xi_m) & \phi_2(\xi_m) & \cdots & \phi_n(\xi_m) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^T \\ \mathbf{x}_2^T \\ \\ \mathbf{x}_m^T \end{bmatrix} \tag{12}$$

i

$$\mathbf{y} := [y_1,\ldots,y_m]^T. \tag{13}$$

U ovom radu promatra se problem minimizacije funkcionala (11) za slučaj $p = 2$. Taj slučaj je poznat pod nazivom linearni problem najmanjih kvadrata a za njegovo rješavanje se najčešće koriste stabilne numeričke metode zasnovane na QR (matrica $\mathbf{X}$ se rastavlja na produkt $\mathbf{Q}\,\mathbf{R}$, gdje je $\mathbf{Q}$ ortogonalna a $\mathbf{R}$ gornja trokutasta matrica) ili SVD (engl. Singular value decomposition) dekompoziciji matrice $\mathbf{X}$.

3.2. Nelinearna metoda najmanjih kvadrata

Za određivanje koeficijenata parametarskih modela kojima barem jedan od koeficijenata $\boldsymbol{\alpha} = [\alpha_1,\ldots,\alpha_n]^T \in \mathrm{P} \subseteq \mathbf{R}^n$ nije linearan koristi se nelinearna metoda najmanjih kvadrata. Nelinearni parametarski modeli su kompliciraniji od linearnih parametarskih modela jer se koeficijenti ne mogu procijeniti pomoću jednostavnih matričnih tehnika nego se zahtijevaju iterativni pristupi rješavanja. Ilustracija jednodimenzionalnog problema minimizacije pomoću

nelinearne metode najmanjih kvadrata može se vidjeti u [10]. Analogno jednodimenzionalnom problemu minimizacije, lokalni minimum dva puta neprekidno derivabilne funkcije $f : \mathbf{R}^n \to \mathbf{R}$ može se potražiti iterativnim postupkom

$$\boldsymbol{\alpha}^{k+1} = \boldsymbol{\alpha}^k - \left(\mathbf{H}_f\left(\boldsymbol{\alpha}^k\right)\right)^{-1} \operatorname{grad} f\left(\boldsymbol{\alpha}^k\right), \quad \boldsymbol{\alpha}^0 \in \mathbf{R}^n \tag{14}$$

gdje je $\mathbf{H}_f\left(\boldsymbol{\alpha}^k\right)$ Hessijan funkcije f u točki $\boldsymbol{\alpha}^k$. Zbog povećanja numeričke stabilnosti i osiguranja konvergencije, iterativni postupak (14) se modificira na sljedeći način:

$$\boldsymbol{\alpha}^{k+1} = \boldsymbol{\alpha}^k - \lambda_k \mathbf{s}_k, \quad \boldsymbol{\alpha}^0 \in \mathbf{R}^n \tag{15}$$

gdje je $\mathbf{s}^k$ rješenje jednadžbe

$$\mathbf{H}_f\left(\boldsymbol{\alpha}^k\right)\mathbf{s} = \operatorname{grad} f\left(\boldsymbol{\alpha}^k\right). \tag{16}$$

Vektor $\mathbf{s}^k$ se naziva vektor smjera silaska dok $\lambda_k \in (0,1]$ predstavlja duljinu kraka u smjeru vektora silaska i određuje se algoritmom koji je opisan u [10].

Postoji više raznih metoda za rješavanje iterativnog postupka (14) i (15). U ovome radu za određivanje koeficijenata modela Fourierove serije, Guass-ovog modela i modela sume sinusa se primjenjuje Marquardtova metoda.

3.2.2. Marquardtova metoda

U Marquardtovoj metodi se Hessijan funkcija $\mathbf{H}_f\left(\boldsymbol{\alpha}^k\right)$ aproksimira s

$$\mathbf{H}_f\left(\boldsymbol{\alpha}\right) = \mathbf{J}\left(\boldsymbol{\alpha}\right)^T \mathbf{J}\left(\boldsymbol{\alpha}\right) + \mu\mathbf{I}, \quad \mu > 0, \tag{17}$$

gdje je $\mathbf{I}$ jedinična matrica. Vektor smjera silaska je rješenje jednadžbe

$$\left(\mathbf{J}^T\left(\boldsymbol{\alpha}^k\right)\mathbf{J}\left(\boldsymbol{\alpha}^k\right) + \mu_k\mathbf{I}\right)\mathbf{s}^k = \mathbf{J}^T\left(\boldsymbol{\alpha}^k\right)\mathbf{r}\left(\boldsymbol{\alpha}^k\right). \tag{18}$$

Sustav (18) se može shvatiti kao sustav normalnih jednadžbi za linearni problem najmanjih kvadrata.

4. Dobiveni rezultati

Za usporedbu raznih regresijskih modela u ovome radu koristit će se koeficijent determinacije R^2 koji je dan formulom (19).

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}} \tag{19}$$

gdje je SS_{res} suma kvadrata odstupanja empirijskih vrijednosti varijable od regresijskih vrijednosti:

$$SS_{res} = \sum\left(y_i - f_i\right)^2 \tag{20}$$

i SS_{tot} suma kvadrata odstupanja empirijske vrijednosti varijable od njezine aritmetičke sredine:

$$SS_{tot} = \sum\left(y_i - \bar{y}\right)^2 \tag{21}$$

pri čemu je: y_i empirijska (stvarna ili izmjerena) vrijednost varijable, f_i predviđena (modelirana) vrijednost varijable i $\bar{y}$ aritmetička sredina.

U tablici 1. su dani koeficijenti determinacije R^2 na godišnjim i petogodišnjoj bazi za vremenski period od 1.10.2010. godine do 7.6.2015. godine. Plinska godina se uzima kao period od 1. listopada do 30. rujna sljedeće godine.

Tablica 1. Koeficijent determinacije R^2 na godišnjim i petogodišnjoj bazi

Model-funkcija	*Koeficijent determinacije R^2 za:*					
	2010./11.	*2011./12.*	*2012./13.*	*2013./14.*	*2014./15.*	*2010.÷2015.*
Kubni polinom	0,9388	0,9466	0,9244	0,9235	0,9173	0,8900
Fourierova serija	0,9390	0,9468	0,9257	0,9243	0,9173	0,8902
Gaussov model	0,9311	0,9453	0,9128	0,9156	0,9160	0,8864
Suma sinusa	0,9390	0,9469	0,9270	0,9250	0,9173	0,8903

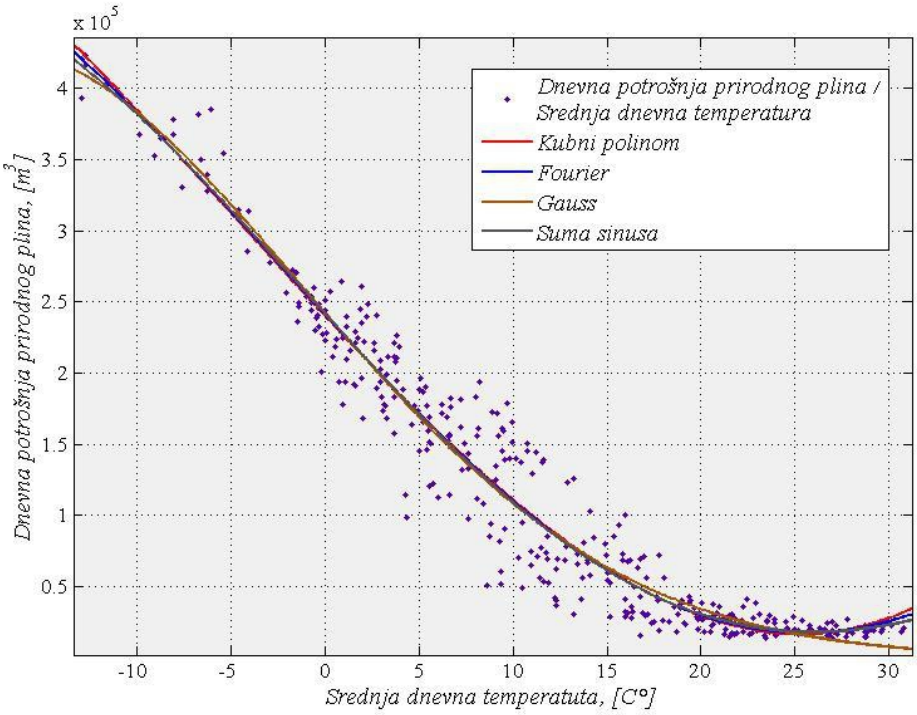
U tablici 2. su dani koeficijenti model-funkcija za 2011/2012 godinu i za model-funkcije koje opisuju petogodišnji (2010.÷2015.) vremenski period.

Tablica 2. Koeficijenti model-funkcija za 2011/2012 godinu i za period od 2010. do 2015. godine

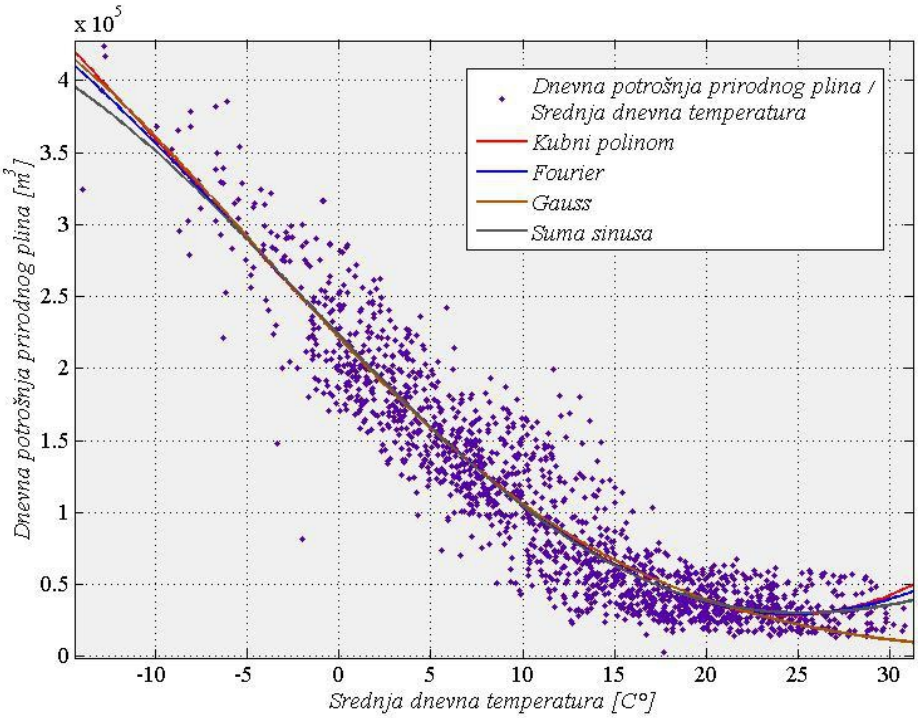
Model-funkcija	*Koeficijenti model-funkcija za:*	
	2011./2012.	*2010.÷2015.*
Kubni polinom	$p_1 = 5{,}367;\ p_2 = 77{,}03;$ $p_3 = -1{,}42\times10^4;\ p_4 = 2{,}397\times10^5$	$p_1 = 4{,}341;\ p_2 = 108;$ $p_3 = -1{,}311\times10^4;\ p_4 = 2{,}216\times10^5$
Fourierova serija	$\alpha_0 = 2{,}772\times10^5;\ \alpha_1 = -3{,}65\times10^4;$ $\beta_1 = -2{,}572\times10^5;\ \omega = 0{,}05596$	$\alpha_0 = 2{,}794\times10^5;\ \alpha_1 = -5{,}699\times10^4;$ $\beta_1 = -2{,}431\times10^5;\ \omega = 0{,}05429$
Gaussov model	$a_1 = 4{,}305\times10^5;\ b_1 = -18{,}22;$ $c_1 = 24$	$a_1 = 4{,}747\times10^5;\ b_1 = -24{,}93;$ $c_1 = 28{,}52$
Suma sinusa	$a_1 = 3{,}114\times10^5;\ a_2 = 1{,}891\times10^5;$ $b_1 = 0{,}02423;\ b_2 = 0{,}06798;$ $c_1 = 1{,}878;\ c_2 = -2{,}844$	$a_1 = 3{,}538\times10^5;\ a_2 = 1{,}179\times10^5;$ $b_1 = 0{,}01685;\ b_2 = 0{,}07875;$ $c_1 = 2{,}357;\ c_2 = -2{,}912$

Na slikama 1. i 2. su prikazane stvarne dnevne potrošnje prirodnog plina u ovisnosti o srednjim dnevnim temperaturama zajedno s funkcijama predviđanja koje su dobivene

određivanjem koeficijenta model-funkcija opisanih u 2. poglavlju ovoga rada za najbolju aproksimaciju na bazi jedne godine i na bazi pet godina.



Slika 1. Stvarna dnevna potrošnja prirodnog plina u ovisnosti o srednjoj dnevnoj temperaturi i funkcije predviđanja na bazi godine 2011/2012



Slika 2. Stvarna dnevna potrošnja prirodnog plina u ovisnosti o srednjoj dnevnoj temperaturi i funkcije predviđanja na bazi pet godina od 2010. do 2015. godine

5. Zaključak

Iz dobivenih rezultata se može zaključiti da se ni jedan regresijski model ne ističe kvalitetom aproksimacije zadanog skupa podataka: dnevna potrošnja prirodnog plina i srednja dnevna temperatura. Sitne razlike u kvaliteti aproksimacije leže u broju određivanih koeficijenata jer nema svaki model jednak broj koeficijenata. Ono što se može također uočiti iz tablice 1. je da veličina skupa na kojem se određuju koeficijenti model-funkcija negativno utječe na kvalitetu aproksimacije jer regresijski modeli za vremenski period od pet godina imaju najlošije aproksimacije. U tablici 2. su dani koeficijenti model-funkcija za najbolju godišnju aproksimaciju i za aproksimaciju na bazi pet godina. Općenito gledajući kvaliteta aproksimacije potrošnje prirodnog plina nije dovoljno dobra jer preračunate greške procjene izlaze iz toleriranog područja za nominaciju korištenja transportnog sustava. Ako se pogledaju slika 1. i slika 2., teško je očekivati da se bilo kojim statičkim dvodimenzionalnom regresijskim modelom može poboljšati kvaliteta aproksimacije promatranog skupa podataka. Iz slika se vidi da se putanje funkcija prognoziranja velikim dijelom preklapaju, međutim rasutost izmjerenih podataka čini ovaj problem vrlo kompleksnim.

Obzirom na dobivene rezultate, buduća istraživanja dnevne potrošnje prirodnog plina pomoću regresijskih modela mogla bi ići u dva smjera. Ako bi se ostalo na modelima jedne nezavisne varijable, koeficijente bi trebalo određivati na manjem skupu podataka i u modele bi trebalo uključiti težine koje bi se generirale na određenim izmjerenim parametrima nekoliko zadnjih dana. Pored toga ti modeli bi trebali biti dinamički odnosno za svaki novi dan bi se određivali novi koeficijenti model-funkcije koji bi bili određeni na temelju zadnjih poznatih mjerenja. Drugi smjer istraživanja bi se temeljio na uključivanju dodatnih nezavisnih varijabli kao što su: prethodna dnevna potrošnja i brzina vjetra. Također bi i ti modeli trebali imati dinamički karakter. Ovo su samo neki od smjerova istraživanja koji bi mogli poboljšati kvalitetu aproksimacije regresijskih modela.

6. Literatura

[1] Svalina, Ilija; Šimunović, Goran; Šimunović, Katica; Soldo, Božidar. Predviđanje potrošnje prirodnog plina pomoću prilagodljivog neuro-neizrazitog sustava zaključivanja // *Proceedings of 4th International natural gas, heat and water conference* / Raos, Pero; Tonković, Zlatko (ur.). Osijek : Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2013. 287-296

[2] Sabo, Kristian; Scitovski, Rudolf; Vazler, Ivan; Zekić-Sušac, Marijana. Mathematical models of natural gas consumption // Energy Conversion and Management, 52(2011), 3; 1721-1727. (ISSN 0196-8904)

[3] Piggott, J.L. Use of box-jenkins modelling for the forecasting of daily and weekly gas demand. 1983, IEE Colloquium (Digest), 91, 4. 1.

[4] Balestra P., Nerlove M. Pooling cross section and time series data in the estimation of a dynamic model: the demand for natural gas. 1966, Econometrica, 34 (3), 585-612.

[5] Brabec, M., Konar, O., Pelikan, E., Maly, M. A nonlinear mixed effects model for the prediction of natural gas consumption by individual customers. 2008, International Journal of Forecasting, 24 (4), 659-678.

[6] Aramesh, A., Montazerin, N., Ahmadi, A. A general neural and fuzzy-neural algorithm for natural gas flow prediction in city gate stations. 2014, Energy and Buildings, 72, 73-79.
[7] Xu, G., Wang, W. Forecasting China's natural gas consumption based on a combination model. 2010, Journal of Natural Gas Chemistry, 19 (5), 493-496.
[8] Gorucu, F.B., Gumrah, F. Evaluation and forecasting of gas consumption by statistical analysis. 2004, Energy Sources, 26 (3), 267–276.
[9] Soldo, Božidar. Forecasting natural gas consumption // Applied Energy, 92(2012), 26-37. (ISSN 0306-2619)
[10] Scitovski, Rudolf. Numerička matematika. Osijek: Elektrotehnički fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku, 1999. (ISBN 953-6032-24-4)

Lokalni zahtjevi primjene standardne softverske aplikacija za analizu održivosti korištenja energije malih vodotoka

Local requirements applying standard software applications for the analysis of the sustainability of energy use of small streams

Em. Trožić[1,*], En. Trožić[2], Ed. Smajić[3]

[1]Vodovod Sanski Most, Bosna i Hercegovina
[2]Škola Vrhpolje, Općina Sanski Most, Bosna i Hercegovina
[3]Općina Hadžići, Bosna i Hercegovina

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: emirtrozic@yahoo.com

Sažetak

Softverske aplikacija koje se upotrebljavaju za izračun isplativosti gradnje postrojenja za iskorištavanje energije obnovljivih izvora, proizvod su međunarodnih korporacija. Pored unosa tehničkih podataka karakterističnih za projekt, korištenje ovih aplikacija zahtijeva prilagodbe s indeksom cijena energije i rada za države u kojima se provodi izračun isplativosti gradnje postrojenje obnovljivih izvora.

Predmet rada je pravilan izračun odnosa indeksa kanadskih i lokalnih cijena za RETScreen® aplikaciju.

Metodom analize podataka zvanični izvori kao što su službeni portali međunarodnih korporacija i Ministarstava dolazi se do indeksa kretanja na tržištu rada, energije i opreme, koji se koriste u izračunu koeficijenta odnosa lokalnih i kanadskih cijena.

Rezultati dobiveni istraživanjem vezani su za trenutne cijene na tržištu u konkretnom vremenu i prikazani su kao koeficijent odnosa usporedivih karakterističnih indeksa.

Ključne riječi: analiza, održivost, energija, softverska aplikacija, lokalni uvjeti.

Abstract

Software applications that are used to calculate the profitability of the construction of plants for the exploitation of renewable energy sources, the product of international corporations. In addition to the entry of technical data specific to the project, the use of these applications require adjustments to the index of energy prices and of work for the state in implementing the cost effectiveness of construction plant renewable. The subject of this paper is correct calculation of the relationships index of Canadian and local prices for RETScreen® application.

The method of data analysis official sources such as official portals of international corporations and ministries come to the index movement of in the labor market, energy and equipment, which are used in calculating the ratio of local and Canadian prices. Research results are related to the the current market price in the present time and are shown as a rate coefficient comparable characteristic index.

Keywords: analysis, sustainability, energy, software application, local conditions.

1. Uvod

U svijetu se primjenjuje više softverskih alata [3, 5, 6 i 4], čije aplikacije je moguće besplatno preuzeti sa zvaničnih portala, a koriste se za analizu održivosti gradnje postrojenja koja koriste obnovljive izvore. Neki od ovih alata korišteni su u velikom broju različitih analiza diljem svijeta. Sve ove aplikacije koriste lokalne ulazne parametre za definiranje održivosti gradnje. Za korištenje ovih alata neophodno je pored hidrotehničkih podataka (protok, pad vode, cijena električne energije), neophodno je definirati i druge koeficijente bitne za primjenu u lokalnim uvjetima (cijena energije, rada i opreme i drugo), kao što je to kod RETScreen™[6] [4] čiji je vlasnik Ministarstvo prirodnih resursa Kanade[7]. U radu se ne analiziraju prednosti među dostupnim alatima [3, 5, 6 i 4], a na primjeru RETScreen™-a je dat primjer obavezne prilagodbe standardne softverske aplikacije lokalnim uvjetima.

2. Aktiviranje RETScreen™ softverskog alata

Prozivanjem instalirane aplikacije, RETScreen®, pokreće se radna površina u Microsoft Office Excel Macro-Enabled Worksheet. Između alatki i radnog prostora nalazi se engl. “Security Warning Macros have been disabled”, s komandom "Options...". Klikom, na ovo okno, na radnoj površini se pojavljuje novi izbornik u kom je potrebno isključiti ograničenja (zaštitu) da bi ova excel verzija dopuštala sve potrebne naredbe i radnje. Na prvom analitičkom listu za unos osnovnih podataka o lokaciji projekta u prve četiri sive rubrike se unose podaci o lokaciji, nazivu i vlasniku projekta. Nakon unosa podatka o lokaciji softverski alat automatski iz NASA baze preuzima hidrološki i klimatski podaci za ciljani lokalitet a prikazuju se u vidu tabele. Aktiviranje Energetskog modela zahtijeva definiranje tipa postrojenja, faktor kapaciteta, distribuiranu i prodatu energiju. Za izračune financijskog dijela neophodno je definirati sve parametre na Sheet-u Alati. Na prvom dijelu drugog lista za unos podataka o predloženom slučaju energetskog sistema, podaci sadrže informacije o: tehnologiji, tipu analize, podatke o hidro-turbini (kapacitet snage, proizvođač, model, faktor kapaciteta, električnu energiju dostavljenu mreži, količinu prodate električne energije). U desnom dijelu zaslona je plavim slovima ispisana komanda „Pogledaj bazu podataka proizvoda“, čijim aktiviranjem RETScreen™ automatski otvara izbornik proizvođača i turbina.

[6] RETScreen International Version 4

[7] Natural Resources Canada

3. Prilagodba lokalnim uvjetima kod aktiviranja Sheet-a Alati

Da bi pravilno koristili RETScreen™ alat neophodno je na listi „Alati“ odrediti koeficijente odnosa cijena lokalnog i Kanadskog tržišta kao i trenutni odnos novčanih valuta. Radi pravilne „procjene“ koeficijenta odnosa ovih cijena mogu se koristiti zvanični EU i Internacionalni portali, kao i nadležnih Ministarstava ovih država, gdje su javno dostupni statistički podaci. U „Metod troškova hidro formule“, slika 1., nakon odabira države, s ponuđene liste, otvaraju se nove četiri rubrike u koje se unose procijenjeni odnosi lokalnih i kanadskih cijena (opreme, goriva, radne snage i koeficijent troškova proizvođača opreme) i odnos USD i CAD.

Slika 1. Odnos lokalnih i kanadskih cijena u modificiranom „Alati“ RETScreen™, [4],

Na osnovu ovih odnosa cijena proizilaze vrijednosti „Početnih troškova“ koji se automatski izračunavaju na listu „Alati“. Za izračune financijskog dijela, na drugom listu RETScreen™, neophodno je definirati sve parametre Sheet Alati, na trećem listu RETScreen™ -a .

3.1. Procijenjena odnosa lokalnih i kanadskih cijena energenata

Podatci o tržišnim cijenama energenata, odnosno dizel goriva (D2) i lož ulja su preuzeti sa zvaničnih statističkih državnih portalima, [7.] i [8.].. Na [7.]. mogu se vidjeti zvanični podaci o cijeni euro dizela na dan 12.10.2012.godine i bezolovnog dizela na dan 15.09.2014.godine, kao i tabela promjena cijene od februara do Augusta 2014.godine.

24. 9. 2014. Diesel - Dnevna cijena - Ravnateljstvo za robne Cijene - Cijena karata,

New York Harbor ultra-eurodizel (ULSD) Futures Kraj Day nagodbi Cijena

3,2248

Dolara i centi po galonu
Ugovor Mjesec: 12. studeni
Od: petak, 12. listopada, 2012
Izvor: NYMEX - CME Group

Otvori: -
Visoka: -
Low: -
Zadnje: -

Promjena: -0,006
Procijenjena Volumen: -
Prije Dan Otvoreno kamata: -
Ugovor Specifikacije

Dizel Dnevna cijena

2.73

New York Harbor ultra niskim sadržajem sumpora Ne 2 Dizel spot cijena, US $ po galonu
Od: ponedjeljak, 15. rujna, 2014
Izvor: US Energy Information Administration

Mjesec	Cijena	Promjena
Veljača 2014	3.23	-
Ožujka 2014	2.99	-7,25%
Travanj 2014	2.96	-1,17%
Svibnja 2014	2.94	-0,71%
Lipnja 2014	2.96	0,85%
Srpanj 2014	2.88	-2,80%
Kolovoz 2014	2.85	-1,01%

Slika 2. Cijena dizel goriva, [7.]

Cijene lož ulja se vide na [8.] na dan 14.10.2012.godine i na dan 15.09.2014.godine, kao i tabela promjena cijene od februara do Augusta 2014.godine.

24. 9. 2014. Grijanje ulje - Dnevna cijena - Ravnateljstvo za robne Cijene - Cijena ka

Loživo ulje futures Kraj Day nagodbi Cijena

2,7166

Dolara i centi po galonu
Ugovor Mjesec: 14. listopada
Od: petak 19. rujna, 2014
Izvor: NYMEX - CME Group

Otvori: 2.712
Visoka: 2,7269
Low: 2,7048
Zadnje: -

Promjena: 0,0043
Procijenjena Volumen: 39062
Prije Dan Otvoreno kamata: 45.268
Ugovor Specifikacije

Grijanje ulje Dnevna cijena

2.61

New York Harbor broj 2 loživo ulje Spot cijena FOB, US $ po galonu
Od: ponedjeljak, 15. rujan, 2014
Izvor: US Energy Information Administration

Mjesec	Cijena	Promjena
Veljača 2014	3.06	-
Ožujka 2014	2.91	-4,87%
Travanj 2014	2.89	-0.82%
Svibnja 2014	2,86	-0,97%
Lipnja 2014	2.88	0,77%
Srpanj 2014	2.78	-3,68%
Kolovoz 2014	2.75	-0,83%

Slika 3. Cijena lož ulja, [8.].

Kako su podaci o cijenama naftnih derivata na Američkom i Kanadskom tržištu izraženi u galonu i palcu, neophodno je izvršiti konverziju, 1 američki galon, iznosi 231 kubični palac (3,785411784 litara), [9], dok se podaci o „domaćim“ cijenama mogu preuzeti s portala [10.].

3.2. Procijenjena odnosa lokalnih i kanadskih cijena rada

Za usporedbu cijena rada na lokalnom tržištu i na tržištu Amerike i Kanade preuzeti s portala za Canadu, SAD i Europske države predstavljeni su u pregledniku [11.] i [12.] ili [13].

9. 2. 2015. Popis američkih zemalja po prosječnom plaćom - Wikipedia, slobodna enciklopedija

Stanje	Neto (est.)	bruto	ex.rate	net $	Bruto $	datum
Sjedinjene Američke Države	$	4580 $	1	3.641 dolara * [1]	4580 $	2012
Kanada	3474 CAN $	4695 CAN $	0965	3.619 dolara	4865 $	06/2013

Slika 4. Cijena rada za SAD i Kanadu

Stanje	Neto (est.)	bruto	ex.rate za €	datum	Neto €
Albanija [1] [2]	44 417 SVE	52 600 SVE	0,0072 [3]	2013-Q3	320
Andora [4]	2230 €	2478 €	1	2012-12	2230
Armenija [5] [5] [6] [7]	161,3	213,7	1,87 [8]	2014-12	302
Austrija [9] [10]	2114 €	2854 €	1	2012	2114
Azerbajdžan [11]	379,9 AZN	441,8 AZN	1.06 [12]	2014-10	402
Bjelorusija [13]	5612563 BYR	6377912 BYR	0.00005652 [14]	2015-01	317
Belgium [15] [16]	1946 €	3191 €	1	2013	1946
Bosna i Hercegovina [17] [17]	828 KM	1.293 KM	0.511292 [18]	2013-08	423
Bugarska [19] [20]	649 BGN	828 BGN	0,5113 [21]	2013-Q4	332
Hrvatska [22]	5532 kn	7.976 kuna	0,1304 [23]	2014-10	710
Cipar [24]	1833 €	2292 €	1	2013-Q3	1833
Češka [25] [26]	19 444 CZK	25 219 CZK	0,03608 [27]	2014-Q3	702

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_European_countries_by_average_wage

Slika 5. Cijena rada za Europske države

Indeks cijene rada za Hrvatsku, [14.], za FBiH, [15.] i [16.], predstavljen je s podacima o cijenama energenata na dan preuzimanja u usporedbi s troškovima rada na Kanadskom tržištu na dan 24.09.2014.godine.

Ova stranica nudi - Troškovi rada - Kanada stvarne vrijednosti, povijesne podatke, prognoza, grafikon, statistika, ekonomski kalendar i vijesti. Sadr
osvježena na srijeda 24. rujna, 2014.

Rada	Zadnja	Prethodna	Najviša	Najniža	Jedinica
Stopa nezaposlenosti (/canada/unemployment-rate)	7.00	7.00	13.10	2.90	Posto
Zaposlenih osoba (/canada/employed-persons)	17.851,40	17.862,40	17.862,40	9.636,70	Tisuću
Kraj za zapošljavanje (/canada/full-time-employment)	-2,30	41.60	132.00	-125,70	Tisuću
Zapošljavanje Promjena (/canada/employment-change)	-11,00	41.50	96,20	-135,80	Tisuću
Nezaposlene osobe (/canada/unemployed-persons)	1.352,50	1.369,50	1.748,90	691,50	Tisuću
Stopa nezaposlenosti mladih (/canada/youth-unemployment-rate)	13.10	13.40	20.70	10.40	Posto
Produktivnost (/canada/productivity)	104,44	104,49	104,49	69.61	Indeksnih poena
Radnoj snazi Sudjelovanje Ocijenite (/canada/labor-force-participation-rate)	107,22	103,81	67.80	61.40	Posto
Plaće (/canada/wages)	23.05	23.25	23.35	13.73	CAD
Plaće u proizvodnji (/canada/wages-in-manufacturing)	22.80	23.21	23.90	14.96	CAD
Troškovi rada (/canada/labour-costs)	113,85	113,32	126,60	58,30	Indeksnih poena
Stanovništvo (/canada/population)	35.35	35.06	35.35	17.91	Milijun
Umirovljenje Dob žene (/canada/retirement-age-women)	65.00	65.00	65.00	65.00	
Umirovljenje Dob Muškarci (/canada/retirement-age-men)	65.00	65.00	65.00	65.00	
Minimalne plaće (/canada/minimum-wages)	11.00	10.25	11.00	1.00	CAD

Slika 6. Indeks cijene rada za Kanadu, [14.],

Usporedba troškova rada za tržišta: Hrvatska, Bosna i Hercegovina i Kanada. Troškovi rada na Hrvatskom tržištu na dan 15.05.2014.godine i 15.11.2013.godine prikazani su u mjesečnim i tromjesečnim indeksima.

Plaće (/croatia/wages)	5.497,00	5.497,00	3.613,54	Kuna	2014/05/15	Mjesečni
Plaće u proizvodnji (/croatia/wages-in-manufacturing)	4.928,00	4.884,00	4.738,47	Kuna	2014/05/15	Mjesečni
Troškovi rada (/croatia/labour-costs)	119.60	111,40	106,24	Indeksnih poena	2013/11/15	Tromjesečni

Slika 7. Indeks cijene rada za Hrvatsku, [14.]

Troškovi rada u Bosni i Hercegovini na dan 15.06.2014.godine.

Plaće (/bosnia-and-herzegovina/wages)	1.286,00	1.286,00	1.120,37	KM	2014/06/15	Mjesečni
Plaće u proizvodnji (/bosnia-and-herzegovina/wages-in-manufacturing)	881,00	883,00	835,33	KM	2014/06/15	Mjesečni

Slika 8. Indeks cijene rada za BiH, [14.],

Troškovi rada u Kanadi na dan 15.05.2014.godine i 15.02.2014.godine

Plaće (/canada/wages)	23.05	23.25	17.73	CAD	2014/05/15	Mjesečni
Plaće u proizvodnji (/canada/wages-in-manufacturing)	22.80	23.21	19.25	CAD	2014/05/15	Mjesečni
Troškovi rada (/canada/labour-costs)	113,85	113,32	95.00	Indeksnih poena	2014/02/15	Tromjesečni

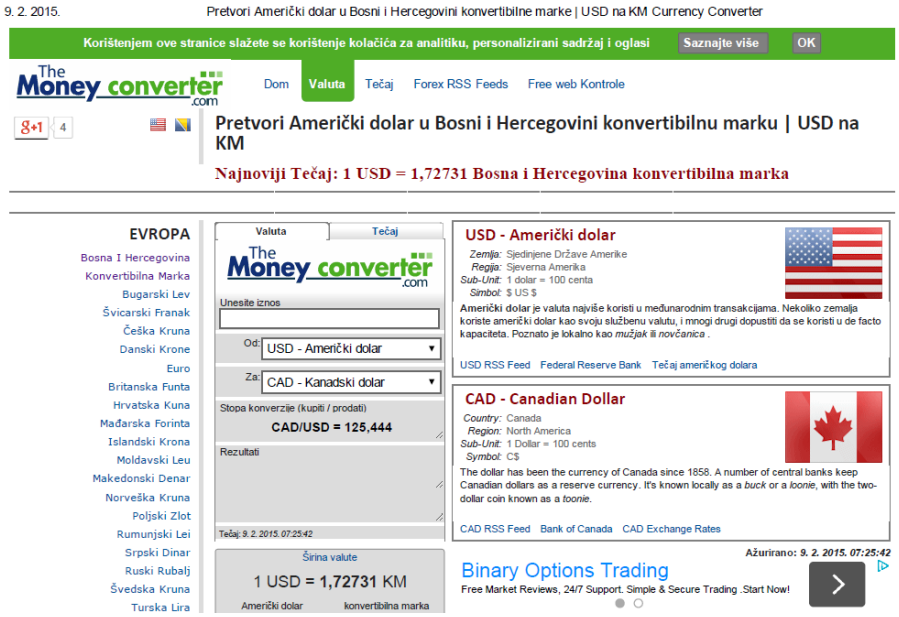
Slika 9. Indeks cijene rada za Kanadu, [14.],

Ukupni mjesečni trošak rada u privredi u EUR u 2013. godini u državama: Češka, Madžarska, Poljska, Slovenija, Bugarska, Rumunjska i Hrvatska. Ukupni trošak rada prikazan je kao prosječna mjesečna bruto plaća. Izvori: DZS; nacionalni statistički uredi. [17.]. Pregled prosječnih mjesečnih bruto i neto plaća za 2013. Godinu i maj, jun i jul

2014.godine u Federaciji Bosne i Hercegovine prikazan je na zvaničnom portalu FSZ-Federalnog zavoda za statistiku, [15.].

3.3. Procijenjena odnosa lokalne i Kanadske novčane valute

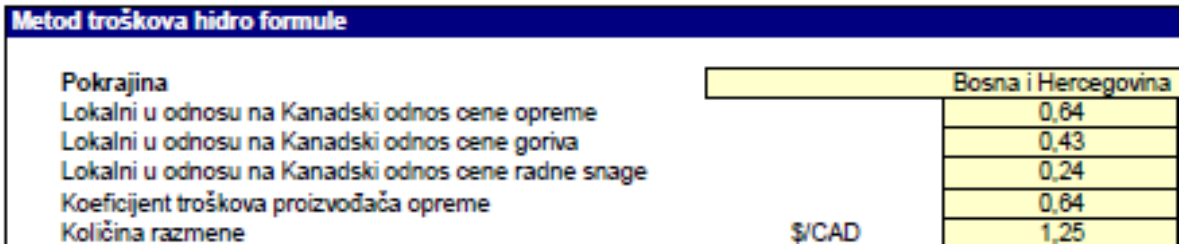
Monetarne konverzije se mijenjaju svakodnevno a trenutno stanje može se pratiti na portalu [18.], „The Money Converter“. Konverzija na dan 10.08.2015. godine iznosi BAM/USD =1.78391, dok je 09.02.2015. godine iznosila BAM/USD =1.72731.



Slika 10. Monetarna konverzija [18.], „The Money Converter“.

3.4. Varijacije rezultata kod promjena indeksa na tržištu vrijednosnih papira

Rezultati dobiveni istraživanjem vezani su za trenutne cijene na tržištu u konkretnom vremenu. Kako se indeks mijenja svakodnevno na svjetskom tržištu vrijednosnih papira, promjene u cijeni energije su osjetljivije dok značajnije promjene u cijeni rada i industrijskih proizvoda su više vezani za realnu potražnju na tržištu ovih proizvoda. U svakom slučaju svaki rezultat dobiven kroz analizu treba uskladiti s eventualnim promjenama na tržištu vrijednosnih papira.



Slika 11. Koeficijenti odnosa lokalnih i kanadskih cijena u „Alati“ RETScreen™, [4],

4. Zaključak

Postoji više softverskih aplikacija koje se upotrebljavaju za izračun isplativosti gradnje postrojenja za iskorištavanje energije obnovljivih izvora. Sve poznate aplikacije su proizvod međunarodnih korporacija, tako da i za baznu postavku koriste podatke država u kojima je

sjedište korporacije. Korištenje ovih aplikacija zahtijeva prilagodbe s lokalnim podacima države za koju se provodi izračun isplativosti gradnje postrojenje obnovljivih izvora. Za aplikaciju koja se bazira na kanadskim cijenama neophodno je izvršiti konverziju se cijenama na lokalnom tržištu. Ovdje korišteni zvanični izvori kao što su službeni portali međunarodnih korporacija i Ministarstava daju podatke o indeksima kretanja na tržištu rada, energije i opreme. Korištenjem ovih indeksa preko javno dostupnih portala, može se izračunati zahtijevani koeficijent odnosa lokalnih i kanadskih cijena.

5. Literatura

[1] Trožić, Em., Trožić, En., Smajić, Ed; Analiza održivosti projekta čiste energije malih vodotoka pomoću računalne aplikacije, Osijek, 2014., (**rad u zborniku**),
[2] ESHA, European Small Hydropower Association http://www.esha.be, [Pristupljeno 30.08.2014].
[3] Software IMP 5.0 (Integrated Method For Power Analysis), Powel, Victoria-Canada, www.powelgroup.com, 2004., Kearon Bennett, P. Eng., Operating Agent and Secretary, Annex II, Small Hydro, IEA Hydropower Agreement, http://www.small-hydro.com/Programs/Policy,-Regulations---Planning/IMP-Software.aspx , [Pristupljeno 30.08.2014].,
[4] RETScreen® International, RETScreen softver za analizu projekata čiste energije, www.retscreen.net ,[Pristupljeno 30.08.2014].
[5] www.ieahydro.org/reports/AnnexII_smallhydro_assessment_methods.pdf
[6] www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465 , preuzeto Augusta 2014.
[7] www.indexmundi.com/commodities/?commodity=diesel ,
[8] www.indexmundi.com/commodities/?commodity=heating-oil ,
[9] https://hr.wikipedia.org/wiki/Galon ,
[10] http://cijenegoriva.info ,
[11] www.tradingeconomics.com/canada/labour-costs ,
[12] www.tradingeconomics.com/canada/indicators ,
[13] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_European_countries_by_average_wage ,
[14] www.hnb.hr
[15] www.fzs.ba , FSZ-Federalnog zavoda za statistiku
[16] www.tradingeconomics.com/bosnia-and-herzegovina/indicators
[17] www.dzs.hr , Državni zavod za statistiku - Republika Hrvatska
[18] http://themoneyconverter.com/USD/BAM.aspx ,
[19] E. M. Wilson, D.Sc., Fice, Fasce, 2000., Assessment Methods for Small-hydro Projects, The International energy agency – Implementing agreement for hydropower technologies and programmes, IEA Technical Report, IEA Hydropower Agreement, Available from: http://www.ieahydro.org/reports/AnnexII_smallhydro_assessment_methods.pdf [Pristupljeno 30.08.2014].,
[20] Alessandro Brusa, E. G. (s.f.). Energía minihidráulica - Proyecto RES & RUE Dissemination. Recuperado el 12 de abril de 2010, de http://www.cecu.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/dossier/4%20minihidraulica.html

Modeliranje kontakta kliznih površina i podzemnog vodoopskrbnog cjevovoda

Modeling contact the sliding surface and underground water supply pipeline

Ed. Smajić [1], Em. Trožić[2],*, En. Trožić[3]

[1]općina Hadžići, Bosna i Hercegovina
[2]Vodovod Sanski Most, Bosna i Hercegovina
[3]Škola Vrhpolje, Općina Sanski Most, Bosna i Hercegovina

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: emirtrozic@yahoo.com

Sažetak

Nakon uočavanja pojave napuklina u terenu ispod trase cjevovoda izvršena je stručna inspekcija lica mjesta. Utvrđeno da je nakon visokih voda u svibnju 2014 godine i raskvašenosti terena došlo da odvajanja dijelova terena na padini ispod trase cjevovoda. Obilaskom vodoopskrbnog sustava utvrđeno je da postoji više lokacija na kojima su vidne posljedice djelovanja oborinskih i procjednih voda. Najuočljiviji kontakt klizne površine i vodopskrbnog cjevovoda je evidentiran na trasi tlačnog voda od pumpne stanice do spremnika. Na dijelu tlačnog voda od pumpne stanice do spremnika evidentirano je više kliznih rasjeda koje su posljedica djelovanja klizne ravnini s lepeznim širenjem segmenata koji se odvajaju uslijed vlastite težine i slabih vezivnih svojstava unutar kliznog tijela. Studiozno je osmatrana lokacija lica mjesta, međusobnih odnosa segmenata odvojene mase koja se pojedinačno spušta niz kliznu ravan. Nakon ovog osmatranja odredite su moguće zonu stabilnog terena koje nisu u kontaktu s kliznom ravni. Unutar ove stabilne zone se dislocira novi potisni vod.

Ključne riječi: visoka voda, vodoopskrbi cjevovod, klizna ravan, stabilna zona.

Abstract

After noticing the appearance of cracks in the ground beneath the pipeline was carried out technical inspection of the scene. It was found that after high waters in May 2014 years and feeling sodden field came to the separation of parts of the field on the slope below the route pipeline. A tour of the water supply system has been found that there are several locations where the visible consequences of the storm and leachate. The most noticeable sliding contact surface and the water supply pipeline was recorded on the route of the supply line from the pump station to the reservoir. On the part of the supply line from the pump station to reservoir recorded more slip faults that are a consequence of the sliding plane of the Fan-expanding segments are separated due to their own weight and the weak binding properties within the sliding body. Meticulously was monitored location of the scene, the mutual

relations of segments separated by mass of individually sliding down the plane. After this observation determine the possible zone of stable field that are not in contact with a sliding scale. Within this stable zone to dislocate the new pressure pipe.

Key words: high water, the water supply pipe, sliding flat, stable area.

1. Uvod

Pojava prirodnih aktivnosti, kao što su pomjeranja tla, često, naknadno, pružaju informacije o karakteristikama terena koje se koristiti. Poznato je nekoliko primjera velike materijalne štete na objektima koji su građeni na nestabilnim terenima. Ovo istraživanje je provedeno nakon pojave klizišta koje je uzrokovano višednevnom kišom i izlijevanja rijeka. Visoke vode i klizanje terena mogu da ugroze i infrastrukturu. Makro lokacija je definirana u centralnom dijelu urbanog naselja, kroz čiji strogi centar protječe rijeka, čak svojim većim dijelom toka kroz strogi centar. Nakon obilne kiše, koja je maja 2014. uzrokovala porast vodostaja i izlijevanje rijeka, pojavila su se i klizišta, koja su ugrozila stabilnost objekata i infrastrukture na okolnom terenu. Pojava ovih klizišta je direktno povezna s dužim prezasićenjem terena kapilarnom vodom.

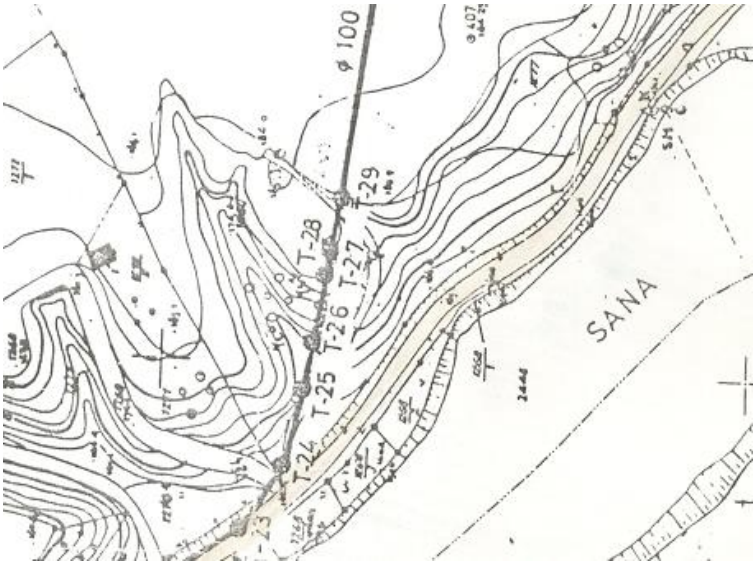
2. Stabilnost zemljanih kosina

2.1. Standardne metodae kontrole stabilnosti

Kod izračuna stabilnosti zemljanih kosina koriste se standardne metodae. Od "Švedske metodae" jednakosti momenata vanjskih sila i unutrašnjeg otpora tla, zatim, „Bishop-ove metodae“ i "Fellenius-ove metodae" kritične klizne površine, Carter i Janbu klasične metodae, "Modificirane Švedske metodae" normalnih i tangencijalnih sila, "Mohr-Coulomb-ov uvjet loma" granične ravnoteže, mnogi autori su dali svoj doprinos definiranju stabilnosti zemljanih kosina. Neki teoretičari su sve ove pristupe podijelili na tri skupine; metoda granične ravnoteže (gdje je tlo idealno kruto plastično), metoda teorije plastičnosti i metoda konačnih elemenata (razlika). Kod metodaa granične ravnoteže postoje veće vrijednosti koeficijenta sigurnosti. Dok metodae Fellenius-a i Bishop-a koriste momentnu jednadžbu ravnoteže kliznog tijela, a metodae Janbu-a i Carter-a ravnotežu horizontalnih sila.

2.2. Mikrolokacija lica mjesta – slučaj kontakta

Ovdje se uočavaju, bar, dvije osobenosti lica mjesta. Kosina nema uočljivih tragova ranijih puzanja. Mikrolokacija i okolina nisu korišteni kao zone za građenje. Pristupne saobraćajnice su bili „poljski“ putevi „primitivno“ građeni i održavani.

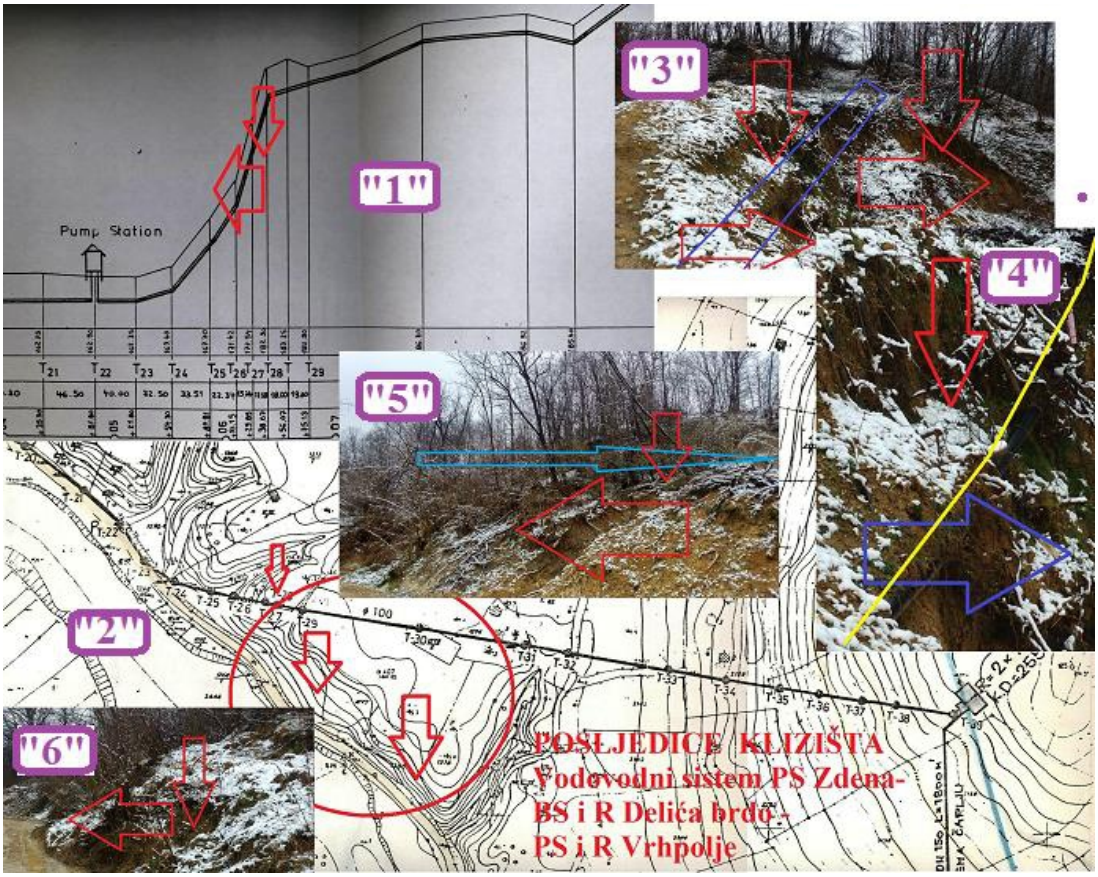


Slika 1. Makrolokacija mjesta kontakta, [1]

Na slici 1. uočavamo da na makrolokaciji nema značajnijih građevinskih zahvata. Uzajamni položaj izohipsi pokazuje jednu "stabilnu" kosinu. Međutim, jasno se uočava intervencija u prostoru u "nepravilnu" položaju graditeljskog rova u koji je smještena vodovodna cijev DN 100 mm. U analizi "slučaja" ne provodi se definiranje razloga odabira položaja trase pod "proizvoljnim" kutom spram izohipsi kosine. Prema činjeničnom stanju pravac trase rova je okomit na izohipse od T-26 do T-29, što bi se moglo prihvatiti kao optimalni položaj. Međutim, trasa prije T-26 a posebice u T-25 i ispred, siječe kosinu tangencijalno na izohipse, te je građevinska jama izvedena kao "potkop" kosine.

2.3. Kosina nakon sloma – detalji lica mjesta

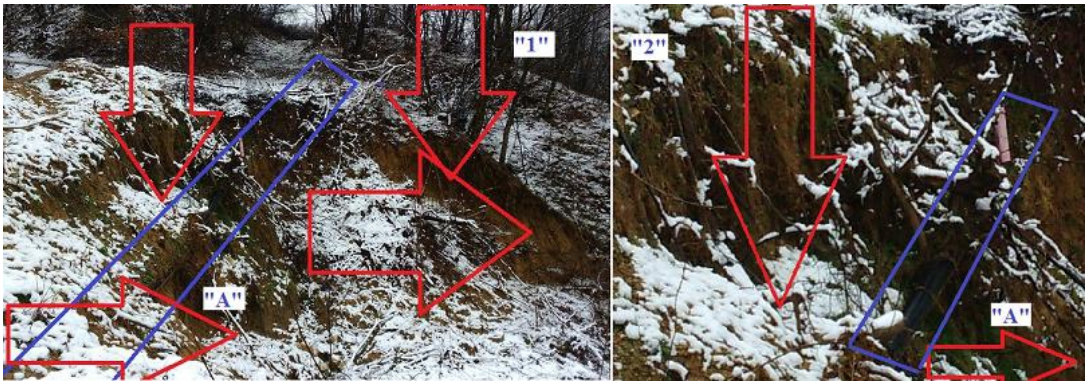
Korištenjem moćnih strojeva na mikrolokaciji je intervenirano kod izgradnje infrastrukture pristupnih prometnica i vodovoda. Na slici 2. vidi se četiri fotografije lica mjesta s karakterističnim položajem kliznih ravni u odnosu na infrastrukturu. Detalji "1" i "2" („RODECO“, 1998.) su podužni presjek i situacioni prikaz lica mjesta s položajima izohipsi. Detalji "5" i "6" su karakteristični položaju kliznih ravni i prometnice, dok detalji "3", "4" i „5“ su položaju klizne ravni u odnosu na vodovodnu cijev potisnog voda.



Slika 2. Kosina nakon sloma – detalji lica mjesta

3. Kosina nakon sloma – studij slučaja

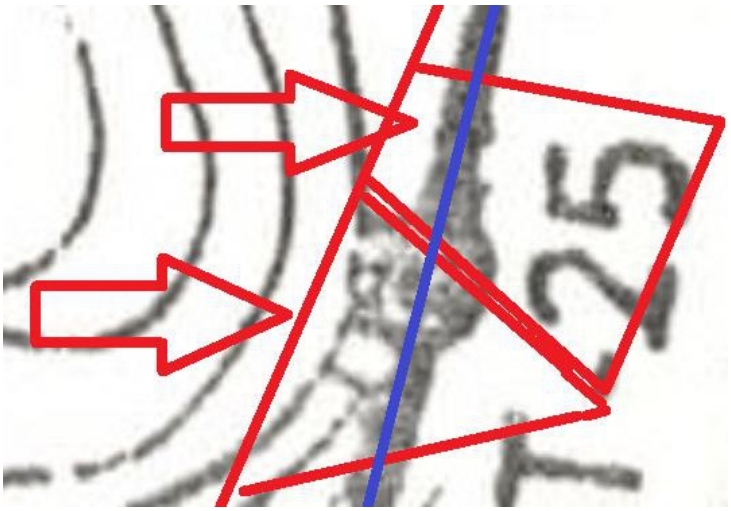
Inspekcijom lica mjesta utvrđeno je činjenično stanju na dijelu trase gdje je položaj pravca rova okomit na izohipse od T-26 do T-29. Ovdje se utvrdilo da na ovom dijelu nama značajnijih pokreta okolnog terena. Ovom prilikom je, također, utvrđeno da na trasi prije T-26 a posebice u T-25 i ispred, postoje tragovi „sloma“ u tijelu kosine i da su se odvajali segmenti i „puzali“ na niže paralelno s nagibom pada kosine.



Slika 3. Položaj klizne ravni i potisnog voda

U slici 3. karakterističnog kontakta klizne ravni i vodovodne infrastrukture označen je detalj "A" s pravokutno - plavo označenim položajem trase cjevovoda. Prema detalju "A" cijev koja je ranije bila ukopana u teren, nakon sloma istog ostala je ovješena u zraku.

4. Oblik klizne plohe

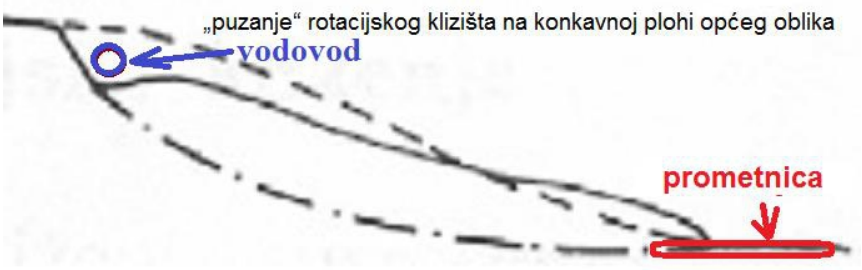


Slika 4. Kontakt kliznih površina i cjevovoda

Prema shematskom prikazu kontakta kliznih površina i cjevovoda na slici 4. kruna puzajuće ravni je na mjestu ranije intervencije na terenu, kod iskopa građevinske jame. Modeliranje kontakta kliznih površina i podzemnog vodoopskrbnog cjevovoda, pored prirodnih faktora; strukture zemljane mase, slojevitosti, nagiba, poroznosti i drugog, zahtijeva obuhvatiti i faktore koji su prouzročeni izvođačkom intervencijom. Naknadnom vizualnom procjenom može se ustvrditi da je nedovoljno zbijen rov apsorbirao kritičnu količinu vlage koja je omogućila veću pokretljivost čestica unutar tijela nasipa. Opterećenje ovako raskvašenog tijela nasipa nije dovoljno da potisne prirodno srasli teren niže od ovog rova ukoliko bi koherentnost ovog terena bila ujednačena iznad i ispod "linije" dna rova. Mogućnost prodora vode između tijela klizne površine i "stabilnih" slojeva ispod, moglo je povećati pokretljivost čestica između ova dva tijela a potom puzanja tijela iznad.

5. Rotacijsko klizište na konkavnoj plohi općeg oblika

Prema osnovnoj klasifikaciji tipovi klizanja se grupiraju na: a) odron, b) rotacijsko klizište, c) plitko rotacijsko klizište, d) rotacijsko klizište na konkavnoj plohi općeg oblika, e) složeno klizište, f) translacijsko klizište, g) vrlo sporo klizanje „PUZIŠTE“. Na osnovu izvršenog osmatranja dade se ustvrditi da se u konkretnom slučaju radi o „puzanju“ rotacijskog klizišta na konkavnoj plohi općeg oblika.



Slika 5. „Puzanje“ rotacijskog klizišta na konkavnoj plohi općeg oblika [2]

Kako nije došlo do „pokretanja“ trupa prometnice a materijal kliznog tijela se „puzao“ na prometnicu ovdje se ne radi o složenom klizištu. Prema uočenim efektima koje je prouzročilo ovdje se radi o „puzanju“ rotacijskog klizišta na konkavnoj plohi općeg oblika, kako je to i predstavljeno na slici 5.

6. Zaključak

Nakon izvršene inspekcije lica mjesta ustvrđena su značajna pomjeranja tla na dijelu kosine između infrastrukturnih objekata vodoopskrbe i prometnice. Ustvrđeno je da su i određene projektantske i izvođačke pogreške mogle prouzročiti pojavu sloma i puzanje tijela kosine. Dio rova cjevovoda je projektiran tangencijalno na izohipse kosine tako da je rov predstavljao i potkop, ali i drenažu procjednih voda, koje su u tijelu kosine povećali plastičnost i veću pokretljivost čestica unutar tijela kosine, te je dio tijela kosine "puzao" na prometnicu. Spuštanjem zemljanog materijala vodovodna cijev je na jednom dijelu ostala da "visi u zraku", što može da prouzroči havariju i zastoj u vodoopskrbi, ali i dodatno vlaženje terena vodom iz cjevovode. Kako se materijal „puzao“ na prometnicu, a nije došlo do „pokretanja“ trupa prometnice došlo je do zastoja i dodatnih aktivnosti na čišćenju. Prema uočenim efektima koje je prouzročilo ovdje se radi o „puzanju“ rotacijskog klizišta na konkavnoj plohi općeg oblika a ne o složenom klizištu. Prema ovomu nisu neophodne složenije aktivnosti kojima treba zaustaviti rad klizišta i otkloniti pričinjenu štetu.

7. Literatura

[1] Water Supply Pipelines, Delići area, drawing No. 5.1.1. Phare, EU, RODECO Consulting GmbH, Sanski Most, 1998.,
[2] Stabilnost kosina, materijal s predavanja, preuzeto jula 2015. s www.gradst.unist.hr ,
[3] Sliding flat, Delića brdo, Sanski Most, **(**position is determined), 44.750344, 16.694358, www.google.ba/maps/@44.7508784,16.6936508,499m/data=!3m1!1e3 ,

Primjena telemetrijskih modula u nadzoru vodoopskrbnih sustava
Application of telemetry modules in the control of water supply systems

En. Trožić[1], Em. Trožić[2],*, Ed. Smajić[3]

[1]Škola Vrhpolje, Općina Sanski Most, Bosna i Hercegovina
[2]Vodovod Sanski Most, Bosna i Hercegovina
[3]Općina Hadžići, Bosna i Hercegovina

*Autor za korespodenciju. E-mail: emirtrozic@yahoo.com

Sažetak

Na vodoopskrbnom sustavu podaci očitanja, elektro magnetskih mjerača protoka, u zonskim stanicama su preuzimani manualno. Nekad je to bilo preko prijenosnog flopi diska, a u posljednje vrijeme laptopom. Iz zonskih stanica se digitalni signal preuzimao izravnom konekcijom laptopa. Ovakav način korištenja očitanih podataka ima više nedostataka. Jedan od nedostataka je vremenska razlika od očitanja podatka do preuzimanja u nadzornoj stanici. Danas je ova vremenska razlika zanemarljivo mala tako de se podaci mogu trenutno pratiti. Ovo je omogućeno tako što wireless telemetrijski moduli pomoću GSM / GPRS prenosi signal do centralne nadzorne stanice. S obzirom na različitost ranije ugrađenih mjernih uređaja i umrežavanje wireless telemetrijskih modula može zahtijevati prilagodbe.
Motiv rada proizilazi iz tehnološkog zahtjeva odabira wireless telemetrijskog modula optimalnih tehničkih karakteristika koje su kompatibilne s ranije ugrađenim i novim mjeračima protoka i tlaka u vodoopskrbnom sustavu.
Metodom analize radnih frekvencija wireless telemetrijskih modula ustvrđen je modul s kompatibilnim radnim frekvencijama s izlaznim frekvencijama mjerača.
Rezultat rada je pravilan odabira wireless telemetrijskog modula optimalnih tehničkih karakteristika koje su kompatibilne s ranije ugrađenim i novim mjeračima protoka i tlaka u vodoopskrbnom sustavu.

Ključne riječi: telemetrija, nadzor, mjerač protoka, signal, wireless, GSM / GPRS.

Abstract

The water supply system data readings, electro magnetic flow meter in the zone stations were taken over manually. It used to be via a portable floppy disk and lately laptop. For zonal stations to digital signal taking over a direct connection laptop. This way of using the read data has more disadvantages. One of the drawbacks is the time difference than the reading data by downloading the inspection station. Today the time difference insignificant such a way that data may currently track. This is enabled by wireless telemetry modules using GSM

/ GPRS transmit a signal to a central monitoring station. Given the diversity of previously installed measurement devices and networking wireless telemetry modules might require adjustment.
Motif of work stems from the technological demands selecting wireless telemetry modules optimal technical characteristics that are compatible with earlier built and new flow meters and pressure in water supply system.
Analysis method operating frequency wireless telemetry modules ascertained the module with a compatible operating frequencies with output frequencies of the meter. Paper result is to the correct selection of wireless telemetry modules optimal technical characteristics that are compatible with earlier embedded and new flow meters and pressure in water supply system.

Keywords: telemetry, monitoring, flow meters, signal, wireless, GSM / GPRS.

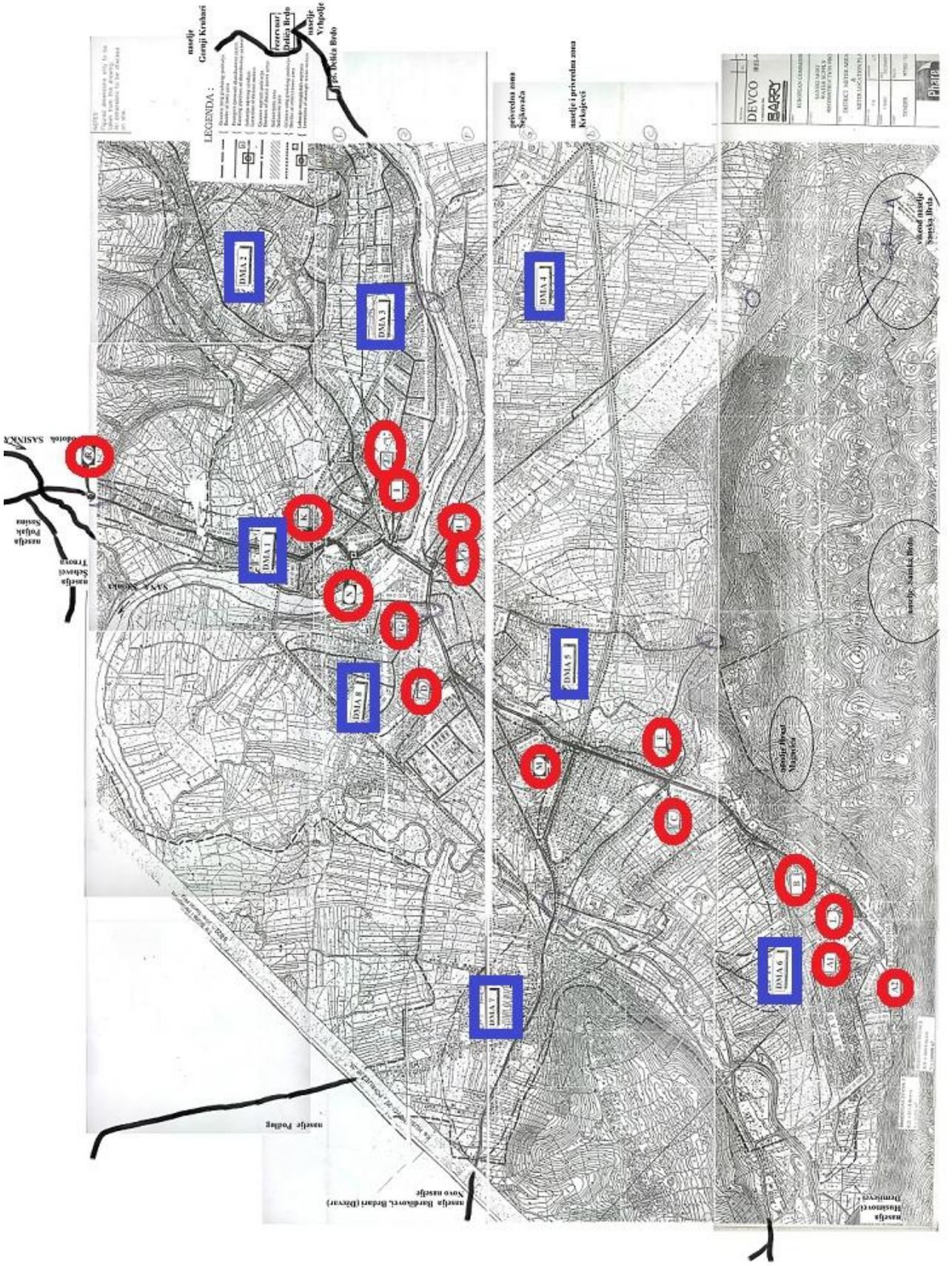
1. Uvod

U vodoopskrbnom sustavu uspostavite su zone manualnog nadziranja preko sustava zonskih mjerača protoka i tlaka. Ovaj sustav nadziranja je uspostavit 1997. godine instaliranjem fiksnih nadzornih stanica na ulazu u vodoopskrbne zone. Razvoj telekomunikacija omogućilo je i dogradnju u sustavima vodoopskrbe tako da je moguće umrežiti na jednom ili više (paralelnih) mjesta kontrolirati rad sustava. Na sustavu koji je manualno nadziran fiksnim stanicama za kontrolu protoka (i tlaka) dograđuje se sustav za bežični prenos signala i manipulaciju podacima na središnjem PC.

2. Fiksne stanice monitoringa

2.1. Distribucija mjerača u vodoopskrbnom sustavu

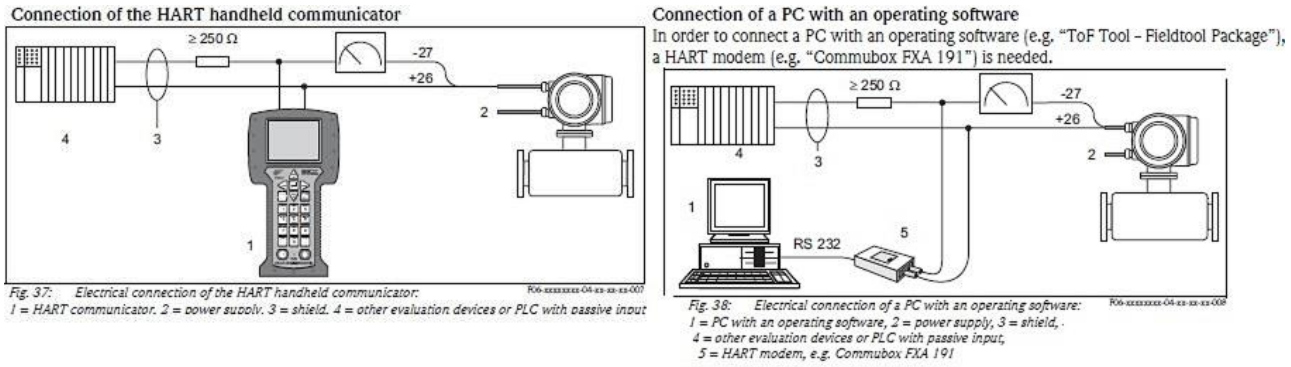
Kod projektiranja, distribucije mjerača, zona obuhvata bio je središnji vodoopskrbni sustav sa stupnjem trenutačnog stanja bez razvojnih planova i bez lokalnih sustava. U tadašnjem tranzitnom sustavu je locirano 4 strateška mjerača dok je distributivni sustav razdijeljen u 8 zona (distrikt) koje se nadziru preko 12 zonskih mjerača. Distribucija mjerača unutar središnjeg vodoopskrbnog sustava, na slici 1., projektirana je tako da predstavlja zonski obuhvat korisnika vodovodne mreže. Zonama (distriktima) obuhvaćeni su svi korisnici unutar cijelog sustava. Strateški nadzor podrazumijeva 4 kontrolna punkta duž transportnog cjevovoda. Zonski (distrikt) nadzor je obuhvaćen s 12 kontrolnih punktova na odvajanjima distributivnog s tranzitnog cjevovode.



Slika 1. Distribucija strateških i zonskih mjerača [Devco Ireland, Barry International, 1997.]

3. Manualno preuzimanje digitalnog signala

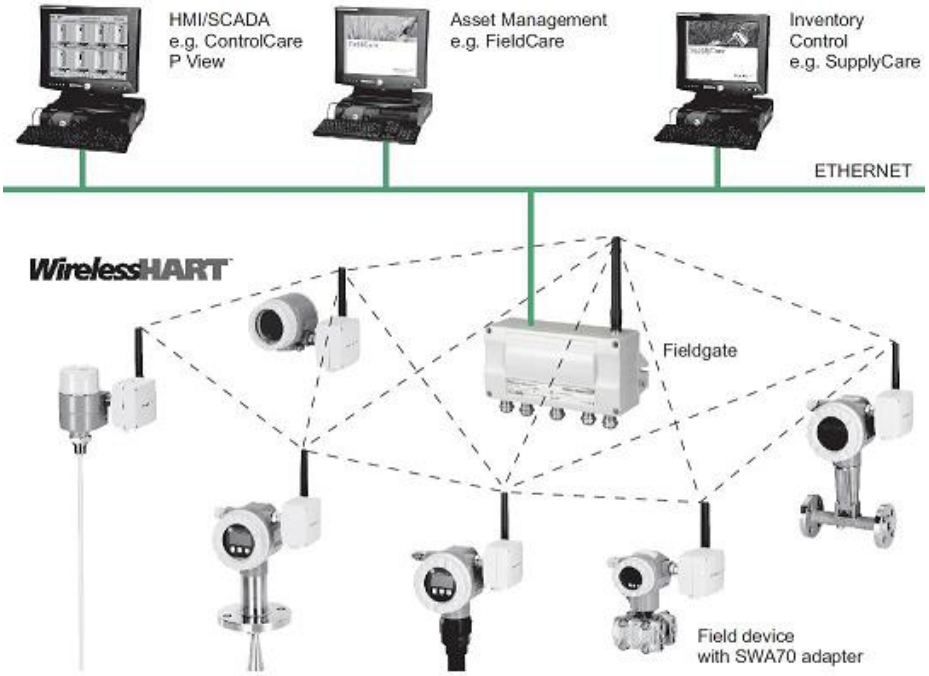
Manualno preuzimanje digitalnog signala, kod mjerača Endress+Hauser, prema slici 2. moguće je preko HART[8] ručnog komunikatora ili direktno na PC preko HART modema. U oba slučaja konekcija se ostvaruje na izlazu 1. preko konekcijske parice "-27" i +"26".



Slika 2. Manualno preuzimanje digitalnog signala [Endress+Hauser]

4. Prijenos međusignala bez (i/ili) s GSM operaterom

Kod Endress+Hauser postoji opcija prijenosa međusignala bez GSM[9] operatera, za nekoliko uređaja, pa tek onda prijenos preko GSM operatera.



Slika 3. Konfiguracija WirelessHART Adapter SWA70, [Endress+Hauser]

[8] Highway Addressable Remote Transducer

[9] Global System for Mobile Communications

Prema slici 3. WirelessHART Adapter SWA70 povezuje nekoliko "različitih" mjerača "vlastitom" mrežom u komunikator koji za dalji prenos koristi prostor javnih emitera GSM signala.

4. Specifični zahtjevi za telemetrijsku opremu

Zbog specifičnih zahtjeva sustavnog rješavanja cjelovitog nadzora i mogućeg umrežavanja mjerača drugih proizvođača sa sličnim ili drugačijim izlaznim signalom, neophodno je istražiti mogućnost korištenja kompatibilne telemetrijske opreme za umrežavanje mjerača različitih proizvođača. Tamo gdje postoje pripremljeni izvodi s cjevovoda za mjerenje tlaka, ugrađuju se telemetrijski uređaji koji imaju integriran mjerni pretvarač tlaka (MT-723PT). Tamo gdje izvodi na postoje, ugrađuje se standardni telemetrijski uređaj, tip MT-713, i mjerni pretvarači tlaka (tip PCE-28/NN). Generalno vrijedi da se u svim postojećim ormarima pripremi napajanje za nove telemetrijske uređaje i to 230Vac/5Vdc za četiri mjerna mjesta i 230Vac/24Vdc za dva mjerna mjesta. Mjerni pretvarači tlaka se napajaju izravno iz telemetrijskih uređaja. Ovi isti telemetrijski uređaji mogu se opremiti baterijom i konfigurirati za štedni način rada koji omogućava 5 godina autonomije. Dodatno se u postojeće elektroormare ugrađuje termostat i pripadajući grijač.

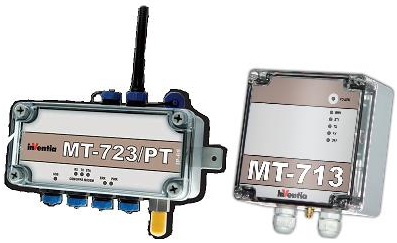
Obvezne prethodne aktivnosti:

- Priprema izvoda G1/2”, gdje se ugrađuju novi mjerni pretvarači tlaka.
- Dobava GPRS[10] data kartice mobilnog operatera, do 2MB prometa. Statičke IP adrese[11] nisu potrebne jer sustav ima potrebne mehanizme komunikacije s udaljenim lokacijama putem javne mobilne mreže (dinamičko IP adresiranje).

Moguće je odraditi još 7-8 lokacija unutar vodoopskrbnog sustava, a za lokacije izvan urbanih zona.

5. GSM/GPRS modul „inVentia“

GSM/GPRS modul MT-723, slika 4., je telemetrijski modul sa najvećim stupnjem zaštite (IP68) za rad u okolišu s teškim uvjetima. MT-723 se koristi u raznim mjernim i automatizacijskim sustavima, za GPRS prijenos, arhiviranje i analizu podataka te kao alat kod software-a za vizualizaciju. Prednost ovog modula je moderan dizajn, napredna tehnologija i inovativna rješenja. Modul je vrlo jednostavno konfigurirati i integrirati sa sustavom za prikupljanje i obradu podataka.



Slika 4. GSM/GPRS modul MT-723 i MT-713, **„inVentia“**

[10] General Packet Radio Service

[11] IP broj ili IP adresa je jedinstvena brojčana oznaka računala na internetu

Sposobnost inicijalnog prijenosa podataka (vremenski definirano ili uzrokovano nekim događajem) smanjuje operativne troškove i potrošnju električne energije, omogućujući tako dugotrajnost baterije iz koje se modul napaja. Radi robusnog i kompaktnog dizajna modul se isporučuje u zatvorenom polikarbonatnom kućištu klase zaštite IP68, tako da modul može raditi u okolišu s teškim uvjetima, u izoliranim, teško pristupačnim mjestima bez vanjskog napajanja (npr. mjerenja u mjernim oknima vodoopskrbnih sustava). Modul se može napajati iz alkalnih ili litijskih baterija, punjivih baterija, solarnih panela kao i stacionarnog istosmjernog izvora napajanja. Naponski nivo izvora napajanja se kontinuirano prati te se šalje skupa s mjernim podacima. U slučaju isključena vanjskog napajanja, unutarnja litij baterija osigurava dovoljno energije za rad digitalnih ulaza te održava RTC[12] sat i aktivira alarm gubitka napajanja. Modul MT-723 ima šest digitalna/brojačka ulaza (za direktnu konekciju na potencijalno slobodne kontakte mjerača protoka vode). Isto tako ima i tri analogna ulaza koja omogućavaju mjerenje fizikalnih veličina kao što su tlak, temperatura, nivo tekućine u rezervoaru i sl. Modul isto tako može dojaviti da je došlo do nekog alarmnog stanja kao što je neovlašteno otvaranje mjernog objekta, kritična razina temperature, vlažnosti, nivoa vode u vodospremi, itd. Podatkovni loger je baziran na flash memoriji (kapaciteta 4MB) što omogućava da mjerni podaci budu sigurno pohranjeni sve dok se podaci uspješno ne prenesu do primatelja, koji mora potvrditi prijem podataka.

Karakteristike:
3 analogna ulaza 0-5 VDC sa podesivom alarmnom razinom i histerezom
6 digitalna/brojačka ulaza (npr. spajanje mjerača protoka s impulsnim izlazom)
2 kontrolirana digitalna izlaza
0-5 VDC napajanje za vanjske analogne pretvornike
Vibracijski senzor (detekcija upada)
Opcionalno senzor poplave
Opcionalno ugrađen mjerni pretvornik tlaka
Opcionalno GPS prijemnik
Inteligentni podatkovni loger (4MB Flash memorije – max. 10000 zapisa)
Sat realnog vremena (RTC)
Integrirani GSM 900/1800 modem sa automatskim logiranjem na GPRS
Integrirani GSM/GPRS paketni prijenos podataka i SMS poruke
USB port (IP68) za lokalnu konfiguraciju
SMB IP68 antenski konektor
IP68 kućište i konektori, elektronika prekrivena zaštitnim gelom

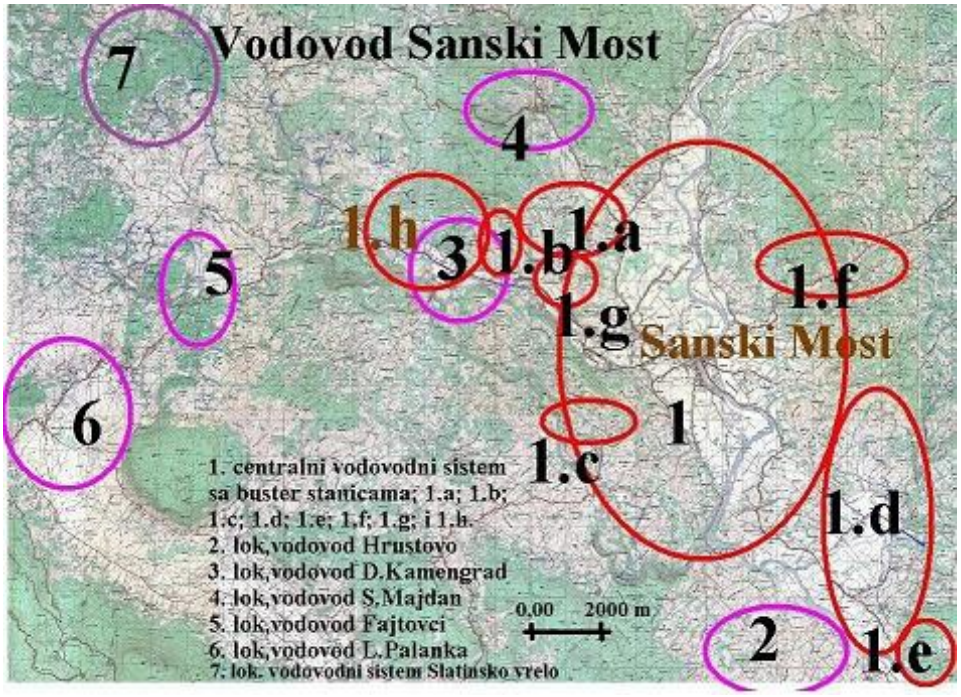
Osnovne funkcije:
Način komunikacije: GPRS i SMS
Metode prijenosa podataka: programirani i/ili uzrokovan nekim događajem

[12] Real Time Clock

Podesivi parametri za filtriranje, histereze, period uzorkovanja, snimanja, alarmne razine, način komunikacije i događaja koji pokreću zapis ili prijenos podataka
Podesivi vremenski intervali za snimanje i period uzorkovanja
Inteligentni sustav za uštedu energije
Radna temperatura: -20°…+50°C
Jednostavan komunikacijski i konfiguracijski softver
Softver za daljinsko upravljanje i nadogradnju firmware-a MT-723 modula putem GPRS-a
Napajanje: 7-30 VDC (alkalne ili litijske baterije, punjive baterije, solarni panel, istosmjerni izvor napajanja)

5. Obuhvat monitoringa

Monitoring treba da obuhvati sve fiksne zonske stanica mjerača protoka i tlaka vodoopskrbnog sustava i PC s baznim softverom, umreženih WirelessHart adapterom.



Slika 5. Obuhvat monitoringa

5. Monitoringom, telemetrijskim nadzorom objekata vodoopskrbe
I faza – umrežavanje 6 mjerača sa središnjom PC
Jedinica središnje PC vodoopskrbnog sustava, s ranije ugrađenom opremom za separatni monitoring:
- «C», za zonu DMA[13] 7, preko DN 150 mm,
- «D», za zonu DMA 7, preko DN 100 mm,
- «G», za zonu DMA 8, preko DN 80 mm,
- «F», za zonu DMA 5 (kružni), preko DN 100 mm
- «J», za zonu DMA 2, preko DN 100 mm,

[13] District meter areas (water supply)

- «R», Strateški mjerač protoka: preko DN 100 mm,
II faza – popravak i umrežavanje 10 mjerača sa središnjim PC I faze
«L», Strateški mjerač protoka, preko DN 200 mm,
«M», Strateški mjerač protoka, preko DN 200 mm,
«N», Strateški mjerač protoka, preko DN 100 mm,
«A1», preko DN 150 mm,
«A2», preko DN 200 mm,
«B», za zonu DMA 6, preko DN 100 mm,
«E», za zonu DMA 5 (kružni), preko DN 80 mm
«H», za zonu DMA 4, preko DN 150 mm,
«I», za zonu DMA 3, preko DN 100 mm,
«K» za zonu DMA 1, preko 100 mm,
III faza – ugradnja i umrežavanje mjerača, perifernih jedinica, s središnjim PC I faze
U sklopu III faze će se umrežiti periferne jedinice središnjeg vodoopskrbnog sustava, koje ranije nisu bile obuhvaćene monitoringom, jer su posjedovale samo uklopno isklopnu elektroniku sa sondama davača signala nivoa vode.
Ovdje će se izvršiti kompletna instalacija elektromagnetnih mjerača protoka sa termoregulacionom zaštitom nadzemnog ormarića inadogradnjom GSM/GPRS sustava za umrežavanje u centralni PC. Predviđen minimalni broj točaka mjerenja je 24+4=28.
A. Objekti vodozahvata i tretmana središnjeg vodovoda Zd-en (minimum 3 tačke)
A.1. Objekat za tretman vode za piće «Zd-en»,
A.2. Centralni rezervoar 2.500 m³ «Zd-en»,
A.3. Kaptažni objekat «Zd-en»,
B. Objekti u sastavu središnjeg vodovoda Zd-en (minimum 10+4 tačke)
B.1. Buster stanica Hr-Ma,
B.2. Pumpna stanica De-br,
B.3-a. Rezervoar De-br,
B3-b, Rezervoar Lu-ža,
B.4-a. Pumpna stanica Vr-hp,
B.4-b, Buster stanica Il-Po,
B.5. Rezervoar Vr-hp,
B.6. Buster stanica Bo-ja,
B.7. Pumpna stanica Ba-rd,
B.8. Rezervoar Ba-rd,
B.9. Pumpna stanica De-mi,
B.10. Rezervoar De-mi,
B.11. Buster stanica Ka-me
B.12. Buster stanica Sa-si
C. Objekti lokalnih vodovoda pod nadzorom JKP “ViK”-a (minimum 11 točaka)
C.1. Pumpna stanica Lu-Pa (izvor Po-db),
C.2. Rezervoar Lu-Pa,
C.3. Pumpna stanica Ka-me (izvor Gr-ab),
C.4. Rezervoar Ka-me
C.5. Pumpna stanica Hr-us (nova, stari izvor se napušta)
C.6. Rezervoar Hr-us
C.7. Pumpna stanica Fa-jt (izvor Pe-ći), aleternativa (dovod sa Sl-vr I rezervoara Ra-br)
C.8. Rezervoar Fa-jt

C.9. Gravitacionog vodovoda St-Ma (do sad bez bilo kakve elektronike) (Kaptaža i komore sa pješčanim filterima), alternative, (dovod središnjeg vodoopskrbnog sustava preko rezervoara Ba-rd).
C.10. Pumpna stanica Sl-vr,
C.11. Rezervoar Ra-br (sistem Sl-vr),

6. Zaključak

Zbog specifičnih zahtjeva sustavnog rješavanja cjelovitog nadzora i mogućeg umrežavanja mjerača različitih proizvođača sa sličnim ili drugačijim izlaznim signalom, bilo je neophodno istražiti mogućnost korištenja kompatibilne telemetrijske opreme za umrežavanje mjerača različitih proizvođača. Analizirani telemetrijski komunikator se potvrdio kao kompatibilan za mjerače različitih proizvođača. Moguće je preuzeti i prenijeti signale do centralne PC radi dalje manipulacije kroz trenutačni nadzor.
Ovdje analizirani, GSM/GPRS modul, je telemetrijski komunikator sa najvećim stupnjem zaštite za rad u okolišu s teškim uvjetima. Može se koristiti u mjernim i automatizacijskim sustavima, za GPRS prijenos, arhiviranje i analizu podataka te kao alat kod software-a za vizualizaciju. Jednostavan je za konfigurirati i integrirati sa sustavom za prikupljanje i obradu podataka.

7. Literatura

[1] Trožić, Emir; Trožić, Enver. Umrežavanje strateških mjerača protoka u centralni softver vodovoda Sanski Most, Osijek, 2011., (rad u zborniku),
[2] Trožić, Emir; Trožić, Enver; Smajić, Edin, Prilog analizi trenutnog stanja zonskih mjerača protoka središnjeg vodoopskrbnog sustava Sanski Most, Osijek, 2012., (rad u zborniku),
[3] Trožić, Emir; Smajić, Edin; Trožić, Enver , Uvezivanje lokalnih vodovoda, viših perifernih zona opskrbe, istočnog dijela općine Sanski Most u centralni vodovodni sustav, Osijek, 2012., (rad u zborniku),
[4] Trožić, Em., Trožić, En., Smajić, Ed., Koncept kontinuiranog monitoringa strateških i zonski mjerača protoka središnjeg vodoopskrbnog sustava, Osijek, 2013., (rad u zborniku),
[5] Trožić, En. Trožić, Em. Smajić, Ed, Modeliranje utjecajnih parametara za izbor mjerila protoka u eksploatacijskim uvjetima kod tretmana vode za piće, Osijek, 2014., (rad u zborniku),
[6] Endress+Hauser, Proline Promag 53, Electromagnetic Flow Measuring System – elektromagnetni protočni mjerni sistem, Brief operating instructions, Kratke upute za upotrebu,
[7] Strategic Connections, 97503/UAF-505, Sanski Most Water supply reconstruction project, European Connission, Phare, Devco Ireland, Barry International, 1997.,
[8] Technical Information WirelessHART Adapter SWA70, https://portal.endress.com/wa001/dla/5000373/0002/000/03/TI00026SEN_1310.pdf ,
[9] Operating Instructions Fieldgate FXA320 Ethernet, Modem and GSM gateway for 4 – 20 mA analog and binary devices, https://portal.endress.com/wa001/dla/5000241/6640/000/03/BA00053SEN_1514.pdf ,
[10] Invenia: MT serija GPRS/GSM Modula, Control Engineering d.o.o., Rijeka, www.control.hr/pd/133/pgoid/11/Inventia--MT-serija-GPRS-GSM-modula.wshtml ,
[11] Alpisens S.A.-manufacture of industrial measuring instruments and automation equipment, www.control.hr/Repository/Dokumenti/Aplisens%20Product%20Presentation.pdf ,

Provođenje velikih riječnih voda
Conducting large river waters

S. Maričić

Građevinski fakultet Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska

Autor za korespodenciju. E-mail: smaricic@gfos.hr

Sažetak

Ljudi su sve dominantniji na Zemlji. Mijenjaju je značajno sa svojim razvojem. Površinsko otjecanje je odavno prilagođavano ljudskim potrebama kroz hidrotehničke melioracije i regulacije rijeka. U nastojanju ublažavanja suša i poplava značajno su promijenjeni režimi i korita rijeka. Kod ekstremno vlažnih vremenskih prilika javljaju se poplavni problemi. Tijekom povijesti stečena su bogata iskustva i znanja u obrani od štetnog djelovanja voda. Ali, poplave, po svom karakteru i pod utjecajem globalnog zatopljenja, uvijek nose iznenađujuće elemente. Vrlo važan društveno-gospodarski segment je što sigurnije provođenje velikih voda, uglavnom izgrađenom, odvodnom mrežom korita vodotoka.

Nasipima i regulacijskim radovima prirodne su rijeke prostorno ograničene te je tako ubrzano otjecanje velikih voda. Urbanizacijom prirodnih prostora uz rijeke povećan je poplavni rizik. Prilikom opasnosti od poplava provode se zaštitne mjere i radovi, kojima se nastoji ostvariti uspješno provođenje velikih voda uz što manje štete. To su vrlo zahtjevne aktivnosti. Osim tradicionalnih, uvode se i novi načini i elementi protupoplavne zaštite.

U radu se konstatiraju okolnosti koje doprinose povećanju opasnosti od poplava. Navode se glavne odrednice sustava za odvodnju u vlažnim vremenskim prilikama. Sistematizirane su opasnosti i radovi kod provođenja velikih voda. Zaključno se ukazuje na potrebu praćenja utjecaja klimatskih promjena i konstatira se da ljudi moraju živjeti s poplavama, ali s dobrim prilagodbama mogu umanjiti njihove štetne učinke.

Abstract

People are beginning to dominate the Earth. They change it significantly with their development. Surface runoff has long been adjusted to human needs through drainage and irrigation practices and regulation of rivers. In effort to mitigate droughts and floods, river regimes and riverbeds have been significantly altered. In extremely wet weather conditions, flooding problems can occur. Rich experiences and knowledge in flood control have been acquired throughout history. Floods, however, by their nature and under the influence of global warming, always carry elements of surprise. A very important socio-economic part is conducting large river waters safely by using, mostly built, riverbed drainage systems.

Embankments and regulation works have limited rivers spatially and therefore greatly accelerated large river runoffs. Urbanization of natural areas along rivers has greatly increased the flood risks. Protective measures and other works are carried out to ensure successful large river conductivity with minimum damage. These are very demanding

activities. Advanced methods and elements of flood protection have been introduced, in addition to the traditional ones.
This paper presents the circumstances which contribute to increased flood risks. Main characteristics of drainage systems in wet conditions are presented. Dangers and works needed for conducting large river waters are systematized. In conclusion, the paper points out the need to monitor the influence of weather conditions and climate changes. The paper also states that people need to live with floods, but with some good adjustments, the harmful effects can be reduced.

Ključne riječi: rijeka, velike vode, poplave, nasipi, protupoplavna zaštita

1. Ljudske globalne promjene

Planet Zemlja u Sunčevom sustavu jedinstven je za život kakvog ljudi poznaju. Površina mu je protkana živim bićima i može se promatrati kao jedan globalni ekosustav. Međusobnu povezanost i zajedničko djelovanje svih prisutnih komponenti tako se može iskazati pojmom ekosfera. Kako je ekosfera vrlo dinamičan i zamršen sustav, različite su i ocjene uloge čovjeka na njen daljnji razvoj, od stava da je čovjek „prirodna katastrofa“ do marginaliziranja ljudskog utjecaja. Svakako je uočljivo: dosadašnja ljudska povijest je zadovoljavanje sve većih i većih materijalnih potreba na račun ostalih živih bića, na račun zdravog životnog okoliša i, kako sada stvari stoje, na teret budućih generacija, [1, 2].
Čovjek danas apsolutno dominira na Zemlji, svakodnevno mijenja njen izgled, strukturne i funkcionalne osobitosti. Danas ne postoji ni jedan ekosustav na koji nije čovjek utjecao ili ga svojim djelatnostima izmijenio. Ljudi su drastično izmijenili izgled jedne trećine do polovice kopnene površine. Rast svjetskog pučanstva, intenzivno poljodjelstvo, ribarstvo, krčenje šuma, neodrživa industrijalizacija, korištenje fosilnih goriva, onečišćavanje zraka, vode i zemlje, nedostatak pitke vode, promet, globalni tijek kapitala, razmjena roba diljem svijeta, ekonomski ili ekološki uvjetovana migracija stanovništva, urbanizacija i nastanak višemilijunskih gradova, glavni su uzroci globalnih promjena, [2].
Promjene globalnog okoliša uključuju npr. promjene osnovnih parametara ekosfere (sastav atmosferskih plinova, temperature površinskih slojeva oceana, brojnost i raspored stanovništva), smanjivanje prirodnih resursa (krčenje šuma, erozija tala, iskorištavanje mineralnih sirovina, osiromašivanje biološke raznovrsnosti), strukturne izmjene (proširivanje pustinja, rasprostiranje vrsta, urbanizacija, rastuće razlike u životnom standardu razvijenih i nerazvijenih zemalja), promjene globalnih procesa (oceanska strujanja, kružni tokovi vode, ugljika, dušika i drugih elemenata, masovne migracije stanovništva), preoblikovanje površine Zemlje (vegetacijski pokrov, akumulacijska jezera, površinski kopovi, industrijska područja, prometna infrastruktura i sl.). Globalne promjene danas često stoje u središtu međunarodne politike. Manje zbog zaštite prirode, a više zbog zaštite čovjekovog okoliša, što dugotrajnijeg (i pravednijeg?) korištenja prirodnih izvora bogatstva, a time i očuvanja svjetskog mira, [1, 3].
Dakle, veliki problem današnjice je daljnji rast svjetskog stanovništva koji se sve više usredotočuje na gradove, a pokretačka je snaga globalnih promjena okoliša. Oko 1800. godine bilo je oko milijardu ljudi na svijetu. Brojka je udvostručena u narednih 130 godina, a

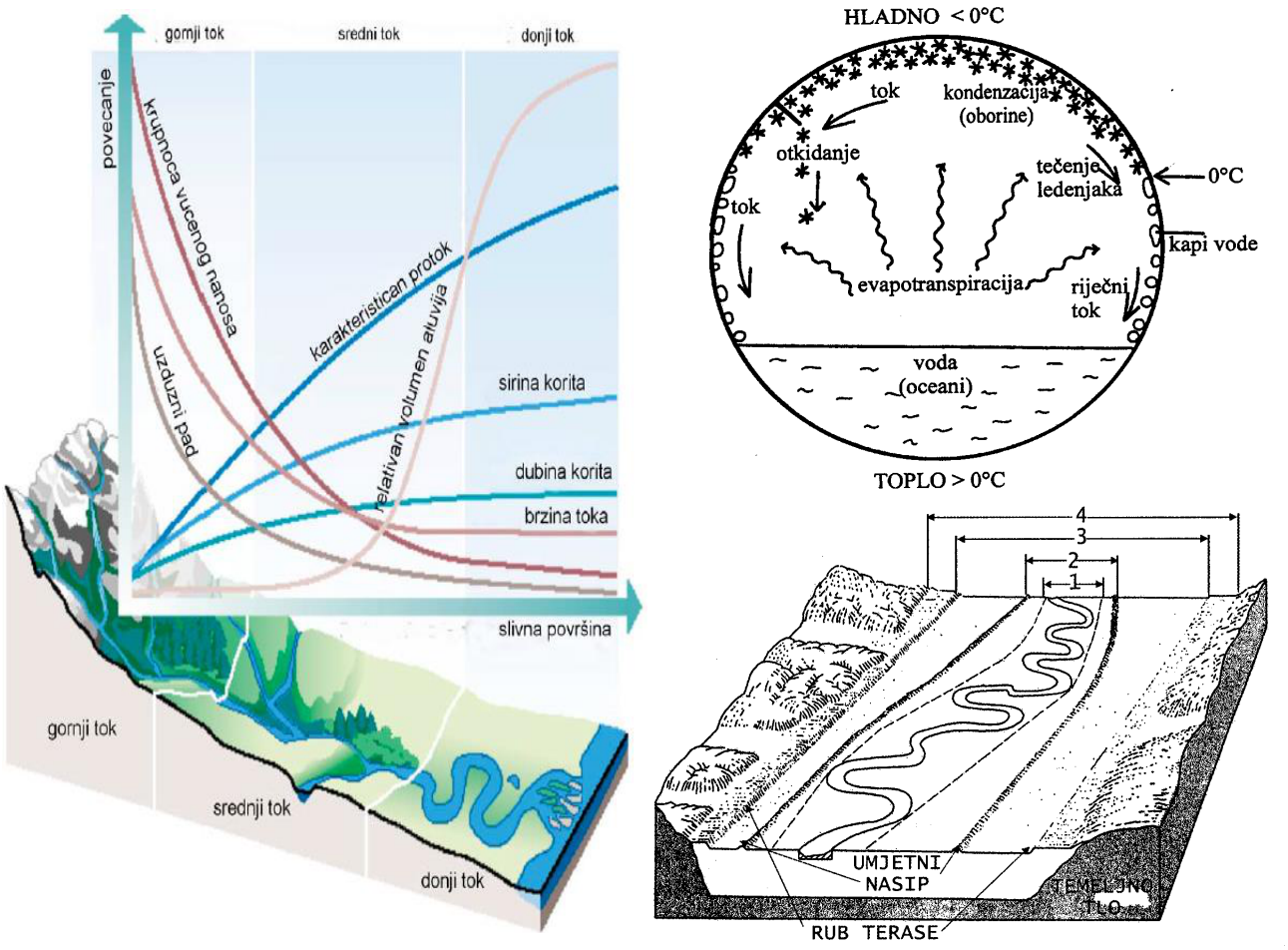
u periodu od 1930.-1960. narasla je na tri milijarde. 1975. broj ljudi na Zemlji je bio četiri milijarde, a pred sam kraj stoljeća dostigao je šest milijardi. Očekivanja su da će sredinom ovog stoljeća naš planet nastanjivati zasigurno preko devet milijardi stanovnika, [1, 4].
Problemi zbog porasta životnog standarda i sve većih razlika između bogatih (industrijskih) i siromašnih (poljodjelskih) zemalja mogu se potkrijepiti pokazateljima naglog gospodarskog rasta u drugoj polovici 20. stoljeća: novčana vrijednost bruto svjetske proizvodnje narasla je krajem stoljeća na šesterostruko viši iznos od onog iz 1950.; potrošnja fosilnih goriva je 5 puta veća nego 1950.; potrošnja slatke vode je 5 puta veća nego 1950.; ulov morske ribe je učetverostručen; potrošnja drva krajem stoljeća je za 40% veća nego prije 25 godina; potrošnja pesticida dosegla je gotovo 3 milijuna tona; potrošnja umjetnih gnojiva je 5 puta veća nego 1950. itd. Početkom ovog stoljeća ljudska potražnja za namirnicama, energijom i drugim prirodnim sirovinama za 50% prelazi regenerativne sposobnosti biosfere Zemlje. Dakle, radi se o neodrživom iskorištavanju prirodnih resursa i mijenjanju krajobraza površine Zemlje uz veliko smanjenje bioraznolikosti. Tako je, posebno tijekom prošlog stoljeća, konstatirana potreba za mjerama trajno održivog razvoja i nove politike koja mora svrsishodno objediniti i uskladiti potrebe privrede, društva i prirodnog okoliša, [1,5].

2. Voda na Zemlji

Iako Zemlju nazivamo vodenim planetom (plavim planetom), veoma mali dio vode može se bez problema koristiti za održavanje ljudske vrste. Globalno je važno razmotriti kako Zemlja stoji sa zalihama vode i mijenja li se njezin proces kruženja u prirodi, no to nije lako. Ukupne količine vode na Zemlji procijenjene su na oko 1 386 miliona kubnih kilometara. Od toga preko 97 % predstavlja slana voda. Od ukupne količine slatke vode, preko 68 % je zarobljeno u ledu i glečerima. Preostalih 30 % slatkih voda nalazi se u zemljištu. Površinski slatkovodni izvori, kao što su rijeke i jezera (izvori najvećeg dijela vode za svakodnevnu ljudsku upotrebu), iznose samo oko 93 100 kubnih kilometara, što je oko 1/150 dio jednog postotka ukupne količine vode na našem planetu. Konačno, rijeke čine samo oko 2 % tog, već tako malog, dijela površinskih slatkih voda, tj. 1/5 000 dio postotka ukupne Zemljine vode, [4, 6].
Vodni resursi Zemlje nalaze se u jednom neprekidnom kružnom transportnom procesu, koji povezuje atmosferu, kopno (litosferu / biosferu) i hidrosferu. Glavna pokretačka snaga dinamičkih procesa formiranja i transporta vodene pare je sunčeva energija, a za pojave padavina i tečenja u vodotocima to su termodinamički procesi u atmosferi i sila gravitacije. Kružno kretanje vode od oceana, mora, jezera, zatim sa vlažnog tla, kao i sa lišća biljaka do atmosfere, a zatim u vidu padavina natrag na zemlju, gdje se jedan dio te vode skuplja u potoke i rijeke te dospijeva do mora i oceana, naziva se hidrološki ciklus, [5, 6].
Ova prirodna pojava prilično je komplicirana, ali se često pojednostavljuje u grafičkim prikazima (slika 1). Čovjek svojom aktivnošću vrši izvjestan utjecaj na režim otjecanja površinskih voda, pa i podzemnih. Površinsko otjecanje je odavno prilagođavano ljudskim potrebama kroz hidrotehničke melioracije i regulacije rijeka. U nastojanju ublažavanja suša i poplava značajno su promijenjeni režimi otjecanja i korita rijeka. Svaka sredina u nedavnoj prošlosti može sagledati niz ljudskih utjecaja na površinsko otjecanje, [7, 8].

Širom svijeta, otjecanje vode uslijed topljenja snijega predstavlja glavni dio globalnog kretanja vode. Pored poplava, brzo otapanje snijega može izazvati i pojavu klizišta i odrona. Otjecanje varira u zavisnosti od godišnjeg doba, kao i u toku godine.

Koristeći se postojećim (povijesnim) podacima, hidrolozi su proveli ogroman broj procjena prosječnih godišnjih protoka svih rijeka na Zemlji. Njihov zbroj varira od 35 000 do 50 000 km^3/godinu, što je manje od 1 % ukupne zapremine slatkih voda. Konstatirana je njihova značajna varijacija, kako iz godine u godinu za istu rijeku, tako za slične rijeke od jedne do druge regije. Čak do 80 % ukupnog godišnjeg protoka neke rijeke može proteći tijekom perioda velikih (poplavnih) voda uzrokovanih topljenjem snijega ili intenzivnih padavina, a nekoliko mjeseci kasnije taj protok može vrlo mali pa čak i jednak nuli, [6, 9].



Slika 1. Ilustracija uloge i osobina otjecanja rijekama na Zemlji; [10, 11]

Međutim, ključne nevolje svijeta u svezi s vodom leže u prostornoj i vremenskoj neravnomjernosti raspoređenosti obnovljivih voda. Prosječne padavine na čitavoj planeti su oko 1 000 mm, ali se mijenjaju u izuzetno širokom rasponu: od pustinjskih zona praktično bez padavina, do nekih zona u tropskom pojasu sa oborinama preko 10 000 mm. Pored prostorne neravnomjernosti velike teškoće nastaju i zbog vremenske neravnomjernosti, koja, čak i u vodom bogatim područjima, stvara ozbiljne vodnogospodarske probleme. Od obnovljivih slatkih voda procjenjuje se, zavisno od autora, da je oko 1/3 stabilan bazni

protok, dok su ostale 2/3 protoka vremenski vrlo neravnomjerne, zbog čega je njihovo korištenje vezano sa velikim teškoćama, prije svega zbog neophodnosti izgradnje velikih akumulacija, [6, 11].

Život čovjeka i njegove aktivnosti u sklopu tehnološkog razvoja doprinose da se resursi vode za piće zagađuju različitim tvarima i mikroorganizmima koji ulaze u ciklus voda. Nakon sve učestalijih incidenata nastalih kao posljedica zagađenja voda, došlo se do saznanja da je kvaliteta vode bitan element za procjenu moguće raspoložive količine od ukupne količine vodene mase. K tome, u posljednjoj četvrtini stoljeća svjetska populacija se udvostručila, količina potencijalno raspoložive vode po stanovniku ja opala sa 12.000 m^3/stanovniku na 7.500 m^3/stanovniku, a potrošnja vode se udvostručila, [4].

Zbog navedenog je neophodno razviti bolji sustav upravljanja resursima, kako bi se ublažio negativan utjecaj čovjeka na okoliš. U tom smislu treba integrirati znanost, zakonodavstvo, političku akciju i reakciju javnosti u logičan okvir društvenog sudjelovanja.

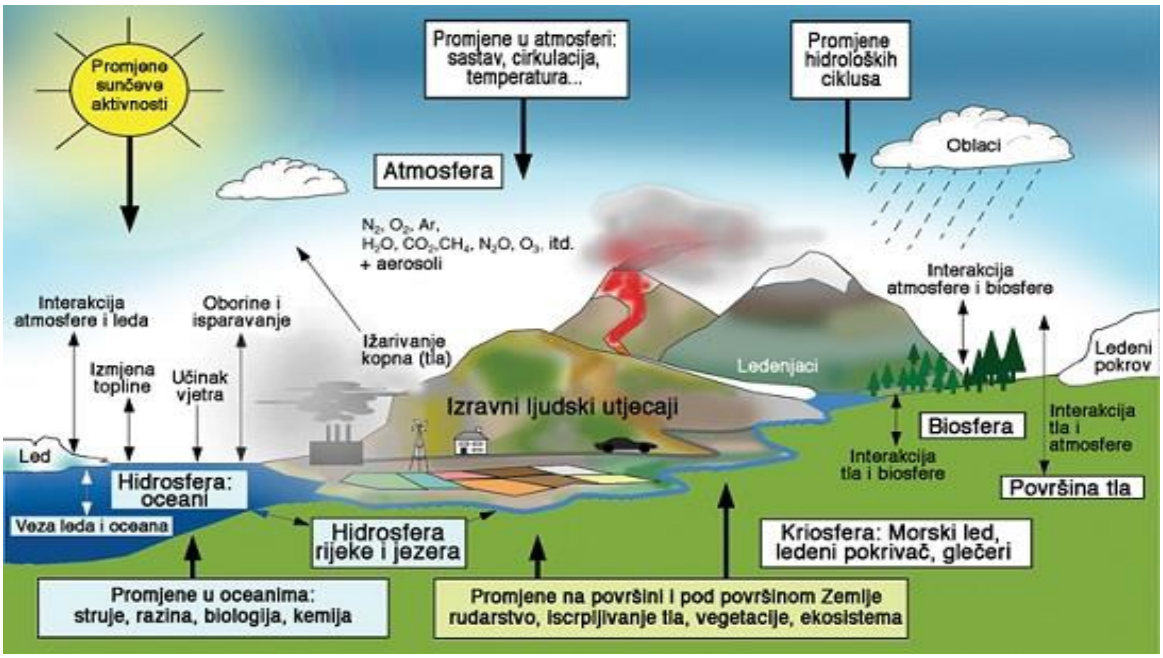
3. Klimatske promjene i čovjek

Kako se došlo do shvaćanja da prisutni trend razvoja života na Zemlji čovjeku nije održiv tako se već desetljećima pokušava nešto promijeniti. Da promišljati budućnost i prilagođavati se promjenama nije lako potvrđuje i ljudski odnos prema klimatskim promjenama. Klimu predstavlja prosječnost (30-tak godina) vremenskih prilika na nekom užem području. Ona se tijekom povijesti mijenjala, a danas tu promjenu najčešće promatramo pomoću temperature. Znanstvenici su rekonstruirali temperaturni hod daleko u prošlost i na njemu su zamjetni elementi periodičnosti tih promjena. Potvrđuju to i druge rekonstrukcije bliže povijesti kao i izmjereni podatci tijekom posljednjih stoljeća, [5, 11].

Za ilustraciju važnosti promjene temperature može poslužiti osvrt na segment hidrološkog sustava. Jedan dio vode na Zemlji blokiran je već relativno dug vremenski period u ledenim kapama i glečerima. Najveći komad ledene mase, skoro 90 %, nalazi se na Antarktiku, dok ledena kapa Grenlanda sadrži samo 10 % ukupne globalne ledene mase na Planetu. Ledene kape i glečeri rastu i opadaju, s vremena na vrijeme, zato što se klima mijenja. Veličina im je varirala kao što su se tijekom prošlosti smjenjivali topli i hladni periodi. Led glečera „danas“ pokriva oko 10-11 % kopna. Kada bi se ubrzo (uslijed zatopljenja) otopili svi glečeri, nivo mora bi porastao za oko 70 metara. Informativno, za trajanja posljednjeg ledenog doba, nivo mora bio je oko 122 metara niži nego danas, dok su glečeri prekrivali skoro jednu trećinu kopna, [5, 6, 11].

Globalna se temperatura tijekom proteklih stotinjak godina povećavala prosječnom stopom od 0,8 ºC. Dio znanstvenika pripisuje to prvenstveno antropogenom utjecaju i zalaže se za odlučne korektivne mjere, dok je dio skeptičan, kako u presudan utjecaj čovjeka tako i u način provedbe adekvatnih mjera u duboko podijeljenom svijetu (mogućnostima, bogatstvom, znanjem i tehnikom). Uslijed / usporedo zagrijavanja Zemlje dešavale su se te su izmjerene i druge promjene (parametara). Otapanjem ledenog pokrova i ledenjaka došlo je do izdizanja razina mora i oceana. Globalna morska razina tijekom proteklih stotinjak godina podizala se prosječnom stopom od 17 cm. Koncentracija „stakleničkih“ plinova u atmosferi je značajno porasla s daljnjim drastičnim trendom rasta. Zbog toga prognoze uspostavljenih globalnih klima-modela ukazuju na nastavak zatopljivanja. No, postoji dilema

koliko su dobro modelima obuhvaćene uzročno-posljedične sprege našeg planeta. Slika 2 prikazuje faktore klime i međuzavisnosti, a svaki u određenom uvjetima može prevladati, [3, 11, 12].



Slika 2. Osnovni utjecaji i međuodnosi zemaljskog klimatskog mehanizma; [3]

Promjene srednjih vrijednosti parametara popraćene su i promjenama ekstrema (dulja sušna razdoblja, intenzivnija kišna razdoblja, promjene u trajanju temperaturnih ekstrema, češće i intenzivnije poplavljivanje priobalja…). Posljednjih desetljeća zaredale su takve posljedice klimatskih promjena u svijetu i Europi, a svjedoci smo toga i u najbližem okruženju. Ove promjene predstavljaju ozbiljnu prijetnju za ljudske živote, za gospodarski razvoj i prirodni svijet o kojima uvelike ovisi ljudsko blagostanje, [2, 5].

Procesom globalnog zagrijavanja povećavaju se svjetski oceani, led se topi, a ledenjaci se diljem svijeta smanjuju. Ako ne dođe do prirodnog uravnoteženja, kombinacija ovih promjena je daljnje povećanje razine mora, koja će s vremenom ugroziti niska zemljišna područja i otoke. Zbog klimatskih promjena, opasni vremenski događaji poput toplinskih valova, suša, jakih kiša i snježnih oluja, poplava, sve su češći i intenzivniji, [3, 12].

Dakle, promjene klime povećavaju stohastički karakter otjecanja, naglije se pojavljuju veliki vodni valovi, maksimumi su sve veći, neravnomjerniji je godišnji hod promjena pa provođenje velikih voda rijekama postaje sve zahtjevnije. S druge strane, toplinski udari i suše također se intenziviraju te se povećavaju opterećenja na vodne resurse, a prirodna prihrana podzemlja poniranjem i infiltracijom je znatnije umanjena. Velika stvar je da se o problemu klimatskih promjena usuglašavaju stavovi i planiraju akcije na svjetskoj razini, jer to i jeste globalni problem, iako je to očito težak proces.

4. Poplavno područje i korito za veliku vodu

Rijeka je prirodni tok vode (i nanosa) koji pod utjecajem gravitacije teče koritom što ga sama erodira i formira, a nastaje u sklopu fenomena kruženja vode u prirodi (hidrološkog ciklusa). Osnovne osobine rijeka generalno ovise o veličini pripadne slivne površine, a prema njihovim promjenama se mogu izdvojiti tri karakteristična dijela prirodnog vodotoka.

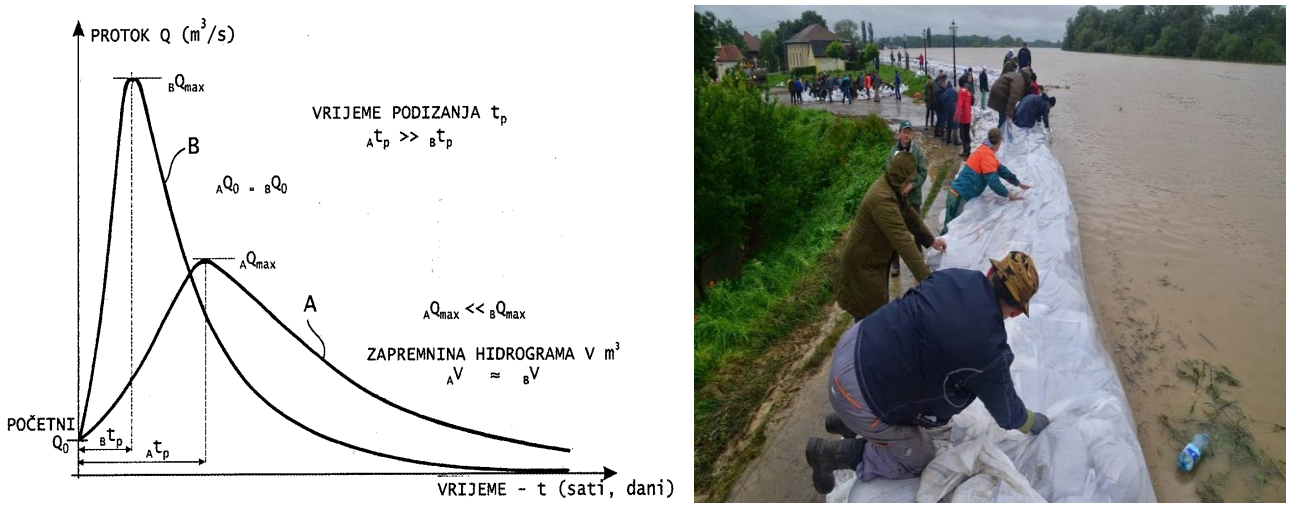
Iako je korito prirodnog vodotoka jedinstvena cjelina, u poprečnom profilu mogu se uočiti njegovi karakteristični dijelovi. Donosi ih slika 4. Korito za srednju vodu (glavno korito) je lako prepoznatljivo jer njime voda teče većim dijelom godine. Oko njega obično je formiran pretežito horizontalan teren koji biva poplavljen pri pojavi većih vodnih valova. To je poplavno područje, koje je danas najvećim dijelom zaposjednuto za ljudske potrebe (branjeno područje). Preostali dio, dakle prostor između korita za srednju vodu i višeg terena, odnosno izgrađenih hidrotehničkih nasipa, gdje se povremeno slobodno izljeva voda nazivamo inundacijama. Korito za srednju vodu i inundacije zajedno formiraju korito za veliku vodu, [10, 13].

Režim prirodnog vodotoka obuhvaća sve promjene koje se na njemu dešavaju tijekom određenog perioda, pod utjecajem promjene meteoroloških uvjeta (oborine, temperature, evapotranspiracija) i drugih uvjeta u samom slivu (vegetacija, zasićenost zemljišta itd.). Ovaj termin obuhvaća sve kvalitativne i kvantitativne promjene površinskih voda, kao i promjene drugih povezanih parametara, kao što su količine i karakteristike nanosa i leda. Hidrološki režimi rijeka se bitno razlikuju, jer zavise od njihovog geografskog položaja, veličine sliva i mnogih drugih prirodnih uvjeta. Od povremenih tokova u pustinjskim predjelima do rijeka koje nastaju topljenjem ledenjaka, svaki vodotok ima svoje specifičnosti. Bitno se razlikuje režim voda u urbaniziranim slivovima i slivovima na kojima su veće površine pokrivene vegetacijom, [6, 10].

Analiza pojave velikih voda vrlo je značajna za projekte uređenja nekog sliva, a u kojima su i regulacije pojedinih riječnih dijelova. U njoj se razmatraju uvjeti nastanka vodnih valova, njihovo rasprostiranje i promjene niz riječnu dolinu. Prirodni uvjeti i režim otjecanja regulacijskim radovima se mijenjaju, a prepoznavanje tih promjena je ključno za ovaj dio inženjerstva. Cilj zbog kojeg se provode regulacije vodotoka je složen. Pored utvrđivanja jedne poželjne trase prirodnog vodotoka, sprječavanja izlijevanja poplavnih voda i poboljšanja uvjeta pronosa leda i nanosa, mora se voditi računa i o uvjetima otjecanja velikih voda. Isključenjem retencijskih područja (po kojima se voda razlijevala i zadržavala) duž riječnog toka izaziva se povišenje do tada ekstremnih vodnih valova. Skraćenjem riječnog toka korekcijom prirodne trase može se postići koincidencija nailaska vodnih valova osnovne rijeke i pritoka te ukupno novi, veći ekstremni događaj, [9].

Zaštita od velikih voda izgradnjom nasipa, tzv. pasivna protupoplavna obrana, ograničava značajne plavne površine (inundacije) da učestvuju u protjecanju vodnih valova. Razlikuju se protočne inundacije, koje predstavljaju povećanje protjecajnog profila korita rijeke pri prolasku velikih voda, od neprotočnih (mrtvih) inundacija, koje imaju ulogu retencija, a najčešće su kombinirane s dvostrukom ulogom. Općenito, posljedice ograničavanja riječnog korita za veliku vodu gradnjom nasipa zavise od spomenute funkcije isključenih plavnih površina, njihovog rasporeda duž toka, a ponajviše od veličine (kapaciteta). Primjerice, često je osvajanje novih površina za intenzivnu poljoprivredu regulacijom veće neprotočne

plavne površine hidrotehničkim nasipom, pri čemu se nizvodno javlja povišeni hidrogram poplavnog vala po isključenju retencije jer mu više ne stoji na raspolaganju prostor za razlijevanje, [7, 14].



Slika 3. Transformacija (negativna) vodnog vala [11] i detalj aktivne obrane od poplave;

5. Poplave i protupoplavna obrana

Uzroci nastanka velikih voda i promjena karakteristika velikih voda mogu biti prirodni, antropogeni i kombinirani (prirodni i antropogeni). Prirodni uzroci nastanka velikih voda na vodotocima su: intenzivne kiše – pljuskovi, naglo otapanje snijega i leda, naglo otapanje snijega praćeno kišama, formiranje barijera u riječnim koritima uslijed nagomilavanja ledenih santi, ili uslijed nagomilavanja riječnog nanosa i materijala iz priobalnih klizišta, valovi od vjetra praćeni povišenjem nivoa vode, superponiranje hidrograma velikih voda pri istovremenom (koincidentnom) nailasku vala velike vode na glavnom toku i pritocima. Antropogeni uzroci koji doprinose pogoršavanju karakteristika velikih voda i općeg režima voda su: rušenje brana, ustava i zagata/pregrada na rijekama i u slivu, intenziviranje otjecanja vode sa sliva uslijed krčenja šuma i uništavanja druge prirodne vegetacije, kao i uslijed povećanja površina sa većim koeficijentima otjecanja i većim brzinama voda u odnosu na prirodno (prethodno) stanje u slivu, isključenje ranije plavljenih površina, odnosno izgradnja obrambenih nasipa uz osnovno korito vodotoka, izgradnja brana, ustava, pregrada, mostova i drugih objekata koji uzrokuju povišenje (uspor) velikih voda i taloženje nanosa u koritima vodotoka sa „dodatnim usporom“, odlaganje otpadnih materijala u riječna korita i protočne inundacije, kao i nekontrolirana izgradnja objekata u protočnim inundacijama, nepravilno upravljanje (rukovanje) akumulacijama, retencijama, rasteretnim kanalima, ustavama i drugim objektima kojima se mijenja prirodni ili projektirani umjetni režim voda i slično, [10, 13].

Nesvjesni antropogeni utjecaji, naročito spori, na promjeni vodnoga režima su generalno negativni. Konkretno, antropogeni utjecaji na slivu, kao što je sječa šuma, intenziviranje poljoprivredne proizvodnje, izgradnja naselja i sl. imaju za posljedicu promjenu vodnoga režima u negativnom smislu. Na većini vodotoka je pojedinačno ili sumarno djelovanje nepovoljnih antropogenih utjecaja doprinijelo izrazitom pogoršanju režima velikih voda, koje

se ogleda prvenstveno u povećanju ekstremnih protoka (i vodostaja), skraćenju trajanja velikih voda i povećanju ukupnih zapremina valova velikih voda. Na slici 2 dat je prikaz tipične promjene hidrograma na rijeci pod utjecajem isključenja uzvodnih ranije plavljenih površina, kao i pod utjecajem intenziviranja otjecanja sa sliva uzvodno od promatranog profila, [10, 11, 14].

Aktivnom zaštitom od poplava utječe se na ublažavanje uzroka poplava. Jedan od glavnih uzroka poplava je pojava velikog volumena vode u kratkom vremenskom razdoblju, kada postojeća korita vodotoka ne mogu provesti tu vodu bez izlijevanja. Znači, ukoliko se želi utjecati na promjenu uzroka pojave poplava, mora se utjecati na promjenu vodnog režima. To se naziva reguliranje vodnoga režima. Ono se postiže izvedbom raznih hidrotehničkih zahvata na vodotoku i njegovom slivu, kao što su: regulacija korita do gabarita koji su potrebni za propuštanje mjerodavne velike vode, skraćenje trase vodotoka, izgradnja rasteretnih kanala, zadržavanje dijela zapremine poplavnog vala u retencijama i akumulacijama koje imaju predviđen prostor za prihvat velikih voda ili uređenje sliva (biljni pokrov, uređenje bujica itd), [10, 13].

Zaštita od poplava se najčešće ostvaruje izgradnjom nasipa, odnosno ograničavanjem korita za veliku vodu. Nasipi su najznačajnije regulacijske građevine. To su veliki zemljani objekti koji se grade izvan osnovnog korita. Njima se korito za veliku vodu sužava i tako sprječava plavljenje šireg priobalja u kome su izgrađena naselja, industrija ili je uređeno poljoprivredno zemljište. Pri projektiranju nasipa potrebno je definirati: trasu nasipa, dimenzije (visina krune, širina krune, nagib kosina, položaj i širina bankina i berme), karakteristike konstrukcije (materijali, slojevi, debljina slojeva), te materijal za izgradnju nasipa (pijesak, šljunak, glina, humus), koji se uzima iz nalazišta u neposrednoj blizini nasipa, kako bi se smanjili transportni troškovi. Nasipi se po visini dimenzioniraju tako da spriječe izlijevanje „mjerodavne“ velike vode, čiji se povratni period (odnosno vjerojatnost pojave) bira u zavisnosti od vrijednosti branjenog područja odnosno šteta koje bi nastale pri plavljenju. Za to se u projektu koristi tehničko-ekonomska analiza. Naime, zaštita od izlijevanja velikih voda koje se rijetko javljaju zahtijeva veće investicije i više troškove održavanja (veće su dimenzije nasipa), ali su štete od plavljenja manje. Razmak nasipa i kota krune se određuju na osnovu hidroloških, hidrauličkih i tehničko-ekonomskih analiza. Ostale dimenzije (širina krune, nagibi kosina itd.) se biraju iskustveno, a onda se provjeravaju na hidrostatičke, hidrodinamičke, dinamičke i seizmičke utjecaje, [10, 13, 14].

Nasipi su zemljane, nasute konstrukcije, osjetljive na mnoštvo nepovoljnih utjecaja poplavnih voda. Djelovanje vode na nasip, koje dovodi do oštećenja pa čak i rušenja objekta, uzrokuju dva osnovna utjecaja. Pod utjecajem riječnog toka javljaju se oštećenje fluvijalnom erozijom (ukoliko je nasip nepovoljno trasiran), oštećenje kosine valovima i udarima santi leda, kao i oštećenje uslijed prelijevanja. Pod utjecajem razlike hidrostatičkog tlaka branjene i nebranjene zone, uslijed proviranja vode kroz tijelo nasipa i tlo na kome je nasip temeljen, nastaju klizne plohe, slijeganje nasipa, ispiranje sitnih čestica iz tijela nasipa, uzdizanje i pucanje nasipa ako je temeljen na tlu koje mijenja zapreminu sa promjenom vlažnosti. Djelovanje vode na nasip traje različito, od nekoliko sati (na malim vodotocima bujičnog karaktera) do više dana pa i mjeseci (na velikim rijekama). Od dužine nasipa i njegovog karaktera zavisi koja će se rješenja primijeniti. Najsloženiji inženjerski problem predstavljaju

nasipi koji su stalno pod utjecajem vode (na primjer nasipi derivacijskih akumulacija) te se oni projektiraju po strožim principima, istim kao nasute zemljane brane, [10, 13].
Moguće mjere za sprječavanje negativnog utjecaja poplavne vode na nasip su brojne. Ukoliko je trasiran neposredno uz osnovno korito, negativno djelovanje toka na kosinu nasipa se sprječava postavljanjem *zaštitne obloge*. Proviranje vode kroz nasip (slika 4) sprječava se izgradnjom vodonepropusne ili *slabopropusne obloge, ekrana ili jezgra*. Kontrolirano procjeđivanje vode kroz nasip sprječava ispiranje sitnih čestica (sufoziju), koje može dovesti do progresivne degradacije i rušenja objekta. U tom cilju se u nasip ugrađuju različite *drenažne konstrukcije*, koje imaju veću vodopropusnost, tako da se procjedne vode usmjere ka njima i kontrolirano izvedu iz tijela nasipa. Ukoliko je tlo na kome se temelji nasip propusnije, u zaleđu nasipa se može izvesti primjereni *balast*, npr. od refuliranog materijala (boljih filtracijskih karakteristika u odnosu na površinski sloj tla u zoni nizvodne kosine nasipa), kojim se produžava put procjednih voda do zone dalje od nasipa i prikuplja malim drenažnim kanalom, [13, 15].

Slika 4. Interventni radovi očuvanja funkcionalnosti nasipa kod propuštanja vodnog vala;

Redovito održavanje nasipa je neophodna aktivnost, čiji se osnovni zadaci sastoje u čuvanju objekta od svakodnevnog oštećenja (uslijed neovlaštenog prometa, krađe zemlje i pijeska iz tijela nasipa, krtičnjaka), osiguranju prohodnosti krune nasipa, redovitom košenju kosina, krčenju i košnji prinasipskog pojasa duž branjene i nebranjene nožice nasipa, održavanju zaštitnih obloga, održavanju čuvarnica i skladišta sa opremom, alatom i materijalom, održavanju nasipskih brklji, graničnih i stacionažnih oznaka. Od posebnog značaja za sigurnost obrambene linije je održavanje objekata izgrađenih u tijelu nasipa i njegovoj neposrednoj blizini (ustave, cjevovodi, crpne stanice, propusti), [15, 16].
Provedba protupoplavne obrane ovisi o nizu okolnosti, a tu je važno i znanje o mogućim opasnostima i prikladnim intervencijama. Prodor (rušenje) nasipa nastupa kao složeni proces u kome učestvuje više specifičnih uzročnika i teško je identificirati glavnog. Prepoznavanje opasnosti, početnog razvoja nekog uzročnika, presudno je za odabir i primjenu prikladnih zaštitnih radova. Interventni radovi kojima se nastoji očuvati

funkcionalnost nasipa u izvanrednim poplavnim okolnostima ne daju se jednostavno sistematizirati. Prema iskustvima posljednjih desetljeća u regiji (slike 3 i 4), može se izdvojiti pet grupa radova. To su: zatvaranje otvora u nasipima i nadvisivanje obrambene linije uglavnom sa punjenim vrećama, ali i suvremenijim konstrukcijama; zaštita nebranjene kosine nasipa postavljanjem fašinskih konstrukcija, nasipanjem dostupnog materijala, oblaganjem najlonom, geotekstilom ili vrećama; spriječavanje procurivanja kroz nasip uzvodnim brtvljenjem, pobijanjem talpi, injektiranjem kaverni, te kontrolirano dreniranje; ojačanje branjenog pokosa podupornim konstrukcijama i balastima od vreća, propusnog nasipnog materijala, bazena (jastuka) vode; i zaštita pojasa uz nasip različitim „protutlačnim“ zahvatima (specijalnim bunarima), [15, 17].

6. Zaključak

Provedenom analizom uočena su tri velika i složena problema uslijed kojih provođenje velikih riječnih voda dobiva na značaju. To je, prvo, globalni fenomen klimatskih promjena uslijed kojeg se intenzivira hidrološki ciklus te se javljaju sve češće i intenzivnije vremenske promjene sa povećanjem otjecanja (povećanjem broja i veličine poplavnih valova). Drugo, globalni procesi, generirani sve većim prirastom svjetskog stanovništva i ograničenošću zemaljskih resursa, uzrok su daljnjem zaposjedanju riječnih dolina i urbanizaciji u poplavom ugroženim zonama te povećanju poplavnog rizika. I, treće, intenzivnim regulacijskim radovima posljednjih stoljeća postignuto je ispružanje riječnih tokova (pa tako i povećanje uzdužnog pada), kao i opasavanje rijeka nasipima, čime su sužena korita za veliku vodu, što, zajedno i s drugim zahvatima u slivu (melioracijskom odvodnjom, urbanizacijom, sječom šuma i sl.), ubrzava otjecanje i nepovoljno transformira (povećava) hidrograme velikih voda. Dakle, za očekivati je probleme u provođenju velikih voda dosadašnjim sustavima i potrebu za njihovim inoviranjem. Stalnom analizom funkcioniranja sustava obrane od poplava treba težiti promjenama u cilju prilagodbe novim uvjetima koji se primjećuju, a i dalje se očekuju u budućnosti.

7. Literatura

[1] Glavač, Vjekoslav: Uvod u globalnu ekologiju, II. ispravljeno i dopunjeno izdanje; Hrvatska sveučilišna naklada, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja; Pučko otvoreno učilište Zagreb, Zagreb, 2001.; 203 str.

[2] Lay, Vladimir; Kufrin, Krešimir; Puđak, Jelena: Kap preko ruba čaše: klimatske promjene – svijet i Hrvatska; Hrvatski centar „Znanje za okoliš“, Zagreb, 2007.; 85 str.; (ISBN 953-06656-9-8);

[3] Toth, Tomislav: Klimatske promjene, Zelena lista, drugo dopunjeno izdanje, Zagreb, 2012.; 68 str.;

[4] Ugrinov, Dragan; Stojanov, Aleksander: Potreba za vodom i hidrološki ciklus; časopis *Zaštita materijala,* god. 53, br. 3; 2012.; str. 257-265;

[5] Generalić, Eni: Klimatske promjene: Slijedi li nam globalno zatopljenje, zahlađenje ili zagađenje? Samo je jedan planet koji nam dopušta da na njemu živimo; http://www.periodni.com/enig/klimatske_promjene.html

[6] Zelenhasić, Emir; Ruski, Matilda: Inženjerska hidrologija; Naučna knjiga, Beograd, 1991., 562 str.; (ISBN 86-23-41063-7);
[7] Svetličić, Elimir: Otvoreni vodotoci: regulacije; Sveučilište u Zagrebu, Fakultet građevinskih znanosti; Zagreb, 1987.; 420 str; (br. 02-678/1-86);
[8] Živković-Kerže, Zlata: Od močvara do oranica (Osvrt na povijest preobrazbe okoliša osječkoga kraja hidromelioracijom područja Vuke i isušivanjem močvare Palače), *Osječki zbornik*, 27, Osijek, 2004.; (ISSN 0473-4882);
[9] Hrelja, Husno: Inženjerska hidrologija; Univerzitet u Sarajevu, Građevinski fakultet, Sarajevo, 2007., 1137 str., (ISBN 978-9958-638-14-5);
[10] Kuspilić, Neven: Postupci zaštite od voda (1-4 dio); Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2009.;
[11] Bonacci, Ognjen: Ekohidrologija vodnih resursa i otvorenih vodotoka; Građevinsko-arhitektonski fakultet u Splitu; Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, 2003.; 492 str.; (ISBN 953-6116-27-8);
[12] IPCC WGII AR5 Summary for Policymakers Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, March 2014;
[13] Babić Mladenović; Marina: Regulacija rijeka - skripta; 2013.; 213 str; http://www.scribd.com/doc/225421875/03580-20131118-Regulacija-rijeka-skripta-2013
[14] Muškatirović, Dragutin: Regulacija reka, II. izdanje, ur. Gojković, M.; Građevinski fakultet, Beograd, 1979.; 430 str;
[15] Maričić, Siniša: Obrana od poplava i održavanje sustava u Slavoniji, HDO - Hrvatsko društvo održavatelja, *Zbornik radova Održavanje 2015*, 21. Međunarodno savjetovanje, ur. Čala, Ivo; Šibenik, 2015., str. 53-61;
[16] Roje-Bonacci, T.: Što se može naučiti o nasipima nakon katastrofalnih poplava u istočnoj Slavoniji?, časopis *Hrvatske vode*, god. 23, br. 91, str. 35-42, 2015.;
[17] Maričić, Siniša; Sekelj, Valentina; Kordić, Lucija: Hydrotechnicac Embankments in Flood Prevention; *Proceeding, IX Conference GEOREKS*, 10-13 July 2015, Borovets; University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy – Sofia; 2015, pp 81-86;

Izrada internih normativa vremena i materijala
Creating internal norms of time and materials

D. Vidaković[1,*], V. Moser[1], I. Gušić[2]

[1]Građevinski fakultet, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska
[2]Rudarsko geološko građevinski fakultet, Univerzitet u Tuzli, BiH

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: pbrana@gfos.hr

Sažetak
Određivanje trajanja radova, potrebnih materijala, radne snage i strojeva, te pripadnih direktnih troškova za zemljane, montažne, instalaterske i druge radove zasniva se na odgovarajućim normativima vremena i materijala. Istaknuti su nedostaci postojećih javnih, općih normativa (državnih, autorskih i od proizvođača). Države više nisu zainteresirane za izradu općih normativa, a mehanizacija s kojom se radi je sve raznolikija, pa je zato tvrtkama najbolje napraviti vlastite, interne normative za radove koje obavljaju i upravo za resurse s kojima raspolažu. U radu su opisane metode prikladne za normiranje vremena i materijala, od koji ih je neke dobro kombinirati.

Abstract
Determining the duration of work, necessary materials, labor and machinery, and associated direct costs of earthwork, assembly, installation and other works is based on the relevant norms for time and materials. Featured are the disadvantages of the existing public, general norms (national, copyright and from manufacturer). States is no longer interested for making general norms, and today's machinery is very diverse, which is why for companies is the best to make their own, internal norms for the works they perform and for the resources at their disposal. The paper describes methods suitable for the creation norms of time and material that is well combine.

Ključne riječi: interni normativi, utrošak vremena i materijala, metode normiranja

1. Uvod
Normativi za građevinske, montažne, obrtničke i instalaterske radove definiraju koliko je kojih materijala i koliko sati čijeg rada potrebno za jednu obračunsku (mjernu) jedinicu određenog rada (m, m^2, m^3, kom, t ili kg) s određenom vrstom radne snage, strojeva i radne opreme. U svakom normativu se navode tehnički parametri stroja bitni za njegov učinak (npr. dali je točkaš ili gusjeničar) ili točno tip stroja (proizvođač, komercijalni naziv). Zato je jedan normativ za iskop bagerom s lopatom jedne zapremnine, drugi s bagerom druge veličine lopate, treći za iskop s dozerom ili skrejperom, a naravno, poseban je normativ za ručni iskop s odgovarajućim alatom.

U pravilu su normativi na razini tehnološkog procesa (elementarni normativi ga dijele na operacije, a kompleksni iskazuju ukupni utrošak) i izmjenom postupaka i njihovog redoslijeda mijenja se i jedinični utrošak, odnosno normativ. Primjerice, kada se radi o oplaćivanju betonskih konstrukcija to može biti s tradicijskom oplatom od dasaka, s modularnim pločama, s nekim oplatnim sklopom sastavljenim od svih tvornički proizvedenih elemenata (proizvođača *Doka*, *Peri* i dr.) ili nekim drugim, specijalnim oplatnim sustavom. Osim nekih razlika u kvaliteti (izgledu) betonske površine rezultat izvedbe je isti, ali utrošak vremena, kao i mogući broj uporaba pojedinih elemenata oplatnih sklopova (utrošak pomoćnog materijala) se znatno razlikuju.
Pretpostavlja se da su neke vrste normativa postojale još prije više tisuća godina, kod Sumerana u Mezopotamiji i za vrijeme vladavine Hamurabia u Babilonu, a i kada se gradio Kineski zid pazilo se na ukupni učinak i učinak po osobi [1].
Nastanak suvremenih vrsta normativa povezan je s razvojem industrije. Potrebu za njima istaknuli su krajem 19. i početkom 20. st. utemeljitelji organizacije kao znanstvene discipline (Frederich W. Taylor, Harrington Emerson, Frank Gilbreth [1]).

2. Namjena normativa

Normativi u građevinarstvu imaju višestruku primjenu, a najviše se koriste za [1, 2, 3]:
- deterministično određivanje trajanja aktivnosti vremenskih planova realizacije;
- izračun direktnih troškova (materijala, strojeva i plaća proizvodnih radnika) pri kalkuliranju cijena radova;
- planiranje ukupno potrebnih radnih sati za realizaciju nekog projekta (između ostaloga potrebno za izračun faktora za pokriće indirektnih troškova);
- planiranje broja i vrste radnika i strojeva u pripremi radova;
- određivanje količina svih potrebnih vrsta materijala za neki projekt (iskaz materijala) i za planiranje zaliha materijala na radilištu (obzirom na dinamiku ugradbe);
- zadavanje radnih zadataka koji se u određenom vremenu i postojećim uvjetima realno mogu obaviti s raspoloživim radnicima i strojevima (korigiraju se mogućnosti obzirom na odnos stvarnih i normativima predviđenih uvjeta);
- provjeru efikasnosti izvedbe radova (utrošeni radnih sati i količine materijala u odnosu na realizirane količine radova), na čemu se zasniva pravilno nagrađivanje zaposlenika.

Obzirom da normativi podrazumijevaju nužne odmore, tj. rad bez pretjeranih zahtjeva i umora, kao i mjere sigurnosti za radnike, smatra se da humaniziraju rad.

3. Opći normativi i njihovi nedostaci

3.1. Državni normativi iz vremena SFRJ

U SFRJ su na razini cijele države za različite vrste građevinskih radova bili dobro razrađeni *Normativi i standardi rada u građevinarstvu*, koji su publicirani u nekoliko izdanja (svako u nakladama od više tisuća primjeraka) tijekom više desetljeća, sve do kraja 80.-tih godina 20. st. (*Niskogradnja*, *Visokogradnja I* i *II*, *Zanatsko-završni radovi*, *Instalacije*, *Mašinske norme za zemljane radove* i dr. [4, 5, 6]).
Svi ti normativi su bili vrlo detaljni i opsežni, izrađeni u skladu s onodobnom tehnologijom i organizacijom građenja. Tako normativi za zemljane radove dijele zemlju od I - VII kategorije

i uz to još na prirodno vlažno, mokro, te zemljište sa žilama i korijenjem. Najviše ih je za različite iskope (široki otkopi, iskopi kanala/rovova, trakastih temelja i temelja samaca) zemlje I - V ktg. (V ktg. samo s dozerima s rijačima, inače je za više od IV kategorije predviđen iskop s eksplozivom) koji su podijeljeni prema obliku, širini ili promjeru, dubini (0 - 2 m, 4 - 6 m i 6 - 8 m) i načinu iskopa (ručno ili s određenim strojem).

Ovi normativi još uvijek se dosta koriste u Hrvatskoj, najviše pri ugovaranju za potrebe kalkuliranja cijene dodatnih, izvantroškovničkih radova, kao i za pojednostavljeno definiranje internih normativa korigiranjem općih normativa s aproksimativnim, internim koeficijentima (uobičajeno s umanjenjem vremena 5 - 25%). Stari normativi sada u primjeni imaju niz nedostataka, a najveći problem je zastarjelost podataka o utrošku vremena. U njima predviđeno vrijeme predstavlja prosjek za sve republike bivše države iz vremena državne privrede i socijalističkog društvenog uređenja. Tadašnja klasifikacija stručne obučenosti radnika od RI do RVIII ne odgovara većini naših poduzeća, gdje je uobičajeno upola manje stupnjeva i često se koristi univerzalna snaga, a betonirci (B) koje normativi predviđaju za brojne betonske radove zapravo se nigdje zvanično ne školuju. Problem je, također, što normirani radovi ne predviđaju korištenje svih suvremenih alata (mehaniziranih), opreme i materijala, a ne sadrže ni normative za neke tehnološke procese koji se danas često izvode [3]. (Npr. izdanje normativa od prije 30 godina ima čak 65 različitih normativa koji se odnose na tradicijske oplate od dasaka, a samo 15 je za rad s velikoplošnim oplatnim sustavima (*Doka*, *Neu schalung*, *Sam*, *Remo 275* i *Hunnebeck*) [5], iako je u praksi odnos njihove uporabe približno obrnut.) Normativi mehaniziranih radova obuhvaćaju rad s dozerima, skrejperima, grejderima, bagerima, utovarivačima, valjcima, vibroločama, dizalicama, betonskim pumpama, mješalicama za beton i betonarama, ali normirani tipovi tih strojeva danas više uglavnom nisu u uporabi. (Najviše je normiran rad strojeva koji su se nekada proizvodili u SFRJ (*Đuro Đaković* iz Hrvatske), ali i nekih strojeva poznatih inozemnih proizvođača [6], često onih koje je koristila JNA, koja je bila uključena u izradu normativa.)

Podjela grupa radova u ovim normativima nije sasvim u skladu s onom koja prevladava u međunarodnoj regulativi (npr. od američkog *Construction Specification Institute* [7]), a što je poželjno zbog lakšeg snalaženja i boljeg povezivanja s projektnom dokumentacijom.

I nakon raspada SFRJ isti izdavač nastavio je na istoj bazi podataka izdavati normative za iste grupe radova. Oni obuhvaćaju iste vrste strojeva kao i stara izdanja, ali sadrže njihove nešto novije tipove, mada u manjem broju (Npr. normativi iz 1979. obrađivali su rad sa 17 različitih dozera, a normativi iz 2008. samo 6 tipova). Uz normative dani su i koeficijenti za uvećanje jediničnog utroška vremena u slučaju rada u nepovoljnijim uvjetima od normalnih (npr. kod temperatura iznad 40°C (do 1,2) i ispod 0°C i s vjetrom jačim od 10 m/s (do 1,3), te jake kiše i stalnog blata (do 1,2)) ili radova obima do 5 m^2 ili 5 m^3 (do 1,25), kao i kod popravaka (do 1,5) [8, 9]. Nova izdanja ovih javnih normativa nisu se po pristupu, i u dobrom i u lošem pogledu, bitno odmaknule od prijašnjih, niti su se sasvim osuvremenila.

3.2. Autorski normativi

Izvođačima je dostupna stručna literatura s tzv. autorskim normativima, kao i normativi u sklopu specijaliziranih računalnih programa za pomoć u građevinskom poslovanju.

Autorski normativi u knjizi Gorazda Bučara *Priručnik za građevinsko poduzetništvo i normative građevinskih radova* primarno su za radove visokogradnje. Ovaj priručnik s normativima je bio vrlo dobro prihvaćen u građevinskoj operativi, ali od kako je izdan prije 15 godina normativi nisu nikada više ažurirani. Ti normativi su znatno pojednostavljeni i skraćeni u odnosu na jugoslavenske, koje su im dobrim dijelom izvor (svega nešto više od 200 osnovnih opisa normativa u odnosu na tri knjige duplo većeg formata normativa iz SFRJ koje pokrivaju isto područje radova). Radnu snagu je autor podijelio na PKR, KVR i VKR, smatrajući da poslove nekvalificiranih radnika (NKR) u suvremenim uvjetima obavljaju strojevi. Bučarevih normativa za iskope, koji su isključivo ručni, ima samo 40-tak (dok su ih državni normativi iz SFRJ za iste iskope imali oko 10 puta više), a nema normativa za druge transporte osim ručnog, s ručnim kolicima i s japanerom. Uz to, izostavljeni su neki radovi koji se danas više gotovo uopće ne izvode, a suvremeni oplatni sustavi nisu razrađeni prema njihovim proizvođačima, kao ni betoni prema vrstama. Za uporabu standardnih građevinskih strojeva u priručniku je samo pokazan obrazac za izračun učinka i određivanje cijene rada stroja, ali nema definiranih normativa vremena osim za nekoliko slučajeva mehaniziranih radova (npr. zbijanje zemlje vibro pločama, spravljanje betona, strojna obrada armature i vibriranje betona). Razlog znatno manjem broju normativa u ovom priručniku je i to što nema posebnih normativa za neke različite uvjete rada, nego su za teže uvjete u napomeni dani koeficijenti za uvećanje utroška vremena. (Npr. za ručni iskop zemlje s žilama i korijenjem predviđeno je uvećanje vremena 25%, a za mokru zemlju 50% [10].)
Ovi autorski normativi nisu rezultat mjerenja, nego su, kako sam autor navodi, dobiveni na osnovu analize više od dvanaest domaćih i inozemnih normativa, a provjeravani su u građevinskoj praksi [10].

Najnoviji su normativi Josipa Petrovića za zemljane, betonske, tesarske i zidarske radove koji se odnose samo na vrijeme. Zapravo, to su normativi smjenskog učinka, odnosno ukupne produktivnosti definirane grupe radnika (podjeljene kao i kod Bučara) i strojeva nenaznačenih prozvođača (5 bagera snage 25 - 150 kW i 5 dozera od 50 - 300 kW). U Petrovićevim *Normativima produktivnosti u građevinarstvu* dan je usporedni prikaz količina rada koji se može napraviti za 8, 9, 10 i 12 sati rada prema starim (iz SFRJ) i novim normativima. Pri tome je uzeto u obzir efektivno radno vrijeme po smjeni i smanjenje učinka kod rada dužeg od 8 sati (za 11. i 12. sat rada 30%), a dodatno su predviđeni koeficijenti za umanjenje planirane produktivnosti do 30% ako se radi u uvjetima lošijim od optimalnih. Ovi novi normativi su dobiveni na osnovu barem 3 - 5 mjerenja [11], što statistički nije dovoljno. Dio opisa normativa je prema starim normativima, a dio je novih, promjenjenih i za te sve nisu ni iskazane količine koje se mogu realizirati po smjeni. To sve upućuje da su dani normativi predviđeni korisnicima za daljnju nadogradnju i ažuriranje.

Postojeći normativi većinom predviđaju iste ili dosta slične utroške za tradicijske radove, a ostali normativi se uglavnom odnose na tehnološke procese koji se na neki način razlikuju (prema tipovima strojeva, materijalima i dr.), pa ih je teško međusobno uspoređivati. Usporedba nekoliko dostupnih normativa vremena dana je u tablici 1.

Tablica 1. Usporedni pregled vremena/učinaka za dva normirana rada prema nekoliko izvora [5, 8, 10]

Opis: **Ručno zatrpavanje rovova zemljom III i IV ktg u slojevima od 30 cm, bez zbijanja.**	
Normativi SFRJ (1985.): 200-201 –0209 2.1.	0,6 RII sati/m^3
Bučarevi normativi (1999.): ZE.02.401.	0,6 PKR sati/m^3
Petrovićevi normativi produktivnosti (2011.): ABDCAGFABABT	1 NK Novi – NEMA Stari: 41,8 m^2/8 sati; 46,8 m^2/9 sati; 51,0 m^2/10 sati; 59,0 m^2/12 sati
Opis: **Ugradba betona iz japanera u ploču od 5 cm (podložni beton).**	
Normativi iz SFRJ (1985.): 400-302 –1503	2,25 BV + 2,25 BIII + 2,35 RII sati/m^3
Bučarevi normativi (1999.): BE.05.302.	0,1 PKR + 0,14 KVR + 0,14 VKR sati/m^2
Petrovićevi normativi produktivnosti (2011.): AADACGAYOIDBDE	4 NKR+1PKR+1KVR Novi: 57,7 m^2/8 sati; 60,0 m^2/9 sati; 65,7 m^2/10 sati; 75,7 m^2/12 sati Stari: 53,6 m^2/8 sati; 64,6 m^2/9 sati; 70,8 m^2/10 sati; 81,5 m^2/12 sati
Interni normativi poduzeća X - za ploče 10 cm	2 x 0,175 KVR + 0,09 PKR sati/m^2 = 4KVR + NKR ⇨101,9 m^2/ 9 sati

Računalni programi za kalkulaciju cijena i vremensko planiranje građevinskih projekata uobičajeno imaju baze podatka, koje sadrže normative vremena i materijala, iz kojih se povlače podaci za proračune. Najčešće se tu radi o prilagodbi već postojećih javnih normativa s manjim ili većim modifikacijama, ali postoje i neki programi s normativima koji su rezultat posebnog istraživanja i mjerenja (u Hrvatskoj npr. *AgrA* J. Petrovića [11]). Svi ti programi uvijek ostavljaju korisnicima mogućnost dopunjavanja s novim stavkama radova sa satima rada i materijalima potrebnim po jednoj obračunskoj jedinici, kao i izmjene podataka u bazama normativa (može i putem koeficijenata).

U Njemačkoj se dugi niz godina prati razvoj građevinskih tehnologija i njihovi utrošci vremena i materijala, iako se to ne objavljuje kao državni normativi. Postoji stručna literatura [11] koja u tablicama i grafikonima daje orijentacijske utroške vremena, ali bez definiranja sastava radne snage i podjele vremena rada između njih. Iz takvih normativa se npr. mogu očitati samo ukupno potrebni radni sati za zidanje 1 m^3 i 1 m^2 zida u ovisnosti o njegovoj debljini i specifičnoj težini (a sve je više orijentirano na cijene [12, 13]).

3.3. Normativi proizvođača materijala, opreme i strojeva

Za utrošak materijala većinom se dobivaju dovoljno pouzdani i precizni normativi od njihovih proizvođača, ali normativi vremena ili učinci za nove strojeve i rad s opremom koja se nabavlja, ako se i mogu doznati od proizvođača, u pravilu su preoptimistični.

Proizvođači u svojim normativima ne uzimaju u obzir većinu otežavajućih čimbenika koji postoje u konkretnim radnim uvjetima i značajno umanjuju učinak (više od 50% [14]) tijekom dužeg vremena rada (radne smjene, a pogotovo ako je još dugotrajniji). Zato se preporuča obvezna provjera njihovih podataka. Paušalno se, prema nekim nezavisnim stručnjacima, može pretpostaviti da normativi prozvođača predviđaju 10 - 20% manje od stvarno potrebnog vremena po obračunskoj jedinici [10], pogotovo dok se radnici dobro ne obuče i uigraju. Isto tako, metodama proračuna planskog učinka strojeva koje prezentiraju njihovi najveći proizvođači izračunavaju se i do 50% veći učinci od onih prema obrascima proračuna nezavisnih autora i institucija [15].

4. Normiranje vremena i materijala

Otkako nema više državne privrede sama država nije zainteresirana za izradu normativa koji bi vrijedili na cijelom njenom području. Veća poduzeća koja najviše rade za državu (npr. hidrotehničke radove) uglavnom imaju neke svoje normative koje država prihvaća u pri ugovaranju i obračunavanju radova. Tu se zapravo radi o ugovornim normativima koji služe za definiranje obveza između izvođača i naručitelja, ali oni često nisu nastali ni na osnovu studiozne analize, niti statističke obrade dovoljnog broja mjerenja.
Opisani javni normativi nerijetko imaju zbunjujuće tiskarske greške (autorski koji su imali samo jedno izdanje) i probleme s terminologijom (nazivlje u građevinarstvu nije baš jednoznačno, a posebno nejasni mogu biti izrazi u jugoslavenskim normativima).
Zbog svega navedenoga jasno je da poduzeća koja izvode radove na gradilištima imaju potrebu za stvaranjem neke vrste vlastitih, internih normativa, samo za one radove kojima se uobičajeno bave i koji odgovaraju resursima s kojima raspolažu. Oni se, naravno, ne objavljuju, jer zbog važnosti svoje uloge (na natječajima) predstavljaju poslovnu tajnu.

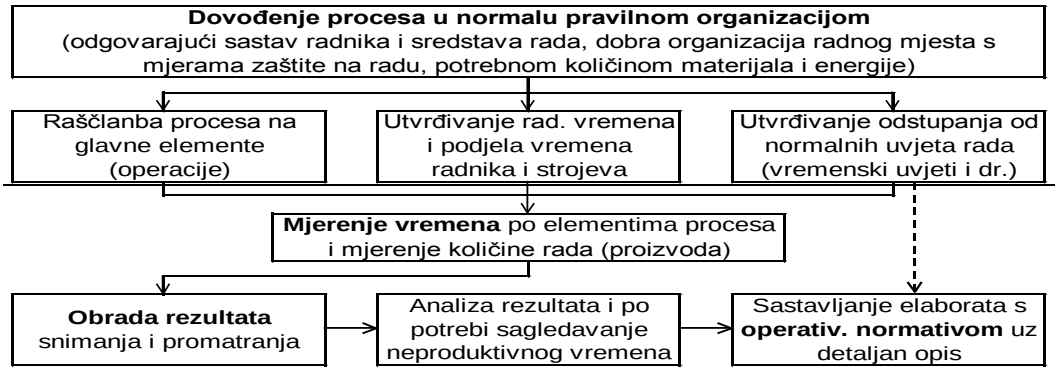
4.1. Pravila normiranja

Prije normiranja mora se odrediti kojim redoslijedom operacija, s kojim pokretima tijela i ruku, u kojem položaju tijela i pri kojem rasporedu materijala, alata i strojeva se određeni radni proces može obaviti uz najmanji utrošak energije čovjeka i stroja, uz najmanji utrošak materijala, te uz najkraće vrijeme rada (razmatra se što se može promijeniti u cilju racionalizacije rada i povećanja produktivnosti). To je predmet studija vremena i studija pokreta i takvo jednom utvrđeno postupanje se propisuje kao pravilo struke (norma).
Za veliku većinu građevinskih radova dobro je poznato kako ih treba organizirati i izvoditi na optimalan način, pa je danas studije rada, uz obvezno poštivanja načela ergonomije i zaštite na radu, potrebno napraviti samo za neke nove tehnologije, s čim se obično bave proizvođači resursa za te procese.
Prije snimanja za normative potrebno je prikupiti podatke o [3, 16]:

- radnom mjestu - označiti građevinu i mjesto radova na građevini, na pogodnom obrascu skicirati radno mjesto uz opis tehnološkog procesa;
- radnicima - prezime i ime, stupanj kvalifikacije, vrijeme provedeno u struci i na radu koji je predmet normiranja, stupanj zalaganja, položaj tijela pri radu;
- materijalu - dimenzije, težina, uklapanje u standarde, način rukovanja, štetnosti kod rukovanja (prašina, oštri bridovi, štetnost na kožu ili organe disanja) i sve njegove karakteristike koje utječu na težinu obavljanja rada (npr. kod zemlje koja se kopa);
- strojevima i alatu - naziv, tip i oznaka, učinak, vrsta pogonske energije, način kretanja, potrebne pripremne radnje i premještanja pri radu i dr.
- uvjetima okoline - temperatura, vlaga, strujanje zraka, buka osvjetljenje, zaprašenost, raspoloživi prostor (ako usporava rad), vodostaj ovisno o mjestu i vrsti rada itd.

Da bi se za jedan proces odredio normativ, on se mora odvijati pod normalnim uvjetima, a to podrazumijeva da je dobro organiziran u odnosu na raspoloživa sredstva, da se radi s prosječno dobrim radnicima, uvježbanim za rad koji se normira, da je dobra vidljivost, optimalna temperatura za tu vrstu rada, čist zrak, ograničena razina buke itd.

Treba paziti da se organizira pravilan raspored odmora jer to doprinosi manjem zamoru i većem učinku radnika (do 12%) [1]. Prekidi rada nužni zbog obavljanja fizioloških potreba i održavanja osobne higijene, ovisno o udaljenosti sanitarija i prljavštini na poslu iznose 3 - 8% od 8-satne radne smjene [16]. Kod nekih jako teških fizičkih poslova (kao npr. ručno razbijanje kamena, klesanje, ručno guranje i dizanje teških tereta), kako bi se sačuvala radna sposobnost i da se ne naruši zdravlje radnika, potrebno je izdvojiti za odmor 30 - 35% od ukupnog vremena. (U nekim slučajevima treba čak 50% [16] i više (npr. pri velikim vrućinama), ali tada bi u najvećoj mogućoj mjeri trebalo djelovati strojevima, pa se rjeđe predviđaju normativi za takav ručni rad, odnosno dodatno se korigiraju koeficijentima uvjeta rada).
Općenito, kod normiranja treba slijediti algoritam pokazan na slici 1.



Slika 1. Redoslijed postupaka kod normiranja

Da bi se dobio pouzdan normativ treba imati dovoljan broj uzoraka, a za to treba izvršiti dovoljan broj snimanja (mjerenja). Snimanja bi trebalo napraviti na više gradilišta i s različitim grupama radnika. Uz to, trebalo bi ih obavljati pod različitim uvjetima, npr. kada:
- radnici znaju da se snima njihov rad,
- radnici ne znaju da se snima njihov rad,
- radnicima se daje stimulacija da kada završe snimani posao idu kući.

To je iz razloga što će se radnici kada znaju da se snima za normativ više pretvarati da rade, pa će im učinak biti minimalan i normativ vremena maksimalan. Kada radnici ne znaju za snimanje učinci i normativ će biti realniji, približno prosječni, a kada su dodatno stimulirani učinak će biti maksimalan, odnosno normativ minimalan. Rezultati snimanja također će biti različiti u zavisnosti od trajanja radne smjene, provedenog vremena radnika na radu od početka smjene i vremena radne smjene (prijepodnevna, poslijepodnevna ili noćna), godišnjeg doba, pa i dana u tjednu, tako da zbog veće pouzdanosti treba obaviti mjerenja u više različitih vremenskih perioda [1].
Broj mjerenja zavisi od dužine trajanja operacije koja se snima (što je trajanje operacije manje potreban je veći broj mjerenja za istu točnost i obrnuto), kao i jedinice mjere u kojoj se snima, a preporučuje se da bude najmanji 15 do 30 mjerenja.
Normativi se razlikuju prema detaljnosti opisa, a u pravilu se, uz mjernu jedinicu, tekstualnim opisom treba definirati ono što je navedeno u tablici 2.

Tablica 2. Potreban sadržaj opisa uz normative vremena i materijala

Što se radi	- vrsta rada (iskop, polaganje cijevi, zbijanje zemlje i dr.), veličina, geometrija (npr. debljina podloge, površina koja se oplaćuje ili površina presjeka betonskih elemenata)
Gdje se radi	- mjesto rada (ukoliko je bitno – visina ili dubina, mjesto na građevini i sl.)
Uvjeti rada	- uvjeti konkretne lokacije – npr. karakteristike zemlje koja se kopa (dali je zakorijenjena), skučenost prostora u kome se radi i dr.
S kojim materijal. se radi	- vrsta, u nekim slučajevima kvaliteta materijala, a nekada i proizvođački naziv
Kvaliteta radova	- preciznost izvođenja radova (npr. prihvatljivo odstupanje kod planiranja),
Unutarnji transport	- predviđena dužina unutarnjeg transporta (dodatni transporti su u posebnim normativ.)
S čim se radi	- stroj, alat, skela, vrsta oplate i dr.
Tko radi	- vrsta radne snage, tj. zanimanje i potreban stupanj stručne obučenosti

Uz grupu normativa ili za sve navedene normative obično su prethodno navode neka opća pojašnjenja i uvjeti, a uz osnovni opis normativa često i dodatne napomene (npr. o načinu obračuna ili dužini transporta koji normativ predviđa za s njim određen utrošak vremena). Radi lakšeg snalaženja i povezivanja, svaki normativ ima određenu šifru, gdje svaki broj ili slovo ima svoje značenje (početne pozicije u pravilu definiraju glavnu vrstu radova).

4.2. Metode normiranje utroška vremena

Normativ vremena ne uključuje samo neposredni rad (proizvodno-tehnološko vrijeme) nego sva vremena navedena u tablici 3.

Tablica 3. Vremena sadržana u vremenskom normativu s njihovim prosječnim udjelima

Vremena:	**Pripremno-završno**	**Proizvodno**	**Pomoćno**	**Dodatno**
Sadržaj:	vrijeme koje se utroši na početku za pripremu te nužne završne aktivnosti (npr. proučavanje nacrta, donošenje alata, priprema strojeva za rad, pospremanje radnog prostora, primopredaja resursa s kojima se radi itd.)	vrijeme osnovnog rada iz opisa normativa (kao npr. iskop, montaža, demontaža, zatrpavanje, betoniranje itd.)	nije izravno proizvodno, ali omogućuje obavljanje osnovnog rada (npr. provjere dimenzija, položaja, upiti poslovođi, puštanje stroja u pogon i njegovo zaustavljanje, premještanje stroja i opreme, promjena alata na stroju tijekom rada, razna namještanja i sl.)	više kraćih odmora tijekom rada, prekidi za fiziološke potrebe i glavni dnevni odmor oko polovice radnog vremena (za uzimanje hrane), kao i neki nepredvidivi prekidi zbog kvarova i vremenskih nepogoda, ali ne samovoljni prekidi rada zbog nediscipline i sl.
Prosječni udio	**10 - 15%**	**40 - 60%**	**15 - 20%**	**20 - 25%**

Utrošak vremena može biti ustanovljen pomoću promatrača kronometražom, fotopregledom, metodom trenutačnog opažanja i tehničkom evidencijom. Do normativa se može doći i korištenjem prikladnih izvješća sa gradilišta koja se rade i za druge potrebe (najviše dnevna evidencija poslovođa).
Za pojedinačne zahvate, pogotovo kratkotrajne primjenjuje se i snimanje video kamerom.

Kronometraža je način mjerenja utroška vremena pomoću kronometra (štoperice) s točnošću 0,2 do 1 s ili 0,1 min, što je dovoljna točnost za većinu građevinskih procesa. Koristi se za mjerenje vremena kraćeg trajanja u pojedinim ciklusima koji se periodički ponavljaju,

kao što je slučaj kod rada mnogih strojeva s cikličnim djelovanjem (npr. ciklus rada bagera koji se sastoji od iskopa - punjenja lopate, okretanja stroja, istovara lopate i povratka u početni položaj). Kako su mjerenja kraćeg trajanja obično se snima samo koristan rad i da bi se dobio pun normativ vremena mora se naknadno dodati prekide.

Iz prosječnog trajanja izmjerenih ciklusa stroja može se izračunati njegov učinak (množenjem broja ciklusa na sat i prosječne količine s kojom se manipulira u jednom ciklusu) što je obrnuto proporcionalna veličina od normativa vremena. No, za dobivanje planskog učinka mora se obračunati i koeficijente ispravke za praktične uvjete rada.

Postoje dva načina kronometraže:

- povratni, s pojedinačnim mjerenjima, gdje se izmjeri vrijeme svakog elementa posebno, uz vraćanje kronometra na početni položaj i
- protočni, s kontinuiranim mjerenjem, gdje se upisuje očitano vrijeme između dva elementa mjerenja, bez vraćanja sata na početni položaj.

Svakako, treba koristiti sve mogućnosti IT opreme, pa se danas već na terenu može upisivati podatke u neki prikladni računalni program (npr. *Excel*).

U slučaju nastanka nekih većih odstupanja zbog neodgovarajućih materijala ili alata, nepažnje radnika ili nekih nepredviđenih smetnji, zato što ne pripadaju u predviđeni skup, takvi rezultati mjerenja isključuju se uz odgovarajuće obrazloženje (kako je naznačeno i u pokazanom primjeru na slici 2).

Poduzeće:	Gradilište - Radiliš./ Pogor	Građevina:	Datum snimanja:	Početak: ..... h ..... min	Vrem. uvjeti:	List br.
.....	.....	.....	..... 20..... god.	Završetak: ..... h ..... min	Temperatura: .....°C	.....

OPIS PROCESA : *Prijenos oplatnih elemenata s tla na dno iskopa dubine 9 m , s toranjskom dizalicom HC-90 uz horizontalni prijenos po ruci dizalice na prosječnu udaljenost 11 m i okretanje dizalice oko osi 90°.*

Red. br.	Dijelovi procesa (operacije, postupci)	Sva mjerenja sec	%	Izmjereno trajanje operacija/postupaka na koje je proces podijeljen (sec) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Sređeno Br. mj.	sec	Aritmet. sredina
1.	*Kvačenje tereta*	799	25,7	54	52	56	51	53	55	52	56	53	51	55	52	53	54	52	15	799	53,27
2.	*Prijenos po ruci*	444	14,3	29	28	31	32	29	30	32	27	33	29	28	30	27	28	31	15	444	29,60
3.	*Vertikalni prijenos*	549	17,6	36	38	37	32	38	33	31	34	36	38	38	39	~~48~~	34	37	14	501	35,79
4.	*Okret dizalice (90°)*	198	6,3	12	14	~~33~~	10	11	10	13	15	13	12	14	12	13	11	15	14	175	12,50
5.	*Skidanje tereta*	1122	36,1	72	~~126~~	74	69	70	70	71	71	74	73	69	70	71	72	70	14	996	71,14
Ukupno svi dijelovi procesa:		3112	100,0 %																		

Snimio: .....

Provjerio: .....

Razlozi odstupanja uklonjenih mjerenja:
1. provjera tereta - pri podizanju tereta
2. provjera ulja - pri okretu dizalice
3. sporost radnika - čekanje na skidanje

Statistička obrada rezultata:

S_1 =	1,57	ε_1 =	1,72
S_2 =	2,55	ε_2 =	4,08
S_3 =	1,86	ε_3 =	3,49
S_4 =	1,66	ε_4 =	7,61
S_5 =	1,60	ε_5 =	1,29

Ukupno $\bar{x}$ = 202,30 sec

Slika 2. Tablica u *Excelu* s rezultatima kronometraže prijenosa tereta dizalicom

Normiranje kronometražom zasniva se na statističkoj teoriji uzoraka. Za više od 30 rezultata mjerenja koristi se *Gaussova* raspodjela, dok se kod manjeg broja podataka primjenjuje *Studentova* raspodjela. Pouzdanost rezultata se dokazuje standardnom devijacijom ili varijancom te relativnom pogreškom (ε), a u stvarnoj primjeni u građevinarstvu kod intervalne procjene očekivanja umjesto standardne devijacije aritmetičke sredine uzorka koristi se standardna greška uzorka (S_n). Na osnovu ovih podataka može se izračunati i koeficijent varijacije (omjer standardne greške i aritmetičke sredine pomnožen sa 100 jer se izražava u postotcima) koji pokazuje stupanj organiziranosti promatranih procesa (manja veličina koeficijenta znači bolju organiziranost). Ocjene organiziranosti u odnosu na

vrijednosti koeficijenta poznate su samo za stabilne uvjete proizvodnje, no radovi na gradilištu ne smatraju se stabilnim uvjetima rada i za njih se samo orijentacijski može pretpostaviti da je zadovoljavajuća organiziranost ako je koeficijent do 28% [16].

Fotopregled se koristi za cjelovito promatranje i mjerenje utroška radnog vremena. To je jedna od najstarijih i najjednostavnijih metoda. S njim se obuhvaća i produktivno i neproduktivno vrijeme, a proces se obično rastavi na radne operacije. Koristi se za kontinuirane procese koji mogu biti i dužeg trajanja (iskopi, betoniranje i dr.), tako da se snimanje obavlja tijekom cijele smjene ili više smjena dok proces nije u cijelosti završen.
Način upisa podataka prilikom fotopregleda može biti brojni, grafički ili mješoviti.
Za građevinske, montažne i instalaterske radove obično je najprimjereniji grafički način snimanja, u kojem se utrošena vremena na radnim operacijama ili na raznim vrstama zastoja bilježe povlačenjem horizontalnih linija u za to priređenom obrascu. U svakom redu upisuje se jedna od operacija koje sačinjavaju normirani radni proces, a upisuju se i potrebne provjere pri radu. U posebnom redu uvijek se bilježe odmori, a u jednom redu svi zastoji. Točnost bilježenja može biti od 0,5 - 1,0 min, ovisno o vremenskom trajanju koje pokazuju vertikalne linije (1 ili 2 min). Slijed linija kojima se označava trajanje na određenom stanju omogućuje kontrolu kontinuiteta. Po završetku radne smjene na desnoj strani obrasca, u jednoj koloni se zbrajaju sva snimljena vremena utrošena na pojedinim radnim operacijama. Popunjeni obrazac fotopregleda predstavlja jedna uzorak, a snimanja se ponavljaju dok se ne dobije dovoljan broj uzorka za statističku obradu koja se provodi kao i kod prethodne metode. Grafički fotopregled nije baš pogodan za praćenje rada većeg broja radnika i strojeva (najbolje do 5) i kada postoji puno dugotrajnih operacija.
Za mješoviti fotopregled koriste se isti obrasci, ali se u njih iznad linija koje označavaju trajanje na određenom stanju upisuje i broj radnika koji rade ili su u zastoju [16].
Kod kontinuiranih radnih procesa s većim brojem izvršitelja može se primijeniti metoda brojnog fotopregleda (slika 3).

PODUZEĆE ..... POGON	GRADILIŠTE: *Kompleks tvornice "XY"* RADILIŠTE: *Otvoreno skladište* DIO GRAĐEVINE: *Podzemne instalac.*	VRIJEME: *Vedro* TEMPERATURA: *20° C*	RAD. GRUPA: *3 montera + 1 kranista* STROJEVI: *1 mobilna dizalica*	DATUM: *15.7.2015* RAD. VRIJEME: *7 - 15 h*	LIST BR. .....

OPIS PROCESA: *Montaža prefabriciranih a.b. okana težine 1,1 t mobilnom dizalicom nosivosti 8 t.*

Redni broj	TEKUĆE VRIJEME		TRAJANJE (min)	ELEMENTI PROCESA I VREMENA TRAJANJA																				Bilješke
				Stabiliziranje autodizalice		Prihvaćanje okna dizalicom		Prijenos okna do ležaja		Polaganje okna na ležaj i namještanje		Otpuštanje okna i fiksiranje		Povrat ruke dizalice u početni položaj		Kontrola		Odmor		Tehnološki zastoj		Organizacijski zastoj		
				BROJ I VRSTA RADNIKA (n) i UTROŠENO VRIJEME u MIN (t)																				
				n	t	n	t	n	t	n	t	n	t	n	t	n	t	n	t	n	t	n	t	

Slika 3. Oprimjer obrasca kod brojnog fotopregleda

Metoda trenutnih opažanja isto se zasniva na zakonitostima statistike i vjerojatnoće. Vrlo je efikasna budući da se zaključci donose na temelju velikog broja opaženih stanja, bez korištenja sata. Moguće je promatrati više radnika na više radnih mjesta kada rade ručno ili sa strojevima i pogodna je za primjenu kod kompleksnih procesa.

Za bilježenje pripreme potrebni su obrasci (slika 5) koji se prethodno pripreme. Kod ove metode prvo se u situaciji gradilišta, pogona ili radionice označe radna mjesta rastućim brojevima po smjeru obilaženja, uz oznake za radnike i strojeve. Zatim se odrede stanja koje se želi ustanoviti za radnike (pripremno - t_P, operativno - t_O, prekid - t_N, odmor - t_E i dr.), a za stroj samo da li radi ili ne radi. Snimani proces se normalizira, a može se i snimati zatečeno stanje u cilju ustanovljavanja raznih zastoja. Obavi se nekoliko obilazaka uz probno snimanje. Nađeno stanje se objektivno bilježi i nakon obilaska provjeri se cjelovitost upisivanja. Na kraju se rezultati obrađuju prema postavljenom cilju.
Svako zabilježeno stanje je jedan podatak, a njihov potreban broj je od 4.000 - 7.000, pa se snimanje uobičajeno obavlja nekoliko dana ili/i sa više promatrača. Snimanje može biti i periodično u određena vremena. Za obradu podataka koristi se binomna raspodjela [16].
Prema ukupno evidentiranom vremenu za snimanje može se odrediti i pripadajuće vrijeme za opaženo stanje na temelju čega se dolazi do zbirnog ili pojedinačnog normativa.
Ova metoda je naročito pogodna za ustanovljenje raznih zastoja i gubitka što se onda koristi za poboljšanja proizvodnje [3].

RADILIŠTE:	SNIMAČ:	DATUM:	POČETAK:	TRENUTNA ZAPAŽANJA	LIST br.

VRIJEME		RADNO	t_P		t_O				t_N		t_E		t_{AN}		t_{AC}		OR		STROJ		UKUPNO
Sati	Min	MJESTO	N_1	ΣR	N_2	ΣR	N_3	ΣR	N_4	ΣR	N_5	ΣR	N_6	ΣR	N_7	ΣR	N_8	ΣR	Radi	NErad	ΣsvihR
7	00	1	//	2	/	1			/	1											4
		2	/	1			//	2													3
		3											////	4							4
		4					//	2							//	2					4
		5	/	1					//	2											3
		6			//	2															2
		7	//	2	///	3									//	2					7
7	15	1	//	2	//	2															4
		2					///	3													3
		itd																			

Slika 4. Primjer popunjenog obrasca normiranja metodom trenutnih opažanja

Metoda tehničke evidencija pogodna je kada se ne traži velika točnost ni detaljnost kod vremena rada i zastoja (slika 4). Služi i za orijentacijsko provjeravanje realnosti postojećih normativa ili za ustanovljavanje postotka izvršenja normativa kod realizacije radova.

Poduzeće:	Gradilište - Radilište / Pogon:	Građevina:	Radna grupa: 3KVZ + 3PKR	Poslovođa: ..... Brigadir:	Datum snimanja: ..... 20..... god.	Vremen. uvjeti: ..... Temperatura: .....°C	List br. .....

OPIS RADA: *Zidanje nosivih zidova prizemlja (d=30 cm) s opekarskim blokovima 29x19x19 u produž. mortu 1:2:6.* — Jedinič. mjera: m^3 — Izvršena KOLIČINA: 8,4

šifra GN : 301-206/1214

Vrijeme (h)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	UTROŠENO Pojedinačno sati	%	Ukupno sati	% od punog rad. vremena
RAD	2	6			6	6			6	4	3 KVZ 8,17	50,3	24,51	90,8
											1 PKR 8,17	49,7	24,17	89,5
											2 PKR 8,00			
ZASTOJ	4				6					2	3 KVZ 0,83		2,49	9,2
											1 PKR 0,83		2,83	10,5
											2 PKR 1,00			

RAZLOZI: 1.- *nedostatak mješalice (dok se ne vrati)* 2.- *odmor za obrok* 3.- *pušteni ranije s posla*

Evidentirao: .....

Provjerio: .....

Provjera postojećeg normativa:

prema GN potrebno:		
3,20 sata/m^3 KVZ	*8,4 x 3,20 = 26,88 sata*	
3,01 sata/m^3 PKR	*8,4 x 3,01 = 25,28 sata*	
6,21 sata/m^3 ukupno	*8,2 x 6,21 = 52,16 sata*	

Ostvarena produktivnost (u odnosu na normative):

KVZ : *(26,88 / 24,51) x 100 =* ***109,7%***

PKR : *(25,28 / 24,17) x 100 =* ***104,6%***

ZAJEDNO: *(52,16 / 48,68) x 100 =* ***107,2%***

Slika 5. Primjer uobičajene tehničke evidencije za provjeru postojećeg normativa

Dnevna evidencija ne zahtjeva „mikro“ pristup kao prethodne metode, pa je stoga dosta popularna u svijetu. Niz brojčanih podataka o obavljenim radovima, izvršiteljima i uvjetima

rada, koji se ionako bilježe za razne potrebe tekućeg poslovanja, uz manje prilagodbe i naknadnu obradu, moguće je iskoristiti za određivanje normativa.

Bitno je da se prije ovakvog normiranja odredi jedinstvena podjela radova (može biti kakva već je uobičajena u građevinskoj proizvodnji i postojećim normativima) koju će koristiti svi koji rade izvješća. Poželjno je evidentirati prekide radova do kojih je došlo zbog loših vremenskih uvjeta, nestanka struje, kvara stroja i sl.

Za dnevnu evidenciju obično se koriste ujednačeni obrasci (slika 6) koji se popunjavaju nakon završene smjene od strane osoba na nižim razinama rukovođenja i predaju voditelju gradilišta radi provjere izvršenja dnevnog. U izvješću se upisuju radovi koji su napravljeni toga dana i koliko je utrošeno sati radnika pojedinih kvalifikacija i sati rada strojeva, a izvješćuje se i o smetnjama do kojih je eventualno došlo. Suvremeni strojevi sami bilježe koliko su proveli vremena u radu, koliko u zastoju i druge bitne parametre. Količine stvarno izvršenih radova izračunavaju se zbog naplate (najčešće je tako ugovorena naplata) i ako se one podjele sa zbrojem sati u danima kada se izvodio određeni rad dobiva se utrošak vremena po obračunskoj jedinici. Ti podaci mogu poslužiti za usporedbu rezultata s postojećim, korištenim normativima, a za neke nove radove tako se mogu odrediti ostvareni učinci i jedinični utrošci.

Ovakvo normiranje je pogodno za dugotrajne radove kod kojih su količine lako mjerljive. Na točnost podataka negativno djeluje kada radne grupe mijenjaju poslove tijekom dana (povećava se utrošak vremena), a do pogreški može dovesti i zaokruživanje na vremenske intervale dužeg trajanja.

DNEVNA EVIDENCIJA za dan	PODUZEĆE: ..... GRADILIŠTE / POGON: ..... GRAĐEVINA: .....
	RADNO VRIJEME: od ..... do ..... SMJENA ..... VREMENSKI UVJETI: .....

OBAVLJENI RADOVI				UTROŠAK EFEKTIVNIH SATI RADA												
Red.br	ŠIFRA RADA	OPIS RADA	JEDIN. MJERA	KOLIČINA	KVS	KVT	KVA	KVB	KVZ	.....	PKR	NKV	UKUPNO sati RADNIKA	STROJEVI		UKUPNO sati STROJA
PREKIDI:			UKUPNO sati RADNIKA na RADU													
			Broj RADNIKA na SPISKU													
UTROŠAK MATERIJALA:			Radni sati STROJ.													
NAPOMENE:													SASTAVIO: ..... PROVJERIO:			

Slika 6. Lista za dnevnu evidenciju vremena na gradilištu ili pogonu

4.3. Metode normiranje utroška materijala

Vrsta materijala koji se neposredno ugrađuje određena je projektnom dokumentacijom (troškovnik, tehnički opis) gdje se poziva na određene standarde.

Gubici koji se pojavljuju kod rada s materijalima mogu biti:

- uklonjivi (nastaju uslijed rasipanja materijala prilikom transporta ili skladištenja, neracionalnog rezanja, pogrešnog rada i nepridržavanja tehničkih propisa, a mogu se ukloniti dobrom organizacijom i uvjetima rada) i
- neuklonjivi (kada se za ugradbu mora mijenjati standardne dimenzije materijala) [1, 3].

Puni normativ utroška materijala može se izraziti kao zbroj konstruktivnog ili čistog normativa utroška materijala, dopuštenih otpadaka i dopuštenih gubitaka [16].

Normiranje utroška materijala potrebno je kod uporabe novih materijala i primjene novih tehnologija rada. Za to se može koristiti nekoliko metoda, a nekada se primjenjuje i po dvije metode paralelno. Kod svake metode izmjeri se količina materijala i količina proizvoda (iskopa, betona, zida, cijevi itd.), pa je normativ materijala njihov omjer:

Kod **proizvodne metode** se tijekom rada obavlja promatranje i mjerenje materijala koji se troši, kao i mjerenje otpadaka u radu (npr. kod rezanja armature, drvene građe, cijevi itd.). Poslije se provjerava ispravnost postupka kod rada i odredi normativ.

Laboratorijska metoda koristi se kada se prethodno izrađuju probna tijela (npr. uzorci za beton), jer količina potrebnog materijala ovisi o tehničkim zahtjevima (kod betona čvrstoća, nepropusnost, puzanje i dr.). Obzirom da kod malih uzoraka praktički nema rasipanja, a mjerenja su vrlo točna, za dobivanje punog normativa potrebno je dodati očekivana rasipanja materijala.

Računsko analitičkom metodom proračunava se potrebna količina određenih materijala prema konstrukciji i njezinim dijelovima. (npr. blokovi za 1 m^3 zida, kanalice za 1m^1 itd.).

Metoda tehničke evidencije temelji se na izmjeri materijala prije početka i nakon dovršetka rada, prema čemu se ustanovljava količina ukupno utrošenog materijala. Iz toga i iz izmjerenih podataka o napravljenoj količini u odgovarajućim obračunskim jedinicama izračunava se normativ. Primjenjuje se za radove manje važnosti ili kao paralelna, dodatna metoda nekom drugom načinu normiranja.

5. Zaključak

Normativi su potrebni za niz važnih organizacijskih poslova izvođača zemljanih, montažnih instalaterskih i drugih građevinskih i obrtničkih radova.

Interni normativi izvođačima radova potrebni su prvenstveno za utroške vremena radnika i još više strojeva. Ako se rad odvija s radnicima različitih sposobnosti i učinkovitosti (bolji ili slabiji od prosjeka) potrebna je korekcija pomoću koeficijenata zalaganja i sposobnosti pojedinih radnika (individualne karakteristike), a opći normativi ne pružaju koeficijente korekcije za to, nego oni moraju biti rezultat interne analize.

Troškovi internog normiranja trebali bi se izvođačima isplatiti zbog svih navedenih nedostataka raspoloživih općih normativa kroz bolje (pouzdanije) ispunjavanje nabrojanih važnih uloga koje normativi imaju u poslovanju. No, to se može očekivati samo ako se dobro kreiraju, uspostave na osnovu dovoljno pouzdanih podataka i dosljedno primjenjuju u svim aspektima poslovanja (a ne da normativi postoje samo iz formalnih razloga). Zato je važna dobra organizacija poslovnog sustava (komunikacijska povezanost i usklađenost) te provjeravanje normativa tijekom realizacije radova i prema potrebi njihovo ažuriranje i nadopunjavanje (pri uvođenju novih vrsta radova i novih tehnologija izvođenja).

Na osuvremenjivanju postojećih normativa i izradi novih trebali bi raditi normirci. Problem je što obučavanje za njih nije predviđeno u srednjoškolskim nastavnim programima, pa je nužno djelatnike unutar poduzeća obučiti za obavljanje takve vrste poslova. U velikim poduzećima mogu biti djelatnici koji se kontinuirano bave samo s tehničkim normiranjem i

unošenjem tih podataka u računalne programe koji ih koriste, a u manjim će se pojedinci baviti s normiranjem povremeno, uz neki svoj osnovni posao.

6. Literatura

[1] Gušić, Ismet. Organizacija građenja, Tuzla: Rudarsko geološko građevinski fakultet, 2012. (ISBN 978-9958-1929-4-4)
[2] Vidaković, Držislav. Izbor i planiranje rada strojeva za zemljane radove kod izvedbe podzemnih vodova // *Proceedings of 2nd International natural gas, heat and water conference* / Tonković, Zlatko (ur.). (ISBN 978-953-6048-64-9). Slavonski Brod : Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 28.-30.09.2011. s. 21-1-21-10
[3] Vidaković, Držislav. Potreba za građevinskim normativima // *m - Kvadrat*, 69(2014), 6; Mostar: Sfera, s. 68-75. (ISSN 2303-5099)
[4] Normativi i standardi rada u građevinarstvu – Niskogradnja, Beograd: Građevinska knjiga, 1983.
[5] Normativi i standardi rada u građevinarstvu – Visokogradnja I i II, Beograd: Građevinska knjiga, 1985.
[6] Prosečne građevinske mašinske norme, Beograd: Građevinska knjiga, 1979.
[7] Savić, S. Kalkulacije u građevinarstvu, Beograd: Građevinska knjiga, 2008 (ISBN 86-395-0538-7)
[8] Normativi i standardi rada u građevinarstvu – Niskogradnja, Beograd: Građevinska knjiga, 1999. (ISBN 978-86-395-0050-9)
[9] Normativi i standardi rada u građevinarstvu – I do VII, Beograd: Građevinska knjiga, 2006 - 2008. (ISBN 978-86-395-0564-6)
[10] Bučar, Gorazd. Priručnik za građevinsko poduzetništvo - Normativ građevinskih radova, Rijeka: ICG d.o.o., 1999. (ISBN 953-97875-0-5)
[11] Petrović, J. Normativi produktivnosti u građevinarstvu, Zagreb: Commerce Lara i AgrA Consulting (vlastita naklada), 2011. (ISBN 978-953-56578-0-4)
[12] Rosenheinrich, G. Einfuhrung in die Bauproduktionsverfahren – Band 1, Berlin: Bauverlag, 1977. (ISBN 978-3-7625-0872-0)
[13] Institut fur Zeitwirtschaft und Betriebsberratung Bau. Kostendeckende Praise in Hochbau 2014/2015, Neu-Isenburg: Zeittechnik – Verlag, 2014. (ISBN 978-3-939216-16-2)
[14] Vidaković, Držislav; Brana, Petar. Planning Machinery Exploitation for the Realization of Construction Projects // *Proceedings of 7th International Conference – OTMC i 4th SENET Conference* / Radujković, Mladen (ur.). (ISBN 978-953-96245-7-6). Zadar: Croatian Association for Organization in Construction, 20.-22.09.2006.
[15] Linarić, Z. Građevinski strojevi – Učinak građevinskih strojeva, Zagreb: Građevinski fakultet, 2006. (e-udžbenik, www. grad.hr)
[16] Marušić, J. Organizacija građenja. Zagreb: Građevinski fakultet u Zagrebu, 1994. (ISBN 953-6051-04-4)

Prednosti primjene Scrum agilne metodologije softverskog inženjeringa i upravljanja IT projektima u KJKP Sarajevogas d.o.o.

The advantages of using Scrum agile methodology in software engineering and management of IT projects in KJKP Sarajevogas d.o.o.

J. Dizdarević[1,*], V. Karahodžić[2]

[1] Mr.sci., KJKP Sarajevogas d.o.o., 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina
[2] MoE., Elektrotehnički fakultet Univerzitet u Sarajevu, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: jasminad@sarajevogas.ba

Sažetak

Pri upravljanju i implementaciji IT projekata, u posljednjem kvartalu 2014. godine, u Sarajevogasu je primijenjena Scrum metodologija softverskog inženjeringa a time i organizacije timskog rada. Naime, pokazalo se da tradicionalni 'waterfall' pristup sa životnim ciklusom projektiranja i razvoja softvera (*System Development Life Cycle*, SDLC) ne zadovoljava dovoljno brzo i dostatno narasle zahtjeve poslovnog okruženja distributera plina. Stoga se moralo pristupiti reorganizaciji rada IT tima, posebno s obzirom na mali broj IT stručnjaka, softver inženjera i osoblja tehničke podrške. Tako je u Sarajevogasu primijenjena jedna od popularnih metodologija agilnog programiranja tzv. *Scrum* koja se pokazala vrlo efikasnom u implementaciji posljednjih IT projekata. U radu su prikazani rezultati korištenja ove agilne metodologije i način organizacije tima pri implementaciji IT projekta. Agilno programiranje je donijelo sa sobom novi sustav vrijednosti koje daje prednost akterima-pojedincima i interkacijama nad procesima i alatima; potom funkcionalnom softveru nad obimnom pratećom dokumentacijom; direktnoj saradnji sa klijentom umjesto pregovaranja preko ugovora; te brzoj reakciji na promjene umjesto striktnog pridržavanja predefinisanog plana.

Također, danas je na raspolaganju čitava paleta različitih agilnih metoda modernog razvoja softvera:

- Ekstremno programiranje (XP) i Industrijsko ekstr. programiranje (IXP)
- Razvoj vođen karakteristikama
- Crystal clear i ostale crystal metode
- Metod dinamičnog razvoja sistema
- Adaptivni razvoj softvera i dr.

Ključne riječi: agilno programiranje, upravljanje IT projektima, Scrum metodologija, suvremeni inženjering softvera, samoorganizirajući timovi.

Abstract

In the management and implementation of IT projects, in the last quarter of 2014, in Sarajevogas is applied Scrum methodology of software engineering and thus the organization of teamwork. It was shown that the traditional 'waterfall' approach to the lifecycle of design and development of software (System Development Life Cycle, SDLC) does not meet fast enough and sufficiently increased demands of the business environment for gas distributor. Therefore it was necessary to introduce the new organization of work for IT team, especially given the small number of IT professionals, software engineers and technical support staff. So, in Sarajevogas applied one of the popular methods of agile programming - Scrum which proved to be very efficient in the implementation of recent IT projects. The paper presents the results of using this agile methodologies and organization of the team in the implementation of IT projects. Agile programming has brought with it a new system of values that favors actors-individuals and interactions over processes and tools; then functional software over comprehensive accompanying documentation; direct cooperation with the client instead of negotiations over the contract; and immediate response to changes instead of strict adherence to a predefined plan.

Also, today there are a whole range of different agile methods of modern software development which include:

- Extreme Programming (XP) and Industrial extreme programming (IXP)
- Feature Driven Development
- Crystal clear and other methods
- Dynamic system development method
- Adaptive Software Development and others.

Keywords: agile programming, IT project management, Scrum methodology, modern engineering software, self-organizing teams.

1. Uvod

U današnjem ubrzanom poslovnom ritmu i naprednoj tehnološkoj evoluciji traži se maksimalna fleksibilnost, odgovornost i prilagođavanje poslovanja poduzeća kontinuirano povećanim eksternim, tržišnim, tehnološkim i ostalim zahtjevima, kako bi se dostigli i ostvarili zacrtani strateški ciljevi. To je i jedan od ključnih uvjeta opstanka poslovnih entiteta na sve rastućem i jedinstvenom, globalnom tržištu rada. Za uspjeh kompanije, potrebna je uska veza i usklađivanje poslovnih i IT ciljeva (engl. *Business and IT Alignment*, BITA)- [1]. Što je ova usklađenost na višoj razini, to je i veća šansa za opstanak kompanije na globalnom komercijalnom tržištu. Stoga, većina današnjih kompanija značajnu pažnju posvećuje internim IT servisima i metodologiji rada, kako bi se postigla optimalna produktivnost i efikasnost. IT Servisi su danas glavni pokretači razvoja i rasta kompanije. Fokus je, dakle, na aktiviranju inovacijskih procesa unutar kompanije kojima se ostvaruje produkcija novih ili, pak, poboljšanje starih vrijednosti. Međutim, pored uobičajenih i zahtjevnih zadataka i

aktivnosti na održavanju dostatnih razina i kvaliteta IT Servisa (engl. *IT Service Management*, ITSM) u okviru kompanije, čest je slučaj da upravo nedostaje vremena za spomenute inovacijske aktivnosti. Kako bi „kreirali“ inovacijsko vrijeme, IT stučnjaci širom svijeta su osmislili novu metodologiju rada koja je maksimalno prilagođena suvremenim zahtjevima i ubrzanom poslovanju.

Naime, riječ je agilnoj metodologiji i principima softverskog inženjeringa koja, suštinski, predstavlja evoluciju tradicionalnog vodopadnog ili često po engleskom *'waterfall'* životnog ciklusa u projektiranju softvera i upravljanja IT projektima. Vodopadni pristup je često pokazivao manjkavost pogotovu u slučaju promjene korisničkih zahtjeva tijekom trajanja IT projekta. Zbog uvjetovanosti sa pretežno fiksiranim korisničkim zahtjevima, nerijetki su slučajevi probijanja rokova, budžeta ili, čak u najgorem slučaju, neuspjeha i odustajanja od djelomično implementiranih IT projekata. Kao odgovor na potrebu da se brzo odgovori na poslovne promjene i neočekivane izazove u procesu projektiranja softvera i šire, u softverskoj industriji, pojavile su se suvremene metodologije softverskog inženjeringa – tzv. agilne metodologije, koje predstavljaju inovirani konceptualni okvir kojeg se treba pridržavati prilikom razvoja programske podrške. Ove metodologije nalažu poboljšanje organizacije projektnih timova, upravljanje dodijeljenim projektnim vremenom, budžetom, ali i samom metodologijom i principima rada IT Servisa kompanije. Omogućavaju modifikaciju korisničkih zahtjeva u svakom trenutku implementacije projekta, a time promoviraju i bolju komunikaciju korisnika i projektanata softvera, uz obostrano povećano zadovoljstvo. Sve to ima za posljedicu kvalitetniji krajnji proizvod i/ili servis, uz smanjenje rizika njegove gotove isporuke.

Time agilna metodologija donosi sa sobom novi sustav vrijednosti koji daje prednost akterima-pojedincima i interakcijama nad procesima i alatima, zatim funkcionalnom softveru nad obimnom pratećom dokumentacijom; bliskoj suradnji sa korisnikom kao i brzoj reakciji na promjene umjesto striktnog pridržavanja projektnog plana- [2].

Danas je najpoznatija agilna metodologija koja se koristi „Scrum“, a temelji se na organiziranju projekta na ograničene vremenske periode koji se nazivaju „Sprintevi“. Na početku „Sprinta“ svaki član razvojnog tima dobiva skup zadataka koje mora riješiti do kraja „Sprinta“, kako bi razvojni projekt završio na vrijeme- [3]. Time se postiže bolje upravljanje projektnim zadacima a omogućeno je i praćenje progresa istih kroz različite dostupne, standardizirane „*Burndown*“ grafikone koji prikazuju sagorijevanje ili stepen realizacije projektnih zadataka kao i cjelokupnog IT projekta.

U posljednjem kvartalu 2014. godine, u Sarajevogasu je primijenjena Scrum metodologija u projektiranju softverskih rješenja a naročito u samom upravljanju IT projektom i organizaciji timskog rada. S obzirom na rastuće poslovne zahtjeve s jedne, a s druge strane na nedovoljan kapacitet projektnog tima i IT stručnjaka, odlučeno je da se na pilot projektu *„Ugovorni izvođači-Centralni elektronski registar“* primijeni Scrum metodologija i ocijene postignuti rezultati u odnosu na dosadašnji, konvencionalni pristup projektiranju softvera. Istovremeno, došlo je do transformacije projektnog tima te organizacije rada i projektnih događaja-sastanaka. Konačni rezultati su se pokazali i više nego pozitivni, s obzirom da je projekat završen za mjesec dana i ispunjeni su svi korisnički zahtjevi, uz standardne aktivnosti održavanja IT servisa i pripadajućih informacionih sustava kompanije.

U nastavku rada je dat detaljniji pregled i komparacija konvencionalnih i suvremenih metodologija softverskog inženjeringa, sa rezultatima i primjerom primjene Scrum metodologije na projektu razvoja *Centralnog elektronskog registra Ugovornih izvođača radova za operatora distributivnog plinskog sustava – KJKP Sarajevogas d.o.o.*

2. Konvencionalni pristup upravljanju IT projektima ('vodopad metodologija')

2.1. Analiza primjene u praksi, prednosti i nedostaci

Vodopadni model ili metodologiju razvoja softvera je 1970. godine predložio Winston W. Royce u članku *"Managing Development of Large Scale Software"*- [4]. To je konvencionalni pristup inženjeringu softvera i upravljanju IT projektima. Sastoji se iz nekoliko faza koje uključuju: iniciranje projekta, analizu i specifikaciju projektnih zahtjeva, dizajn sustava, implementaciju, testiranje i integraciju sustava te korisničku podršku. Prije stvarnog početka implementacije projekta potrebno je uraditi sveobuhvatnu analizu tržišta, planiranje proizvoda i poslovnu analizu kako bi se kreirala precizna vizija budućeg proizvoda i/ili usluge.

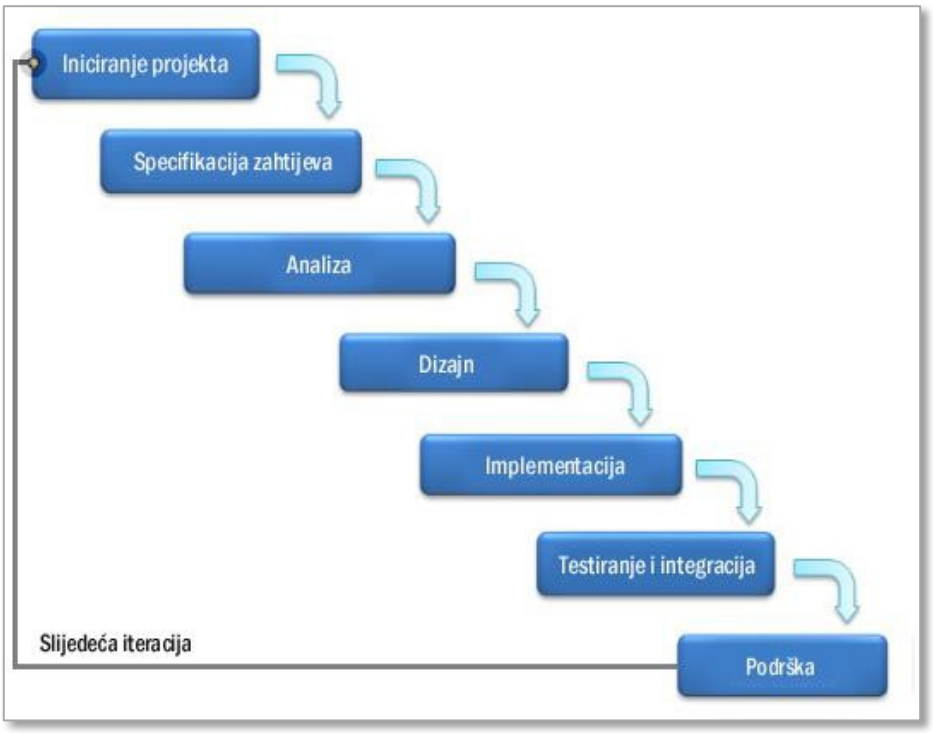
Zbog strogo, reuguliranog i zahtijevanog SDLC modela životnog ciklusa razvoja softverskog rješenja, sa faznom podjelom, konvencionalne metodologije se nazivaju i robusnim, '*heavyweight'* metodama koje su često oprečne stvarnom procesu projektiranja IT rješenja, onako kako se zaista odvija u praksi. Glavna karakteristika konvencionalnih metoda je previše planiranja tako da se smatraju izuzetno planskocentričnim. Voditelj i članovi tima su u svakom trenutku razvoja upoznati sa trenutnim statusom projekta i njegovom pozicijom u ukupnom planu implementacije, a naročito konačnim izgledom projekta i svim njegovim funkcionalnostima. IT projekat je do detalja isplaniran, uključujući zadatke koji su planirani za svaku projektnu fazu i cjelokupno trajanje procesa realizacije projekta- [4, 5]. To naravno, oduzima puno vremena voditelju projekta, a da se ne spominju nerijetka odstupanja od plana koja povlače povećane troškova projekta, kašnjenja i rizike u implementaciji.

Sekvencijalnost u implementaciji IT projekta se nije pokazala kao dobra praksa i ne ispunjava dovoljno brzo korisničke i druge poslovne zahtjeve. Timovi se moraju organizirati na način da se zadaci koji zahtijevaju angažman različitih funkcija i struke preklapaju i prepliću čime se skraćuje ukupno implementacijsko vrijeme. Dalje, kod konvencionalnih metodologija se dugo čeka i na prve rezultate u čitavom procesu, tako da je krivulja isporuke IT vrijednosti dosta oštra i rastegnuta. Iskustvo, međutim, pokazuje da je uvijek bolje kontinuirano isporučivati vrijednost krajnjem korisniku, visokog kvaliteta ali manjeg obima. Time je pritisak na IT osoblje smanjen, nema stresa niti probijanja rokova. Radna atmosfera je bolja a korisnik zadovoljniji kada kontinuirano dobija vrijednost i rezultate koje može testirati i efikasno upotrijebiti za kreiranje novih poslovnih vrijednosti.

Međutim, konvencionalna metodologija ima i svoje prednosti primjene, naročito ukoliko se radi o kompleksnim i tehnički zahtijevanim projektima. Ostale prednosti vodopadne metodologije se odnose na dobru preglednost i opću organiziranost.

Sve navedeno ukazuje na potrebu za novim, sustavnim pristupom i naprednijim modelom upravljanja IT projektima. Zadatak projektnog menadžera je utvrditi koja metodologija najbolje odgovara poslovanju poduzeća. Osnovni cilj i dalje ostaje razviti softversko rješenje

ili traženu funkcionalnost za relativno kratko vrijeme uz najmanji mogući utrošak vremena i resursa.



Slika 1. 'Waterfall' pristup softverskog inženjeringa

U evoluciji metodologija softverskog inženjeringa se kao sljedeći logičan korak pojavljuje tzv. iterativno programiranje, koje je prethodnica potpuno adaptivnom, suvremenom agilnom programiranju i pripadajućim metodologijama. U nastavku rada će se dati detaljniji uvid u ove metodologije sa pregledom prednosti i nedostataka kao i njihova međusobna komparacija.

3. Upravljanje IT projektima prema agilnim principima

3.1. Suvremeni inženjering softvera/ Agilni manifesto

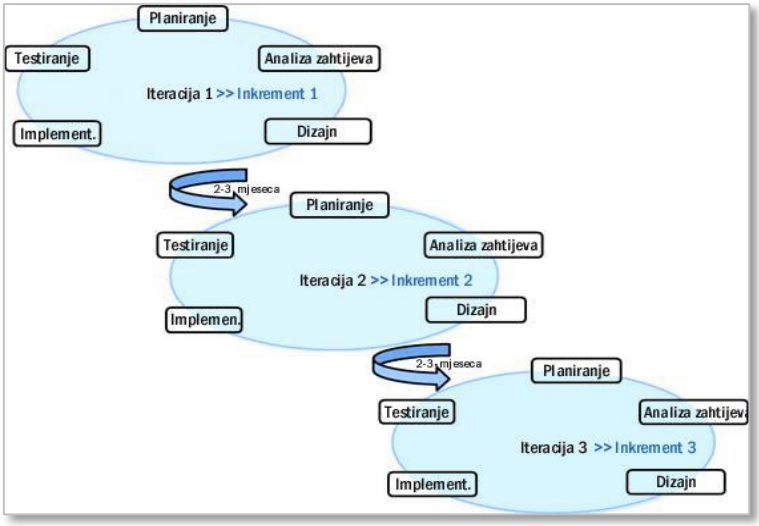
Agilne metode su se pojavile 1990-tih godina, kao posljedica šire negativne reakcije na konvencionalne metode u projektiranju softverskih rješenja a naročito u upravljanju IT projektima. Tako su se 2001. godine u Snowbirdu, Utah, SAD, sastali vodeći stručnjaci iz domena IT metodologija s ciljem uvođenja i promocije novih principa agilnog modeliranja i upravljanja projektima. Osnovali su *"The Agile Aliance"* neprofitnu organizaciju za promociju agilnih principa te su tako kroz »Agilni manifesto« ustanovljene definicije i propisane vrijednosti kao i osnovni principi ove metodologije.

Agilne metode razvoja softvera nastale su kako bi poboljšale organizaciju projektnih timova, te pridonijele efikasnosti razvojnih inženjera s obzirom na klasične metode organizacije koje se temelje na Vodopadnom metodu projektiranja softvera. Često se nazivaju *'lightweight'* metodama zbog svoje visoke adaptibilnosti i fleksibilnosti u primjeni- [5]. Držanje striktnog plana se, čak, ni ne preporučuje. Projektni plan implementacije softverskog rješenja

predstavlja samo okvirni dogovor svih članova projektnog tima zajedno sa voditeljem i kupcem tj. vlasnikom konačnog proizvoda. Na taj način, metodologija je u službi IT stručnjaka i projektnog tima, a ne obratno. Također, ukoliko se mijenjaju projektni i korisnički zahtjevi, što je čest slučaj u praksi, to ima za posljedicu analognu promjenu projektnog tima. Time se podržava alociranje/dealociranje ljudskih i ostalih resursa u realnom vremenu. Nema fiksnog projektnog tima i sve je podložno promjeni: ljudski resursi i projektni tim, korisnički zahtjevi, dizajn i poslovna logika, tehnologija i ostali resursi. Za razliku od velike predvidljivosti karakteristične za tradicionalne metode, ovdje je jako povećan nivo fleksibilnosti i adaptibilnosti promjenama elemenata u okruženju.

Osnovni agilni princip je razviti kompletno programsko rješenje ili njegov funkcionalan inkrement u kratkom vremenskom periodu ili iteracijama. Pri tome svaka iteracija predstavlja zaseban i samostalan, manji IT projekt. Cilj je da se kroz kratke iteracije pruži maksimalan povrat investicije. Zato agilno programiranje često nazivaju iterativnim, ali ono je u razvoju i primjeni napravilo puno veći odmak. Potpuno je adaptivno, što je osnovna razlika u odnosu na iterativno, a ipak zadržava razumnu mjeru predvidivosti u pogledu vizije konačnog projektnog rješenja. Agilne metode podrazumijevaju minimalno generiranje korisničke dokumentacije pri čemu se izvorni kôd smatra centralnim izvorom znanja i informacija za sve članove projektnog tima. Zato se kod agilnog programiranja potencira standardizacija kodiranja koja pojednostavljuje praćenje i sljedivost izvornog kôda.

Sličnost u strukturi i organizaciji agilnih i iterativno-inkrementalnih metoda je očigledna, međutim, agilni pristup predstavlja sljedeću kariku u evoluciji metoda softverskog inženjeringa. Zapažaju se iteracije kao osnovne implementacijske periode, ali je manje planiranja u odnosu na iterativne metode a više adaptibilnosti. Ipak, adaptivno ne znači istovremeno i potpuno nepredvidivo, nego predstavlja razumnu mjeru troškova za dovoljnu predvidivost. Agilne metode osiguravaju brzu isporuku vrijednosti i transparentno praćenje napretka IT projekta, uz bolje upravljanje troškovima i rizikom. Kao glavni nedostatak ovih metoda ističe se potreba za stalnim i aktivnim učešćem korisnika u procesu projektiranja, problem u definiranju dužine trajanja i izgleda konačnog projekta te manja pouzdanost softverskog rješenja zbog čega se stalno vrši refaktoring postojećeg kôda.



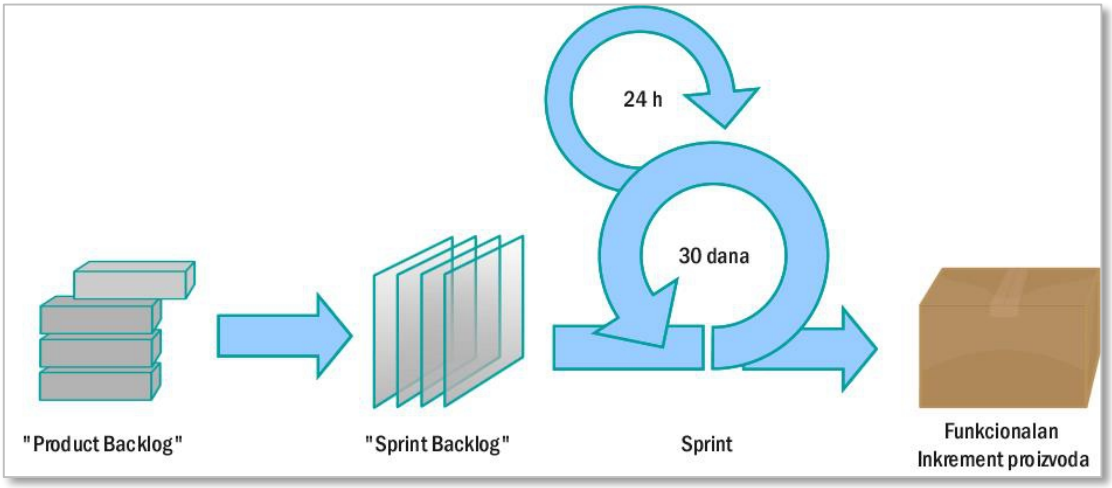
Slika 2. Agilni pristup softverskog inženjeringa i upravljanja IT projektima [6]

3.2. Scrum agilna metodologija

Danas je najpoznatija agilna metodologija koja se koristi „Scrum“, a temelji se na organiziranju projekta na osnovne vremenske periode koji se nazivaju „Sprintevi“. Na početku svakog „Sprinta“ članovi razvojnog tima dobivaju skup zadataka koji se moraju riješiti do kraja „Sprinta“, kako bi IT projekt završio na vrijeme- [3]. Na ovaj način se postiže bolje upravljanje projektnim zadacima a omogućeno je i praćenje progresa istih kroz različite dostupne, standardizirane *'Burndown'* grafikone koji prikazuju sagorijevanje ili stepen realizacije projektnih zadataka kao i cjelokupnog IT projekta. Scrum okvir je strukturiran tako da može da podrži i razvoj kompleksnih softverskih proizvoda.

Scrum metoda se sastoji od Scrum timova i njihovih pridruženih uloga, događaja, artifakata i pravila. Svaka komponenta unutar frameworka služi specifičnoj namjeni i bitna je za uspjeh kompletnog Scrum projekta. Scrum tim se sastoji od *Vlasnika proizvoda* (engl. *Product Owner*), *Razvojnog tima* (engl. *Development Team*) i *Scrum Mastera*. Scrum timovi su samoorganizirajući i višefunkcijski. Samoorganizirajući timovi sami biraju koji je najbolji način za obaviti posao, a nisu vođeni izvana. Višefunkcijski timovi imaju sve potrebne kompetencije za obavljanje delegiranog posla. Model tima u Scrumu je takav da je optimiziran na fleksibilnost, kreativnost i produktivnost. Scrum isporučuje proizvode iterativno i inkrementalno, maksimizirajući mogućnost povratne informacije- [7].

Ciklusi iteracije su uobičajeno fiksnog ili približno jednakog trajanja (engl. *time-boxed*, vremenski ograničeno), s dnevnim zadacima u trajanju maksimalno 1-2 radna dana. Svim aktivnostima tijekom čitavog projekta koordinira Scrum Master koji odlučuje koji zadaci će se ispunjavati u pojedinom Sprintu te delegira zaduženja i odgovornosti. Nakon svakog perioda implementacije organiziraju se sastanci kako bi se od korisnika dobile povratne informacije o aktuelnom softverskom proizvodu. Time se postiže da je uvijek potencijalno upotrebljiva verzija softvera ili inkrementa na raspolaganju krajnjem korisniku. Scrum metoda potiče timski rad i kolaboraciju.



Slika 3. Scrum proces [5]

Lista zadataka projekta (engl. *Product Backlog*) sadrži popis svih aktivnosti i zadataka koje je potrebno obaviti za vrijeme trajanja implementacije projekta. Ovaj dokument je dinamičan i podložan promjenama. Svakodnevno se utvrđuju dnevni zadaci ekstrahirani iz liste zahtjeva za pojedinačni Sprint (engl. *Sprint Backlog*) te se dodjeljuju različitim funkcionalnim ulogama i profilima IT stručnjaka Scrum tima.

4. Primjena Scrum metodologije agilnog softverskog inženjeringa

4.1. Priprema projekta za implementaciju po Scrumu metodu u KJKP Sarajevogas.d.o.o.

U posljednjem kvartalu 2014. godine, u Sarajevogasu je primijenjena Scrum metodologija softverskog inženjeringa, na pilot projektu uspostave *„Centralnog elektronskog registra Ugovornih izvođača“*. Scrum metoda se pokazala vrlo efikasnom u implementaciji ovog ali i upravljanju posljednjim IT projektima. U radu su prikazani rezultati i efekti korištenja ove metodologije.

Na samom početku implementacije spomenutog pilot projekta, u skladu sa Scrum principima, definirani su projektni događaji i određena je lista zadataka projekta (artefakt *Product Backlog*) koja će se trebati obaviti do završetka projekta. Pravilo Scruma je da su zadaci iz liste zadataka projekta rješivi unutar jednog do dva radna dana. Odmah su utvrđene i programske iteracije – Spintevi. Na sljedećoj slici je prikazan primjer popisa zadataka u inicijalnoj listi zadataka za naznačeni pilot projekt:

"Product Backlog" (Web aplikacija <<Ugovorni izvođači>>)

PBI	Naziv zadatka	Sprint	Traj.	Početak	Kraj	Ovis.	Prioritet	Profil
1	KONCEPTUALNI OKVIR / FRAMEWORK SISTEMA I PRATEĆE WEB APLIKACIJE	1	1	17.11.2014	18.11.2014		1	Sistem Admin
2	DIZAJN I USPOSTAVA SISTEMSKE ARHITEKTURE (3-SLOJNA) I KOM. KANALA	1	2	19.11.2014	21.11.2014	1	1	Sistem Admin
3	USPOSTAVA I KONFIGURACIJA BAZE PODATAKA I SERVERA	1	2	19.11.2014	21.11.2014	1	1	DB Admin
4	ER MODEL I DIZAJNIRANJE BAZE PODATAKA	1	1	24.11.2014	25.11.2014	3	1	DB Admin
5	KREIRANJE TABELA, VIEW-a I OST. OBJEKATA NA BAZI PODATAKA	1	1	26.11.2014	27.11.2014	4	1	DB Admin
6	POPULARIZACIJA SISTEMA ŠIFARNIKA / NOMENKLATURA	1	2	28.11.2014	01.12.2014	5	2	DB Admin
7	MIGRACIJA POSTOJEĆIH PODATAKA IZ RAZLIČITIH IZVORA U RADNE TABELE	1	2	02.12.2014	04.12.2014	5	2	DB Admin
8	IMPLEMENTACIJA FUNKCIJA I PROCEDURA ZA PRISTUP PODACIMA	1	2	28.11.2014	01.12.2014	5	2	Programer
9	DIZAJN KORISNIČKOG INTERFEJSA	2	1	26.11.2014	27.11.2014	3	3	Dizajner
10	BRZI RAZVOJ KORISNIČKOG INTERFEJSA/ FORMI U RADS TEHNOLOGIJI	2	2	02.12.2014	04.12.2014	9	3	Programer
11	PRILAGOĐAVANJE KORISNIČKOG INTERFEJSA DO ISPUNJENJA ZAHTIJEVA	2	2	05.12.2014	09.12.2014	10	3	Programer
12	DIZAJN SETA IZVJEŠTAJA/ REPORTS U RADS TEHNOLOGIJI	2	1	28.11.2014	29.11.2014	9	3	Dizajner
13	RAZVOJ PODSISTEMA ZA IZVJEŠTAVANJE	2	2	10.12.2014	12.12.2014	12	3	Programer
14	RAZVOJ PODSISTEMA ZA AUTORIZACIJU I AUTENTIFIKACIJU KORISNIKA	3	2	15.12.2014	17.12.2014	13	3	Programer
15	RAZVOJ WEB SERVISA ZA RAZLIČITE APLIKATIVNE PRIMJENE	3	2	18.12.2014	22.12.2014	14	3	Programer
16	TESTIRANJE	3	1	23.12.2014	24.12.2014	15	3	Tester
17	IZRADA KORISNIČKE DOKUMENTACIJE	3	2	25.12.2014	29.12.2014	16	3	Dokumenter

Rezime: 3 sprinta (implementacijska ciklusa) / mjesec dana !

Release Plan | Sprints Schedule | Lists | Product Backlog | PB Burndow

Slika 4. Product Backlog za projekt »Ugovorni izvođači«

Prikazani popis zadataka je potrebno realizirati u okviru definiranih iteracija, a delegiran je projektnom timu sastavljenom iz nekoliko profila stručnjaka: „System Administrator“, „DB Administrator“, „Programer“, „Dizajner“, „Tester“ i „Dokumenter“. Scrum Master koji vodi projektni tim je odmah izradio projektni plan i napravio procjenu realizacije projekta u tri Sprinta i trajanju od mjesec dana (uzimajući u obzir po jednog IT stručnjaka iz različitih oblasti i mogućnošću preklapanja određenih, međusobno nezavisnih zadataka).

Iz detalja Product Backlog-a se može vidjeti zvanični početak i završetak projekta, kao i svaki zadatak i aktivnost, njihovo trajanje, međuovisnost zadataka i odgovornosti članova projektnog tima. Zvanični početak implementacije pilot projekta je određen za 17. studeni 2014. godine, a završetak se poklapa s krajem fiskalne godine.
Na tržištu postoje brojni Scrum alati (npr. VersionOne, Scrumwise, Agile Bench, AgileZen, Dev Planner i dr.) s različitim opcijama za kreiranje svih potrebnih uloga, događaja i artefakata projekta uključujući liste zadataka projekta, kreiranje perioda implementacije – iteracija, liste zadataka pojedinačnih iteracija, prikazivanje ključnih datuma u projektu i generiranje grafova sagorijevanja za praćenje napretka projekta, što znatno olakšava posao Scrum majstoru vezano za uspješno vođenje i implementaciju dodijeljenog IT projekta.

5. Zaključak

Inženjerske (prediktivne) metode pokazuju značajnu statičnost, naročito, u pogledu prve faze SDLC životnog ciklusa razvoja programskog rješenja. Porastom poslovnih zahtjeva kao i zahtjeva tržišta i okruženja javlja se potreba za bržom programskom podrškom i reakcijom na evidentne promjene metodologije poslovanja. To znači da prva i statična faza SDLC ciklusa, koja podrazumijeva detaljno planiranje i značajan utrošak vremena, mora doživjeti svoju neminovnu promjenu i prilagodbu novonastalim uvjetima i principima uspješnog poslovanja. Kao svojevrstan i adekvatan odgovor na zahtjeve suvremenog poslovanja, IT stručnjaci širom svijeta inovirali su agilne principe pretočene u iste takve metodologije upravljanja IT projektima. Iz čitave palete agilnih i ekstremnih metoda softverskog inženjeringa izdvojena je najzastupljenija te najčešće korištena – Scrum metodologija. Ista je primijenjena pri implementaciji pilot projekta uspostave »Elektronskog registra Ugovornih izvođača« kod operatora distributivnog sustava KJKP Sarajevogas. Rezultati primjene ove metodologije su se pokazali izuzetno pozitivnima i potakli na logičan zaključak za nastavak i proširenje primjene ove produktivne metodologije razvoja softverskih rješenja u okviru poduzeća.

6. Literatura

[1] KJKP Sarajevogas. *„TU-03-15-5 Tehničko uputstvo za razvoj IS rješenja“.* 2014
[2] Kušek, Mario. *„Agilne metode razvoja programa“.* Zavod za telekomunikacije. 2010
[3] Radovan, Aleksander; Gligora, Tomislav; Valenčić, Davorin. *„Prijedlog podučavanja agilnih metoda razvoja softvera korištenjem alata Microsoft Project 2010“.* 2012
[4] Bačelić, Eny. *"Usporedba Vodopadne i Scrum metodologije prema fazama provedbe".* Diplomski rad. Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet. 2013
[5] Cvitanić, Frane. *„Primjena agilnih metoda Scrum i Kanban u funkciji upravljanja projektom Photocontest“,* Diplomski rad. Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet. 2014
[6] SDLC Agile Model. http://www.tutorialspoint.com/sdlc/sdlc_agile_model.htm
[7] Schwaber, Ken; Sutherland, Jeff. *„Scrum Guide - Vodič za Scrum: pravila igre“.* 2011

Unaprijeđenje odnosa sa privrednim subjektima (Ugovorni izvođači) kroz uspostavu i vođenje Centralnog elektronskog Registra UGI

Improvement of partnership with private sector companies (Contractors) through the establishment and maintenance of the Central Electronic Registry UGI

J. Dizdarević[1,*], M. Halilagić[2]

[1] Mr.sci., KJKP Sarajevogas d.o.o., 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina
[2] Mr.sci., KJKP Sarajevogas d.o.o., 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

[*]Autor za korespodenciju. E-mail: jasminad@sarajevogas.ba

Sažetak

Unaprijeđivanje eksterne komunikacije ili odnosa sa eksternim tržišnim subjektima i svim interesnim skupinama (potrošači, dioničari, regulatori, dobavljači, izvođači itd.) stalna je zadaća operatora distributivnog sustava, prvenstveno radi unaprijeđenja vlastitog poslovanja i javnog imidža organizacije. Kao logičan nastavak projekta unaprijeđenja upravljanja odnosa sa kupcima nameće se uređenje odnosa i suradnje sa privrednim subjektima (Ugovornim izvođačima). Ova suradnja je bazirana na dorađenoj verziji *Pravilnika o uslovima i postupku zaključivanja ugovora sa privrednim subjektima koji rade na izgradnji i održavanju dijela plinskog sustava Kantona Sarajevo*. Kao rezultat te suradnje kod distributera se vodi Centralni elektronski registar Ugovornih izvođača koji ispunjavaju uslove iz navedenog Pravilnika te se vrši njihovo redovno praćenje kako na bazi kadrovsko-materijalne opremljenosti Ugovornih izvođača, tako i praćenje rada na terenu. Čitav postupak se sprovodi komisijski uz redefinisane i pojačane kriterije ocjenjivanja Ugovornih izvođača, u registrovanim segmentima njihovog djelovanja. Također, elektronskim Registrom je podržano praćenje i podrška certificiranih izvođača kroz sve faze njihovog životnog i operativnog ciklusa.

Na ovaj način je obezbijeđena puna informatičko-tehnološka podrška za operativno vođenje javnog registra Ugovornih izvođača i kataloga certificirane opreme, čime je unaprijeđena poslovna komunikacija kao i poslovanje poduzeća u ovom segmentu. Putem kontinuirane komunikacije sa eksternim partnerima - Ugovornim izvođačima dolazi do bržeg i intenzivnijeg pribavljanja informacija o njihovima potrebama, zahtjevima i aktivnostima, te se na taj način omogućava bolja usluga i fleksibilno reagovanje poslovnih funkcija na njihove, često izmijenjene, zahtjeve ili konkretne operacije i djelovanja na terenu. Time raste povjerenje, zadovoljstvo ali i društvena odgovornost Ugovornih izvođača kao eksternih klijenata i značajnih partnera poduzeća, što osigurava poboljšanje poslovanja u ovom

domenu te dugoročno kvalitetnije odnose i međusobnu komunikaciju, što znatno utiče na poboljšani imidž organizacije kod javnosti.

Ključne riječi: upravljanje odnosima sa privrednim subjektima, ugovorni izvođači, elektronski registar ugovornih izvođača, katalog certificirane opreme.

Abstract
Improving external communications and relations with the external market participants and all stakeholders (consumers, shareholders, regulators, suppliers, contractors, etc.) is the constant task of the distribution system operator, primarily in order to improve own business and the public image of the organization. As a logical continuation of the improvement of customer relationship management imposes the regulation of relations and cooperation with private companies (Contractors). This cooperation is based on the upgraded version of *the Ordinance on the conditions and procedures for the conclusion of contracts with companies who work on the construction and maintenance of part of the gas system of Sarajevo Canton*. As a result of this cooperation, gas distributor maintains the Central Electronic Registry of all Contractors who meet the requirements of the mentioned Ordinance, and conducts their regular monitoring on the basis of human resources management and material equipment conditions of Contractors, as well as the monitoring of their field work. The entire process is carried out by a commission with redefined and enhanced evaluation criteria of Contractors, at registered segments of their operation. Also, the electronic Registry supports the monitoring and support of certified Contractors through all stages of their life and operating cycle.
In this way is provided full information and technological support for the operational management of the public register of all Contractors and the Catalog of certified equipment, thus improved business communication and the company's business in this segment. Through continuous communication with external partners – certified Contractors leads to faster and more intense provision of information on their needs, requirements and activities, and thus allowing better service and flexible response to their business functions, often modified, requirements or specific operations and activities on the field. This growing confidence, satisfaction and social responsibility or Contractors as external clients and significant company's partners, which ensures the improvement of operations in this field and long-term quality relationships and intercommunication, which significantly affects the improved image of company in public.

Keywords: partnership with private sector companies, contractors, electronic registry of contractors, catalogue of certified equipment.

1. Uvod

S ciljem povećanja kontrole djelatnosti izvođenja plinskih instalacija i servisiranja plinskih uređaja u Kantonu Sarajevo a time i podizanja nivoa kvalitete te sigurnosti i pouzdanosti isporuke prirodnog plina do krajnjih potrošača, pred sam kraj 2014. godine započeta je implementacija inovirane strategije u vidu smjernica za zaključivanje ugovora i suradnju između KJKP Sarajevogas distributera plina i ciljane grupe privrednih subjekata – Ugovornih

izvođača radova. To bi istovremeno dovelo i do unaprijeđenja međusobnih odnosa i komunikacije sa pomenutim tržišnim subjektima te dalo podlogu za poboljšanje aktivnosti poduzeća i u drugim segmentima prenesenog djelovanja, preko trećih lica i partnera te ostalih kategorija interesnih skupina. To bi za posljedicu imalo značajno unaprijeđenje poslovanja i podizanje povjerenja u kvalitet usluga poduzeća kao i ukupno unaprijeđenje imidža poduzeća u široj javnosti.

U posljednjem kvartalu 2014. godine, adaptacijom i usvajanjem *„Pravilnika o uslovima i postupku zaključivanja Ugovora sa privrednim subjektima koji rade na izgradnji i održavanju dijelova plinskog sustava“* otvorena su širom vrata za implementaciju pomenute inicijative i učinkovitog mehnizma za podizanje nivoa sigurnosti i bezijednosti isporuke plina do krajnjih korisnika u sustavu. Dosadašnje iskustvo distributera plina u poslovanju sa ugovornim izvođačima je pokazalo da su neophodni znanje, vještine i stručne kompetencije za vođenje ovako savjesnog i odgovornog posla kao što je izvođenje radova i/ili ugrađivanje/servisiranje uređaja na plinskom sustavu. Implementacijom ove inicijative znatno bi se doprinijelo uvođenju reda na tržištu plinskih instalacija tako da samo ovlaštene osobe smiju ugrađivati i servisirati certificirane plinske uređaje a podržao bi se i dosadašnji, naporni rad na implementaciji tehničke regulative i poštivanje propisa struke.

Ugovorni izvođači zavedeni kroz »Centralni elektronski registar« su relevantni implementatori pokrenute inicijative, osim u propisanim slučajevima kada distributer plina zadržava svoje pravo vezano za izvedbu plinske instalacije. Time se kod korisnika izbjegava nepotrebna neugodnost u pronalaženju adekvatnog izvođača plinske instalacije što je osnovna namjera za formiranje ovog Registra. Izvođač, osim toga, mora kontinuirano i u propisanim periodima dokazivati svoje stručne, materijalne i ostale neophodne kvalifikacije kako bi nastavio djelovanje u okviru dodijeljenog radnog područja. Ovo je podržano i kroz pooštrene, komisijske kriterije koji služe za periodičnu ocjenu i provjeru Ugovornih izvođača zavedenih kroz Registar.

2. Dodjela radnog područja i uspostava saradnje

Da bi započeo suradnju sa nadležnim distributerom plina, potencijalni ugovorni izvođač najprije mora podnijeti zahtijev kako bi se zaključio ugovor kojim su propisani svi uvjeti u okviru međusobne, poslovne suradnje. Podnošenjem zahtijeva, ugovorni izvođač navodi radno područje svog djelovanja. U zavisnosti od veličine mjerača, nazivnog prečnika i pritiska, radna područja za ugovorne izvođače su podijeljenja, prema adaptiranom *Pravilniku o uslovima i postupku zaključivanja ugovora sa privrednim subjektima koji rade na izgradnji i održavanju dijela plinskog sustava Kantona Sarajevo* (u daljem tekstu Pravilnik) [2], na kategorije A i B. Pravilnik se direktno naslanja na tehničko pravilo G 666 (*Smjernice za zaključivanje ugovora i saradnju između distributera gasa i ugovornih izvođača*) [1] kojim se utvrđuju svi uvjeti i postupak zaključivanja ugovora o suradnji između distributera plina i ugovornih izvođača plinskih instalacija i/ili uređaja, potom podjelu radnih područja, kao i postupak prijave i dobijanja dozvole za izvođenje radova. Ovo tehničko pravilo je autorizirano od DVGW-a i usvojeno od strane Koordinacionog odbora Projekta:

„Harmonizacija zakonske i tehničke regulative u gasnom sektoru zemalja jugoistočne Evrope", te je njegova posljednja adaptacija urađena u oktobru, 2009. godine. Ovo pravilo se u svom sadržaju poziva i na ostala vezana tehnička pravila plinske struke i relevantne zakonske propise.

Važno je istaći da su Pravilnikom propisane samo osnovne odredbe o uvjetima koje mora ispunjavati privredni subjekt koji podnosi zahtjev za uspostavu suradnje sa nadležnim distributerom, te postupak podnošenja zahtjeva i provjeru zadovoljenja postavljenih uvjeta, upis u Registar ugovornih izvođača, kao i uvjete za brisanje iz Registra. Međutim, postupak uspostave i način suradnje distributera plina i ugovornog izvođača plinskih instalacija i/ili uređaja bliže se definira posebnim aktima koje donosi nadležni distributer te njihovim međusobnim ugovorom.

Suradnja između distributera plina i potencijalnog ugovornog izvođača je definisana, dakle, opštim i posebnim uvjetima, pogotovu u pogledu stručne, materijalne i organizacijske osposobljenosti, što će u nastavku biti detaljnije elaborirano.

2.1. Segmentacija radnih područja ugovornih izvođača
U skladu sa Pravilnikom Sarajevogasa [2] definisana su sljedeća radna područja za ugovorne izvođače radova:

„A" - izrada, rekonstrukcija i održavanje plinskih instalacija koje se priključuju preko mjerača ne većeg od G 6, nazivnog prečnika do NO 65 i pritiska do NP 1, iza glavnog zapornog organa izuzimajući uređaje za regulaciju pritiska i mjerenje.

„B" - izrada, rekonstrukcija i održavanje plinskih instalacija, bez ograničenja veličine mjerača, nazivnog prečnika i pritiska, iza glavnog zapornog organa izuzimajući uređaje za regulaciju pritiska i mjerenje.

2.2. Proces uspostave suradnje nadležnog distributera i ugovornog izvođača
Uspostava suradnje između nadležnog operatora distributivnog sustava i ugovornog izvođača radova se sastoji iz nekoliko vezanih koraka i rezultira zaključivanjem Ugovora o suradnji između pomenutih privrednih subjekata. Najprije je potrebno da potencijalni ugovorni izvođač podnese zahtjev, sa odgovarajućim prilozima, kojim dokazuje svoju stručnu, kadrovsku i materijalnu osposobljenost za izvođenje određenih radova na plinskom sustavu kojim upravlja nadležni distributer, u skladu sa važećim zakonskim propisima, tehničkim pravilima i standardima. Kroz zahtijev, zainteresirani ugovorni izvođač opredjeljuje se za vršenje određene vrste poslova, u definisanim radnim područjima.

Potom se formira posebna Komisija od strane distributera plina i delegiranih predstavnika, participirajućih subjekata za sklapanje poslovne suradnje, kako bi se provjerilo da li su zadovoljeni svi Pravilnikom propisani uvjeti. Ovu Komisiju čine najmanje tri člana, od kojih je jedan predstavnik distributera, jedan predstavnik Udruženja za gas BiH i jedan

predstavnik udruženja ugovornih izvođača. Komisija o svome radu sačinjava zapisnik koji obavezno sadrži obrazloženje za prihvatanje ili odbijanje podnesenog zahtijeva. U slučaju zadovoljenja svih propisanih uvjeta, Komisija predlaže distributeru da zaključi Ugovor o suradnji, na period od jedne godine, kao i zavođenje privrednog subjekta u »Centralni elektronski Registar ugovornih izvođača« i time dodjelu statusa certificiranog ugovornog izvođača. Ovim je predmetni ugovorni izvođač postao aktivni partner nadležnog distributera i produžena ruka u njegovom djelovanju. Svaki naredni ugovor se zaključuje na duži period (tri godine), u skladu sa propisima Pravilnika.

3. Vođenje Centralnog registra ugovornih izvođača

Kod Sarajevogas distributera se vodi Centralni elektronski registar ugovornih izvođača koji ispunjavaju uvjete iz navedenog Pravilnika te se vrši njihovo redovno praćenje kako na bazi kadrovsko-materijalne opremljenosti, tako i praćenje njihovog rada na terenu. Također, elektronskim registrom je podržano praćenje i podrška certificiranih izvođača kroz sve faze njihovog životnog i operativnog ciklusa, što do sada nije bio slučaj. Time je zaokružen tijek aktivnosti i interakcije sa ugovornim izvođačima, od certificiranja kroz Centralni registar, zatim prijave radova, izgradnje, funkcionalnih proba...sve do konačnog prijema izvedene instalacije ili nekog drugog dijela plinskog sustava. Stoga je redizajnirana i implementirana nova aplikacija, u web okruženju, koja osigurava podršku za registraciju, praćenje i ocjenjivanje ugovornih izvođača po novim kriterijima, na naprednoj Oracle bazi podataka.

Slika 1. Centralni elektronski Registar ugovornih izvođača radova

Isto tako, kroz aplikaciju se omogućava kontinuirano vođenje i kontrola *Kataloga certificirane opreme* koja se svakodnevno ugrađuje u plinski sustav. Na ovaj način je obezbijeđena puna informatičko-tehnološka podrška za operativno vođenje javnog registra ugovornih izvođača i kataloga certificirane opreme koji se u obliku ekstrahovane liste redovno objavljuje na web

stranici distributera i na taj način je dostupna svim zainteresiranim subjektima. Ostala dokumentacija za svakog pojedinačnog certificiranog ugovornog izvođača se vodi kod distributera plina i sačinjavaju je različiti zahtijevi, zapisnici Komisije, zaključeni ugovori i druga akta o kojima se brine posebno zaduženo lice.

3.1. Opće odredbe i uvjeti koje mora ispunjavati izvođač za upis u Registar
Za upis u Centralni registar, potencijalni ugovorni izvođač najprije mora ispuniti određene opće uvjete kojim se utvrđuje da je izvođač plinskih instalacija i/ili uređaja:
- registrovan kod nadležnog organa, odnosno da posjeduje odobrenje za obavljanje registrovane djelatnosti;
- da ispunjava uvjete u pogledu stručne, materijalne i organizacijske osposobljenosti za poslove iz određenog radnog područja u skladu sa zahtjevima propisa, tehničkih pravila i standarda koji važe na tom distributivnom području.

3.2. Uvjeti u pogledu stručne osposobljenosti
Pored općih uvjeta, izvođač plinskih instalacija i/ili uređaja mora ispuniti i propisane specijalne uvjete u koje spadaju uvjeti stručne, materijalne i kadrovske osposobljenosti.
Uvjeti u pogledu stručne osposobljenosti potencijalnog ugovornog izvođača su grupisani prema definisanim radnim područjima (A i B).

- **Za radno područje A**

Potrebno je da potencijalni ugovorni izvođač ima u stalnom radnom odnosu minimalno jednog majstora - VKV instalatera plinskih instalacija i uređaja, pouzdanog i od poslodavca ovlaštenog za vođenje predmetnih poslova; potom stalno zaposlenog diplomiranog mašinskog inžinjera, odgovarajućeg smjera i sa položenim stručnim ispitom, u svojstvu odgovornog lica; te minimalno jednog kvalifikovanog montera plinskih instalacija ili montera centralnog grijanja sa najmanje tri godine prakse na izvođenju i održavanju plinskih instalacija.
Također, odgovorno lice mora poznavati relevantne zakone i propise, tehnička pravila i relevantne dokumente distributera plina, a posebno opće uvjete isporuke plina.
Na poslove servisiranja plinskih aparata primjenjuju se odredbe iz G 676 (*Kvalifikacioni kriteriji za poduzeća koja održavaju plinske aparate*). Zavarivačke radove smiju izvoditi samo zavarivači osposobljeni u skladu sa EN 287 dio 1.

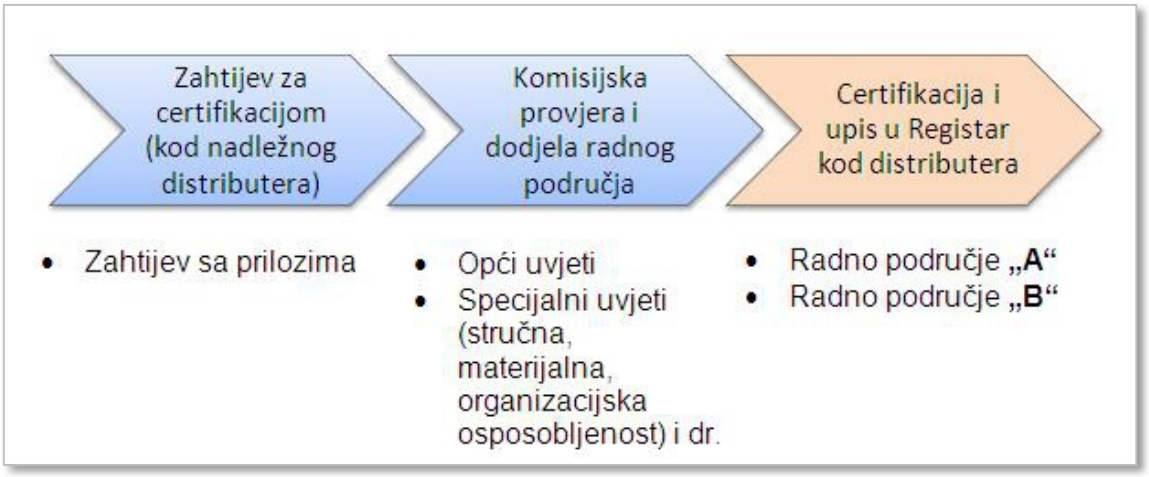
- **Za radno područje B**

Potrebno je da potencijalni ugovorni izvođač za odgovornu osobu ima stalno zaposlenog diplomiranog mašinskog inžinjera odgovarajućeg smjera i sa položenim stručnim ispitom, i minimalno jednog kvalifikovanog montera plinskih instalacija pod uvjetom da može dokazati praksu od najmanje tri godine na izvođenju i održavanju plinskih instalacija.

Odgovorna osoba mora biti pouzdana i od strane poslodavca ovlaštena za vođenje predmetnih poslova. Također, mora poznavati relevantne zakone i propise, tehnička pravila i relevantne dokumente distributera plina, a posebno opće uvjete isporuke plina.
Zavarivačke radove smiju izvoditi samo zavarivači osposobljeni u skladu sa EN 287 dio 1.

3.3. Materijalni i organizacijski uvjeti
Materijalni uvjeti su ispunjeni ukoliko poduzeće raspolaže pripremnom radionicom, opremom i alatima koji su neophodni za kvalitetno izvođenje poslova za koje se kandiduje, kao i opreme za vršenje ispitivanja u skladu sa G 600 i G 459/I. Oprema mora biti u dovoljnom obimu i u besprijekornom stanju.

Organizacijski uvjeti su ispunjeni ukoliko:
- su obezbijeđeni uvjeti za jednostavan i pouzdan kontakt sa distributerom plina i korisnicima plinskih instalacija;
- se ugovorni izvođač ugovorom obaveže da će na svakom radilištu imenovati odgovornog montera koji ispunjava ranije definisane uvjete;
- posjeduje aktuelne verzije relevantnih zakona i propisa, tehničkih pravila i relevantnih dokumenata distributera;
- vrši dodatno stručno obrazovanje zaposlenih u domenu djelatnosti;
- je zaključeno osiguranje po osnovu rizika iz obavljanja predmetne djelatnosti u primjerenom iznosu;
- da izjavi spremnost za rad na zahtjev distributera, posebno u slučajevima opasnosti.



Slika 2. Tijek certifikacije ugovornog izvođača i upis u Registar

4. Sklapanje ugovora, certifikacija i upis u Registar

4.1. Revidirani kriteriji za ocjenu i kontrolu izvođača / Komisijska provjera
Nadležni distributer je odgovoran da uspostavi i propiše kriterije na osnovu kojih vrši kontrolu rada i ocjenu ugovornih izvođača radova. Ugovor se može raskinuti ranije ukoliko se izvođač ne pridržava ugovorenih uvjeta rada, odnosno ukoliko se utvrdi njegova nestručnost ili nesavjesnost, te se donosi odluka o brisanju iz Registra ugovornih izvođača. Odluku o

brisanju iz Registra donosi Komisija na osnovu dokumentovanih dokaza i dostavlja je nadležnom distributeru. Odluka postaje izvršna kada distributer u zakonskom roku donese rješenje.

Također, ugovorni izvođač ima pravo raskida ugovora bez otkaznog roka pod uvjetom da nema radova u tijeku niti obaveza po prethodno izvršenim radovima kod korisnika plina.

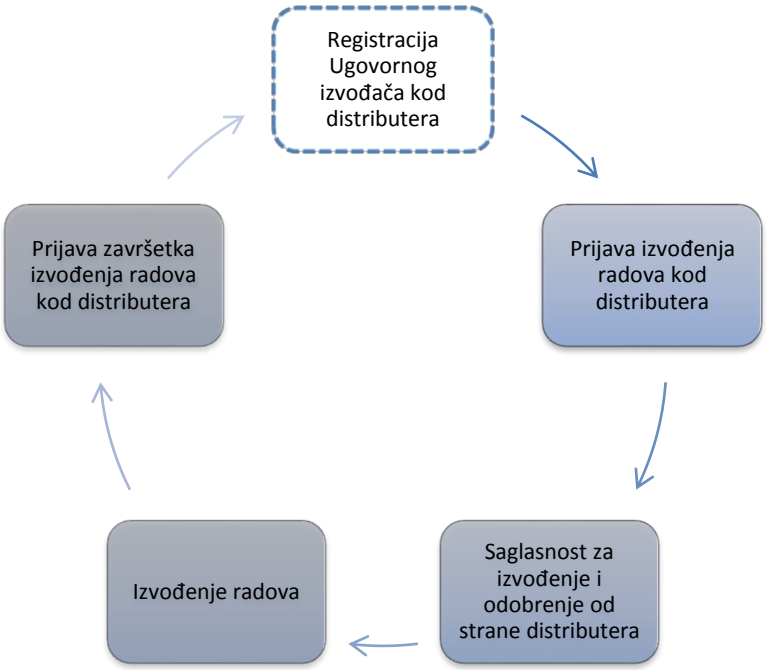
Način suradnje distributera plina i ugovornog izvođača plinskih instalacija i uređaja bliže se definiše međusobnim ugovorom koji uključuje sve elemente tijeka procesa, počevši od opisa radnog područja, prijave izvođenja radova, podnošenja zahtijeva za pregled izvedenih radova itd. Nakon potpisivanja ugovora od strane ovlaštenog lica privrednog subjekta isti stiče status ugovornog izvođača radova, te se kao takav zavodi u Centralni elektronski Registar zajedno sa svim relevantim podacima i pratećom dokumentacijom. Vezano za fazu Komisijske provjere izvođača, kroz posebnu aplikacijsku formu evidentiraju se svi kriteriji za kontrolu rada i ocjenu istog. Lista kriterija je ponovno revidirana i usklađena sa inoviranim Pravilnikom Sarajevogasa [2].

5. Postupak prijave i dobijanja saglasnosti distributera za izvođenje radova

5.1. Operativni životni ciklus ugovornih izvođača

Nakon sklapanja ugovora sa nadležnim distributerom plina, ugovorni izvođač može kod istog podnijeti Prijavu izvođenja radova kako bi dobio njegovu saglasnost. Na taj način se osigurava potpuna kontrola procesa od strane nadležnog distributera i garantuje da samo registrirani i certificirani izvođači mogu obavljati poslove izvođenja plinskih instalacija i/ili servisiranja plinskih uređaja. Ugovorni izvođač u Prijavi distributeru navodi sve relevantne podatke o poduzeću, radno područje, te detaljan opis i obim radova sa planiranim početkom i završetkom izvođenja. Međutim, izvođenje istih smije uslijediti tek po dobijanju dozvole od strane distributera plina.

Izvođenje novih instalacija, proširenje i izmjena postojećih plinskih instalacija izvodi se prema važećim tehničkim pravilima za plinske instalacije i općim uvjetima za snabdijevanje plinom iz distributivne mreže. Prilikom izvođenja radova potrebno je pridržavati se i važećih propisa o građenju, zaštiti na radu i drugih relevantnih propisa. Također, ugovorni izvođač radova je obavezan i da korisnika upozna sa rukovanjem i održavanjem plinskih instalacija i uređaja. Ostale obaveze i odgovornosti ugovornog izvođača prema nadležnom distributeru, kao i međusobni odnosi te vođenje poslova u specifičnim situacijama i na terenu, propisani su važećim Pravilnikom [2].



Slika 3. Operativni životni ciklus ugovornih izvođača

Nakon završetka izvođenja radova, ugovorni izvođač podnosi Prijavu završetka izvođenja sa zahtijevom za puštanje plina radi funkcionalne probe. Potom se vrši distributerski pregled koji podrazumjeva vizuelnu inspekciju izvedenog stanja plinske instalacije i uređaja od strane stručnih lica ispred nadležnog distributera, kako bi se utvrdilo da li se može izvršiti puštanje plina u izvedene instalacije i uređaje. Distributerskom pregledu, osim predstavnika nadležnog distributera, mora prisustvovati i ovlašteni predstavnik izvođača radova. Ukoliko se utvrde određeni nedostaci u distributerskom pregledu, isti se navode u izvještaju i moraju biti otklonjeni od strane ugovornog izvođača do sljedećeg zakazanog, ponovljenog distributerskog pregleda. Nakon izvršenog uvida u izvedeno stanje i dostavljenu dokumentnaciju, te ukoliko se utvrdi potpuna ispravnost iste prema svim zahtijevima struke i tehnike, može se izvršiti puštanje plina u plinske instalacije i uređaje tj. njihova funkcionalna proba. Potom se vrši zatvaranje plina radi funkcionalne probe, a zatim tehnički prijem instalacije, nakon čega slijedi sklapanje ugovora sa kupcem. To znači i konačno priključenje plinske instalacije na distributivnu mrežu i puštanje iste u pogon, što vrši isključivo nadležni distributer plina.

Čitav ovaj tijek aktivnosti je aplikacijski podržan te se po završetku svake faze, unose svi relevantni podaci u bazu podataka. Na ovaj način je sustavno podržan i zaokružen tijek aktivnosti i interakcije sa ugovornim izvođačima radova kroz proces priključenja kupca, počevši od njihovog certificiranja kroz Centralni elektronski Registar, zatim prijave radova, izgradnje, funkcionalnih proba...sve do konačnog tehničkog prijema izvedene instalacije ili uređaja na distributivnom području u nadležnosti distributera plina.

6. Zaključak

Uspostavom Centralnog registra ugovornih izvođača omogućava se kvalitetnije upravljanje odnosima sa ovom kategorijom privrednih subjekata, te se sve aktivnosti u domenu njihovog radnog područja stavljaju pod strogu kontrolu i monitoring. Implementacija ovog projekta i sustavnog rješavanja pitanja upravljanja i vođenja ugovornih izvođača, kroz sve faze njihovog operativnog ciklusa, bazirana je na adaptiranoj verziji *Pravilnika o uslovima i postupku zaključivanja ugovora sa privrednim subjektima koji rade na izgradnji i održavanju dijela plinskog sustava Kantona Sarajevo*. Time se želi postići da servisiranje i izgradnju plinskih instalacija i uređaja vrše samo certificirana i ovlaštena lica, u skladu sa svim zakonskim propisima i tehničkim pravilima. Potpunom sprovedbom smjernica i propisa Pravilnika obezbijediće se kontrola tržišta plinskih uređaja te stvarni uvid ili monitoring u ugovorene poslovne suradnje s privrednim subjektima – Ugovornim izvođačima radova. To u krajnjoj liniji vodi do povećanja povjerenja kupaca u uslužne djelatnosti distributera plina, a što je najvažnije i do povećanja sigurnosti i bezbijednosti snabijedevanja i isporuke plina do krajnjih kupaca.

Osim toga, u inoviranoj verziji Centralnog elektronskog registra ugrađeni su strožniji kriteriji za certifikaciju ugovornih izvođača i njihov upis u Registar. Samo oni subjekti koji u potpunosti ispunjavaju uvjete iz usvojenog Pravilnika, kako na bazi kadrovsko-materijalne opremljenosti, tako i na bazi stručnosti i postignutih rezultata djelovanja na terenu, mogu biti upisani u Registar. Također, historijski podaci o njihovim ranijim aktivnostima postaju relevantni faktor u novom sustavu i kriterij za ocjenjivanje ugovornih izvođača, u registrovanim segmentima njihovog djelovanja. To podrazumijeva kontinuiranu edukaciju i ulaganje u stručnost svog vlastitog osoblja i djelatnika na ime ugovornog izvođača. Dalje, elektronskim Registrom je podržano praćenje i podrška certificiranih izvođača kroz sve faze njihovog životnog i operativnog ciklusa, što do sada nije bio slučaj. U cikličnom slijedu faza, sada nije moguće nastavak aktivnosti i prelazak u narednu fazu, bez prethodno ispunjenih uvjeta i aktivnosti u tekućoj fazi implementacije ugovorenog projekta ili radova sa datim izvođačem. Time je zaokružen tijek aktivnosti i interakcije sa ugovornim izvođačima, od certificiranja kroz Centralni registar, zatim prijave radova, izgradnje, funkcionalnih proba...sve do konačnog prijema izvedene instalacije ili nekog drugog dijela plinskog sustava. Na ovaj način je obezbijeđena puna informatičko-tehnološka podrška za operativno vođenje javnog registra Ugovornih izvođača i kataloga certificirane opreme, čime je unaprijeđena poslovna komunikacija i poslovanje poduzeća, a što je najvažnije aktivnosti u ovom segmentu poslovanja i korporativnog upravljanja su stavljene pod kontrolu i nadzor od strane nadležnog distributera.

7. Literatura

[1] Tehničko pravilo G 666, *„Smjernica za zaključivanje ugovora i saradnju između distributera gasa i ugovornih izvođača“*, IGT izdanje, 2009
[2] KJKP Sarajevogas, *„Pravilnik o uslovima i postupku zaključivanju Ugovora sa privrednim subjektima koji rade na izgradnji i održavanju dijelova gasnog sistema“*, 2014

[3] Tehničko pravilo G 459/I, *„Kućni gasni priključci za radne pritiske do 4 bar; projektovanje i postavljanje“*, IGT izdanje, 2011

[4] Tehničko pravilo G 600, *„Tehnička pravila za gasne instalacije – TPGI“*, IGT izdanje, 2008

[5] Tehničko pravilo G 676, *„Kvalifikacioni kriteriji za preduzeća koja održavaju gasne aparate“*, IGT izdanje, 2011