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

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS

8. SKUP O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI
8th NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

1. MEĐUNARODNI SKUP O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI
1st INTERNATIONAL NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

U suradnji s
In cooperation with

HEP-Group
HEP-Toplinarstvo Ltd.
HR-31000 Osijek, Cara Hadrijana 3

VODOVOD OSIJEK
HR-31000 Osijek, Poljski put 1

Uz potporu
Supported by

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske
Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia

Osijek, 29.09.-01.10.2010.

VODITELJI KONFERENCIJE:
Zlatko TONKOVIĆ, HEP-Plin d.o.o., Osijek, HR
Pero RAOS, [1]SFSB, Slavonski Brod, HR

POČASNI ODBOR:
Bálint BACHMANN, dekan, [2]PMTF, Pečuh, HU
Leo BEGOVIĆ, predsjednik uprave, HEP d.d., Zagreb, HR
Luka ČARAPOVIĆ, predsjednik, Hrvatska komora inženjera strojarstva, Zagreb, HR
Gordana KRALIK, rektorica, Sveučilište J.J. Strossmayer u Osijeku, Osijek, HR
Nikola LIOVIĆ, direktor, HEP-Plin d.o.o., Osijek, HR
Ivica MIHALJEVIĆ, direktor, HEP-Toplinarstvo, Osijek, HR
Ljubo NOVOSELIĆ, direktor, Vodovod-Osijek d.o.o., Osijek, HR
Damir PEČVARAC, član uprave, HEP d.d., Zagreb, HR
Ivan SAMARDŽIĆ, prorektor, Sveučilište J.J. Strossmayer u Osijeku, Osijek, HR
Božo UDOVIČIĆ, član, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, HR

PROGRAMSKI ODBOR:
Dražan KOZAK, predsjednik, SFSB, Slavonski Brod, HR
Antun GALOVIĆ, [3]FSB, Zagreb, HR
Emil HNATKO, SFSB, Slavonski Brod, HR
Željko IVANDIĆ, SFSB, Slavonski Brod, HR
Ivica KLADARIĆ, SFSB, Slavonski Brod, HR
Milan KLJAJIN, SFSB, Slavonski Brod, HR
Janez KOPAČ, [4]FS, Ljubljana, SLO
Ferenc ORBÁN, PMTF, Pečuh, HU
Branimir PAVKOVIĆ, [5]TF, Rijeka, HR
Džemal PELJTO, IGT, Sarajevo, BiH
Pero RAOS, SFSB, Slavonski Brod, HR
Antun STOIĆ, SFSB, Slavonski Brod, HR
Tomislav ŠARIĆ, SFSB, Slavonski Brod, HR
Mladen ŠERCER, FSB, Zagreb, HR
Zlatko TONKOVIĆ, HEP-Plin d.o.o., Osijek, HR
Zdravko VIRAG, FSB, Zagreb, HR
Marija ŽIVIĆ, SFSB, Slavonski Brod, HR

ISBN: 978-953-6048-58-8

HYPO GROUP ALPE ADRIA

SLAVONSKA BANKA

ORGANIZACIJSKI ODBOR:
Marija SOMOLANJI, predsjednica, HEP-Plin d.o.o., Osijek,HR
Nada FLANJAK, HEP-Plin d.o.o., Osijek, HR
Mirela GRNJA, HEP-Plin d.o.o., Osijek, HR
Štefanija KLARIĆ, SFSB, Slavonski Brod, HR
Bojan LAZAR, Vodovod-Osijek d.o.o., Osijek, HR
Zlatko MARKOVIĆ, HEP-Toplinarstvo, Osijek, HR
Josip STOJŠIĆ, SFSB, Slavonski Brod, HR

[1]SFSB - Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilišta J.J. Strossmayer u Osijeku
[2]PMTF - Pollack Mihály tehnički fakultet, Sveučilišta u Pečuhu
[3]FSB - Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu
[4]FS - Fakultet za strojništvo, Sveučilišta u Ljubljani
[5]TF - Tehnički fakultet, Sveučilišta u Rijeci

UREDNICI ZBORNIKA:
Zlatko TONKOVIĆ, glavni i odgovorni urednik; Štefanija KLARIĆ, urednik; Dražan KOZAK, urednik; Pero RAOS, urednik; Josip STOJŠIĆ, urednik

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

HNK u Osijeku
29.9. - 1.10.2010.

ISBN: 978-953-6048-58-8

PLIN 2010

8th Natural Gas, Heat and Water Conference and 1st International Natural Gas, Heat and Water Conference; Publisher: Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod

Program 8. Skupa o prirodnom plinu, toplini i vodi i 1. Međunarodnog skupa o prirodnom plinu, toplini i vodi

Programme of the 8th Natural Gas, Heat and Water Conference and 1st International Natural Gas, Heat and Water Conference

SRIJEDA / *WEDNESDAY* 29.09.2010.	
15.00 – 17.00	Registracija sudionika / Registration
17.00 – 20.00	Okrugli stol /*Round table* Raos, Pero; Šercer, Mladen; Tonković, Zlatko (moderatori / *moderators*): **Gradnja, održavanje i ispitivanje PE cjevovoda za plin i vodu** ***Construction, Maintenance and Testing of PE Pipes for Gas and Water***
20.00	Domjenak / Banquet
ČETVRTAK / *THURSDAY* 30.09.2010.	
08.00 – 09.50	Registracija sudionika /*Registration*
10.00 – 10.20	Uvodna riječ voditeljâ skupa /*Foreword* (Zlatko Tonković, Pero Raos) Pozdravna riječ direktora HEP-PLIN-a d.o.o. /*Welcoming address of the Director of HEP-Plin Ltd.* (Nikola Liović) Pozdravna riječ dekana Strojarskog fakulteta u Slavonskom Brodu /*Welcoming address of the Dean of MEF in Slavonski Brod* (Dražan Kozak) Pozdravna riječ dekana Tehničkog fakulteta Pollack Mihály u Pečuhu /*Welcoming address of the Dean of Pollack Mihály Faculty of Eng. in Pécs* (Bálint Bachmann) **Svečano otvaranje skupa člana uprave HEP d.d.** **/*Opening Ceremony* (Damir Pečvarac)**
	Plenarno predavanje /*Key lecture*
10.20	Pavković, Branimir: **Korištenje prirodnog plina kao energenta u sustavima grijanja, hlađenja i klimatizacije građevina** ***Utilization of Natural Gas for Heating, Cooling and Air-Conditioning Systems of Buildings***
	Sekcija: Zakonodavstvo i tehnička regulativa /*Section: Legislation* **Moderator/*Moderator*: Pero Raos**
10.40	Bučo-Smajić, Aida; Petrović, Semin; Bückler, Michael: **Harmonizacija tehničke regulative u zemljama jugoistočne Europe** ***Harmonization of Technical Regulations in the Countries of Southeast Europe***
10.55	Bukša, Tomislav: **Novine u Zakonu o zapaljivim tekućinama i plinovima (NN 108/95 i 56/10)** ***Novices in the Croatian Law Regulation of Flammable Liquids and Gases***
11.10 – 11.25	Pauza /*Break*
	Sekcija: Energetika /*Section: Energetics* **Moderator/*Moderator*: Marija Živić**
11.25	Hnatko, Emil; Stojkov, Marinko; Kljajin, Milan; Hornung, Krunoslav: **Ušteda prirodnog plina za grijanje uporabom sunčeve energije** ***Saving of Natural Gas for Heating Using Solar Energy***
11.40	Pethes, Tamás: ***World's First Gipsy Culturcenter (Cserdi) - Energydesign Conception***
11.55	Vörös, Erika: ***Plusenergy Fabric and Office Building (Sikonda) - Energydesign Conception***
12.10	Kolesarić, Goran; Đukić, Danijel; Lujić, Roberto: **Rekonstrukcija sustava centralnog grijanja** ***Reconstruction of central heating system***
12.25 – 12.40	Pauza /*Break*
	Sekcija: Zdravlje i ekologija /*Section: Health and Ecology* **Moderator/*Moderator*: Zlatko Tonković**
12.40	Gulam, Danijela; Kovač, Branislav; Ban, Tanja: **Trovanje ugljičnim monoksidom: pojavnost, klinička prezentacija i prva pomoć** ***Carbon Monoxide Poisoning: Incidence, Clinical Presentation and First Aid***

12.55	Kontra, Péter: ***Ekotur Island (Duna Areal) - Energy and Environmental Territorial Development***
13.10	Glavaš, Hrvoje; Jozsa, Lajoš; Barić, Tomislav; Marić, Predrag: **Povećanje radijusa domene prikupljanja biomase s ciljem podmirenja gubitka transporta** ***Increasing the Radius of Collecting Biomass Domain with Aim to Liquidate the Transporting Loss***
13.25	Grizelj, Branko; Cumin, Josip; Seucek, Ivan; Soskic, Nikola; Vujčić, Branimir: **Utjecaj pravilnog izbora stroja i zagrijavanje materijala u oblikovanju metala deformiranjem na gospodarenje energijom i zaštitu okoliša** ***Bending in Metal Forming – Springback after Bending***
13.40	Čikić, Ante: **Analiza doprinosa spremnika topline stabilnosti i učinkovitosti niskoakumulativnih objekata s pogonom termoenergetskog postrojenja na biomasu** ***Contribution Analysis of the Heat Tank Stability and Efficiency of Low Accumulation Objects Powered by Biomass Thermal Power***
13.55 – 14.25	Poster sekcija /*Poster session*
15.00	Polazak u Erdut /*Departure to Erdut*
PETAK / *FRIDAY* 1.10.2010.	
08.00 – 08.50	Registracija sudionika /*Registration*
	Sekcija: Plinska tehnika /*Section: Gas Technique* **Moderator/*Moderator*: Mladen Šercer**
09.00	Samardžić, Ivan; Kolumbić, Zvonimir; Stoić, Antun; Šoštarić, D.; Bičvić, D.: **Parametri elektrofuzijskog zavarivanja PE-HD cijevi** ***Parameters of the Electrofusion PE-HD Pipes Welding***
09.15	Tonković, Zlatko; Raos, Pero; Somolanji, Marija: **Utjecaj temperature i vremena na kvalitetu elektrofuzijskog zavara** ***Influence of Welding Time and Environment Temperature on Electrofusion Pipe Weld Properties***
09.30	Karahodžić, Ibrahim: **Donošenje odluke o rehabilitaciji plinske distributivne mreže** ***Making Decision on the Gas Distribution Network Rehabilitation***
09.45	Križanec, Marko; Đirlić, Veljko; Bajek, Ana: **Plinska optimizacija kao sredstvo za praćenje nominacija i upravljanje potrošnjom plina** ***Gas Optimization as an Instrument for Nominations Monitoring and Gas Consumption Management***
10.00	Fistonić, Milan; Vukadinović,B.; Bilandžija, M.: **Prognoza potrošnje prirodnog plina – iskustva u primjeni** ***Forecasting Natural Gas Consumption – Experiences in Praxis***
10.15 – 10.30	Pauza /*Break*
	Sekcija: Opća, voda i goriva/*Section: General, Water and Fuels* **Moderator/*Moderator*: Željko Ivandić**
10.30	Katinić, Marko; Kozak, Dražan; Ivandić, Željko: **Procjena preostalog životnog vijeka vitalnih dijelova parne turbine temeljem proračuna toplinskih i mehaničkih naprezanja** ***Remaining Lifetime Estimation of Steam Turbine Vital Parts Based on Calculations of Thermal and Mechanical Stress***
10.45	Sekulić, Dragutin: **Organizacija projektiranja složenih projekata** ***Organization Design of Complex Projects***
11.00	Jurakić, Bojan; Galeta, Tomislav; Užarević, Željko; Rondić, Miro: **Izazovi izvedbenog projekta postrojenja za separaciju sirove nafte i plina** ***Challenges of Design Project for the Plant for Separation of Crude Oil and Gas***
11.15	Šercer, Mladen; Tonković, Zlatko; Raos, Pero; Stojšić, Josip: **Ispitivanje trajnosti membrana regulatora plina** ***Testing the Durability of Gas Regulator Membrane***
11.30	Šimunović, Goran; Čizmar, Atila; Šarić, Tomislav; Lujić, Roberto: **Vrednovanje projekata distribucijskih plinovoda** ***Evaluation of distribution pipeline project***
11.45 – 12.00	Pauza /*Break*

	Sekcija: Opća, voda i goriva/*Section: General, Water and Fuels* **Moderator/*Moderator*: Antun Galović**
12.00	Stevanović, Aleksandar; Simin, Rajko: **Dalji pravci razvoja KPG pogona u Srbiji** ***CNG as Automotive Fuel - Development Prospects in Serbia***
12.15	Pálné Schreiner, Judit: ***Possibilities of Cascade Thermal Water Utilization in Hungary***
12.30	Hnatko, Emil; Lacković, Goran: **Tromost podnog grijanja** ***Inertia Underfloor Heating Systems***
12.45	Živić, Marija; Galović, Antun; Virag, Zdravko; Holik, M.: **Eksergijska efikasnost procesa potpunog izgaranja nekih od zasićenih ugljikovodika** ***Exergetic Efficiency of the Complete Combustion Process of Some of the Hydrocarbons***
13.00	Ravlić, Anto; Vitez, Ivan; Aračić, Stjepan; Marušić, Vlatko **Uzroci oštećivanja toplovodnih cijevi** ***Causes of Damaging Hot Water Pipes***
13.15	Grizelj, Tomislav: **Primjena monitor regulatora u regulacionim stanicama** ***Application of Monitor Controllers in Control Units***
13.30 – 14.00	Poster sekcija /*Poster session*
14.00	**Zatvaranje Skupa /*Closing Ceremony*** (Pero Raos, Zlatko Tonković)
14.10 – 15.10	Ručak /*Lunch*

POSTER SEKCIJA /*POSTER SESSION*

Fekete, Damir; Šarić, Tomislav; Šimunović, Goran:
Održavanje kućnih mjerno-regulacijskih stanica plina
Maintenance of Metering and Control Units

Grizelj, Tomislav:
Kondenzacijski kotlovi – efikasnost u eksploataciji
Condensation Boilers – Efficiency in Exploatation

Hadžiahmetović, Halima; Džaferović, Ejub; Klarić, Štefanija:
Tehnički opis sustava za čišćenje cjevovoda u termoelektrani
Technical Description of System for Pipeline Cleaning of Thermal Power Plant

Hnatko, Emil:
Ugradnja, kontrola i programiranje LPG sustava Landi Renzo
Installation, Programming and Control Systen LPG Landi Renzo

Jukić, Josip; Hnatko, Emil:
Metodologija proračuna kućišta sigurnosnih ventila
Methodology of Calculation of the Safety Valve Body

Zima, Jasna; Dubovicki, Darko; Lazar, Bojan:
Nadzorno upravljački sustav vodoopskrbne mreže grada Osijeka
Monitoring and Management System of Water Supply Network in the city of Osijek

Voditelji konferencije
Conference Chairs

Prof. dr. sc. Pero Raos
Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod

Doc. dr. sc. Zlatko Tonković
HEP-Plin d.o.o. Osijek
HEP-Plin Ltd. Osijek

Ušteda prirodnog plina za grijanje uporabom sunčeve energije
Saving of natural gas for heating using solar energy

Emil Hnatko[1], Marinko Stojkov[1], Milan Kljajin[1*], Krunoslav Hornung[2]

[1] Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Trg Ivane Brlić-Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska
[2] Srednja škola Valpovo, Hrvatska

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

Sažetak

U članku je prezentirana mogućnost solarnog grijanja kao načina uštede prirodnog plina. Solarno grijanje je idealno za naše podneblje, s obzirom da velik broj sunčanih dana i relativno visoka srednja temperatura u Hrvatskoj, rezultira većom učinkovitošću sustava grijanja. Prednost solarnog grijanja u odnosu na druge načine (npr. grijanje prirodnim plinom) je u njegovoj ekološkoj prihvatljivosti, a također i u njegovoj djelomičnoj autonomnosti, odnosno primjenjivosti i tamo gdje nema komunalne infrastrukture. Solarni sustav za zagrijavanje jednog objekta može u prosjeku uštedjeti 50 – 60 % godišnje potrebne energije. Tijekom ljetnih mjeseci, konvencionalni sustav za zagrijavanja tople vode, može raditi na minimumu ili se potpuno isključiti te time ukloniti štetnu emisiju plinova (CO_2) koja nastaje kao nusprodukt sagorijevanja klasičnih energenata. Uporabom solarne energije za proizvodnju toplinske energije, mogu se s vremenom uštedjeti znatna materijalna sredstva. Otplata ovog sustava se može promatrati kroz smanjenje potrošnje energenata (npr. prirodnog plina) prilikom pripreme potrošne tople vode (PTV) i/ili za grijanje prostora.

Ključne riječi: prirodni plin, grijanje, sunčeva energija

Abstract

The paper presents the possibility of solar heating as a way of natural gas savings. Solar heating is ideally used in our climate area, considering a large number of sunny days and relatively high average temperatures in Croatia, resulting in higher efficiency of heating systems. The advantage of solar heating, compared to other methods (such as heating with natural gas), is in its environmental acceptability, and also in its partial autonomy, respectively in its applicability, without public utilities. Solar system, applied for building heating, can save an average of 50-60 % annual energy

needs. During the summer months, conventional heating system for hot water, can work on a minimum energy needs or can be totally excluded, and thus eliminate harmful emissions (CO_2), which occurs as a by-product of burning conventional fuels. Using solar energy to produce thermal energy can eventually save considerable financial resources. Repayment of this system can be observed through the reduction of energy consumption (e.g. natural gas) during the preparation of consumable hot water (CHW) and/or space heating.

Key words: natural gas, heating, solar energy

1. Uvod

Život na Zemlji, nastao je i opstajao milijunima godina, zahvaljujući povoljnim klimatskim prilikama. Klimu možemo promatrati kao obnovljivi resurs kojemu je energetska komponenta – energija sunca, a materijalna komponenta – oceani kao spremnici za vodu. Klimatske promjene su dosegle takvu razinu da se može govoriti o klimatskoj krizi. Vizija izlaska iz te krize vodi povratku na manje štetne izvore energije. Glavni izvori energije u dvadesetom stoljeću su neobnovljivi izvori energije, a to su: ugljen, nafta, prirodni plin i nuklearna energija.

Osnovni problemi kod neobnovljivih izvora energije su njihova ograničenost količinom i to što onečišćuju okoliš. Izgaranjem fosilnih goriva oslobađa se velika količina CO_2, koji je staklenički plin, pa je to i vjerojatni uzrok globalnog porasta temperature na Zemlji. Nuklearna goriva nisu opasna za atmosferu, ali produkti nuklearne reakcije ostaju radioaktivni još dugi niz godina te ih se mora zbrinjavati s velikom pozornošću.

Kod obnovljivih izvora energije, nema takvih problema. Najznačajniji obnovljivi izvori energije su:

- energija sunca,
- energija vjetra,
- bioenergija,
- energija vode (hidroenergija),
- energija otpada i biogoriva,
- geotermalna energija,
- energija plime i oseke, morskih struja i valova.

Potencijali obnovljivih izvora energije su veliki, ali trenutna tehnološka razvijenost ne dopušta nam oslanjanje samo na njih. Obnovljivi izvori energije, ne uključujući hidroenergiju, daju manje od 1 %

ukupno potrebne energije. U budućnosti, taj udio treba znatno povećati zbog poznatih razloga vezanih za neobnovljive izvore.

Sunce isporučuje Zemlji 15 000 puta više energije nego što čovječanstvo u sadašnjoj fazi uspijeva potrošiti. Raspored potrošnje energije na svijetu nije ravnomjeran pa još uvijek ima mjesta na Zemlji gdje se energija koristi u količinama puno većim od potrebne ili obrnuto, puno manjim od nužne.

Iz navedenog proizlazi da se obnovljivi izvori mogu i moraju početi bolje iskorištavati te da se ne trebamo brinuti za nestanak energije iz fosilnih goriva. Razvoj obnovljivih izvora energije – vjetar, voda, sunce i biomasa – važan je zbog nekoliko razloga:

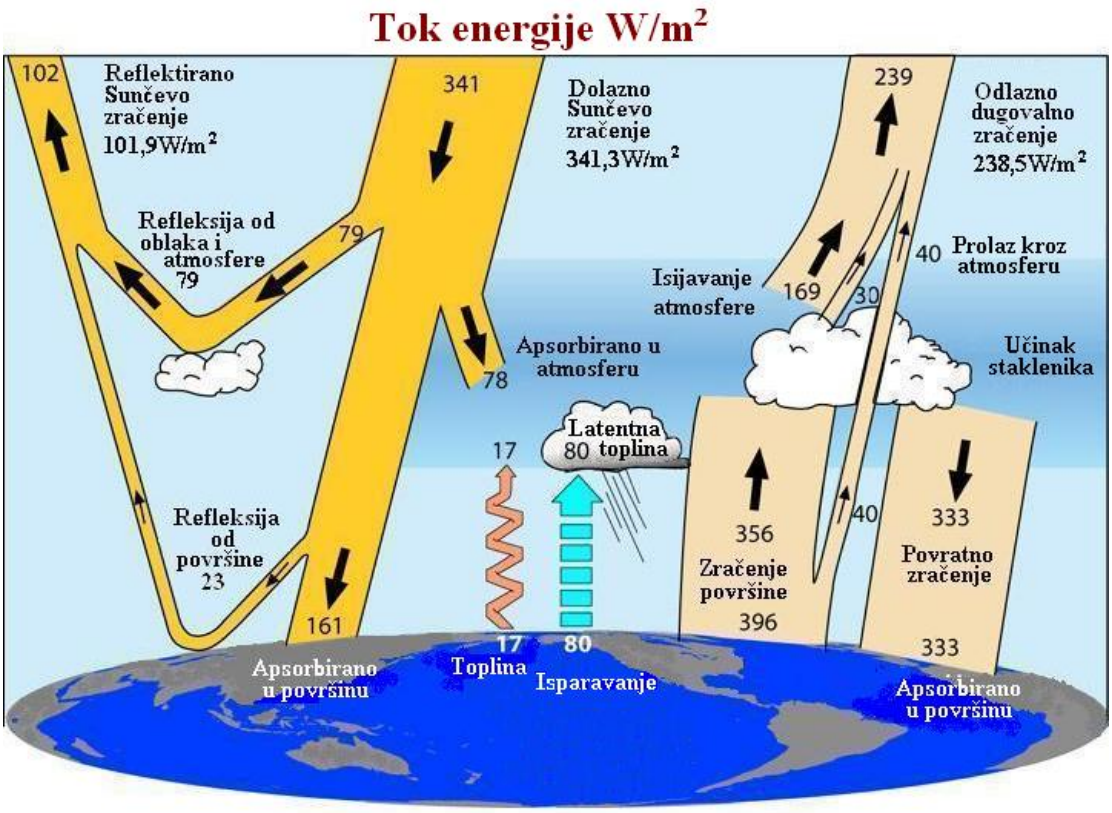
- Obnovljivi izvori energije imaju važnu ulogu u smanjenju emisije CO_2 u atmosferu. Smanjenje emisije CO_2 u atmosferu je politika Europske unije, pa je i Hrvatska prihvatila tu politiku.
- Povećanje udjela obnovljivih izvora energije, povećava energetsku održivost sustava. Također pomaže u poboljšavanju sigurnosti dostave energije na način da smanjuje ovisnost o uvozu energetskih sirovina i električne energije.
- Očekuje se da će obnovljivi izvori energije postati ekonomski konkurentni konvencionalnim izvorima energije u srednjem do dugom razdoblju.

Nekoliko tehnologija, posebice energija vjetra, male hidrocentrale, energija iz biomase, geotermalna energija i Sunčeva energija su ekonomski konkurentne. Ostale tehnologije su ovisne o potražnji na tržištu da bi postale ekonomski isplative u odnosu na klasične izvore energije.

Snaga zračenja koje Sunce zrači sa svoje površine se sastoji od različitih valnih duljina. Većina (99 %) Sunčevog zračenja otpada na spektar valnih duljina 0,275 do 4,6 μm. Zračenje koje dolazi do površine Zemlje, uglavnom se sastoji od nevidljivog ultraljubičastog (0,12 do 0,4 μm) i zastupljeno je sa 9 %, vidljivog (0,4 do 0,75 μm) zastupljeno sa 41,5 %, te nevidljivog infracrvenog dijela (> 0,75 μm) zastupljenog sa 49,5 % ukupne energije Sunčevog zračenja [1].

Zbog Zemljinog sferičnog oblika, njezine eliptične putanje oko Sunca, nagiba njezine osi prema ravnini ove putanje te rotacije oko vlastite osi, energija koja dolazi od Sunca nije jednoliko raspoređena na Zemlji i mijenja se tijekom godine, ali i tijekom dana. Naime, mijenja se: visina Sunca nad obzorom, što znači promjenu upadnog kuta zračenja na tlo, zatim duljina dana, tj. razdoblja u kojemu primamo Sunčevu energiju i udaljenost Zemlje od Sunca. Sve su te promjene pravilne pa se sunčevo zračenje u bilo koje doba i na bilo kojem mjestu na gornjoj granici atmosfere može izračunati.

Ukupno (globalno) sunčevo zračenje na površini Zemlje sastoji se od izravnog (direktnog), raspršenog (difuznog) i odbijenog (reflektiranog) zračenja. Zbroj tih komponenti označava ukupno zračenje. Na slici 1 prikazane su komponente ukupnog Sunčevog zračenja.



Slika 1. Sunčevo zračenje na površini Zemlje [1]

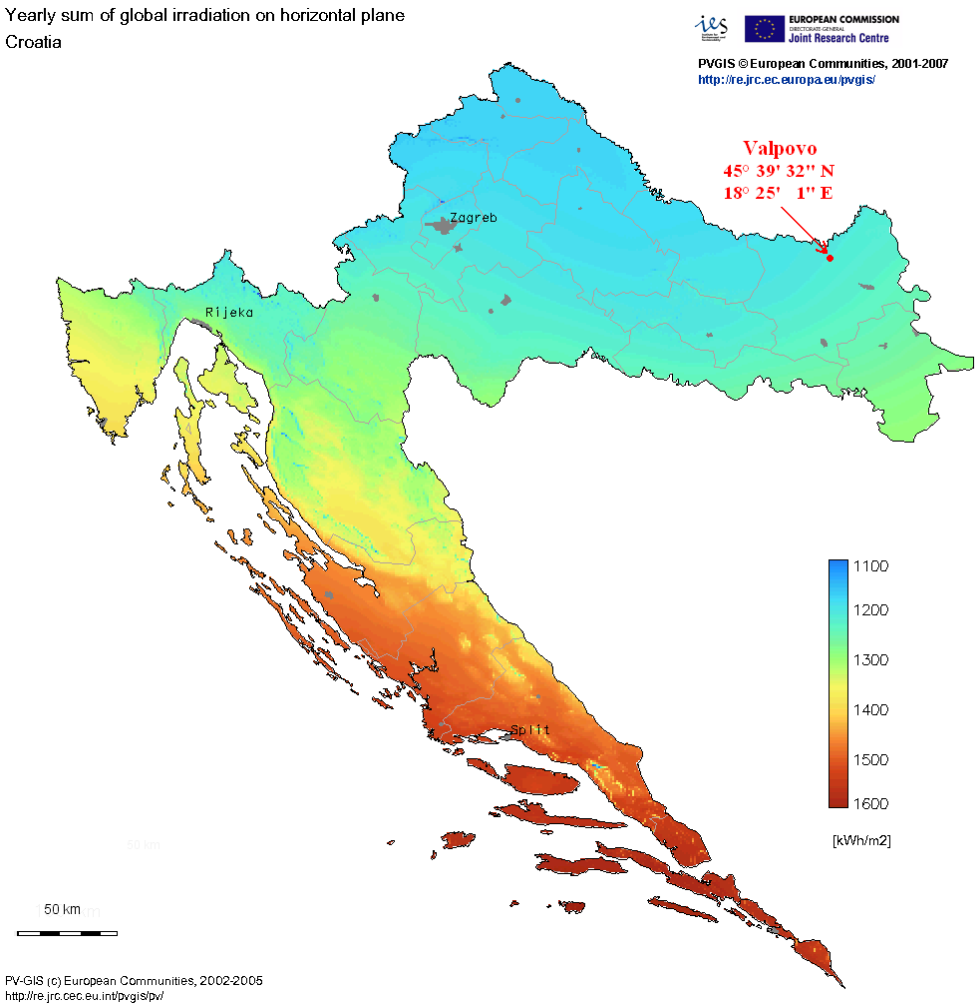
2. Sunčevo zračenje na području Republike Hrvatske

Procjena raspoloživog Sunčevog potencijala za određenu lokaciju, olakšana je postojanjem baza podataka (PVGIS, NASA, Meteonom database, ...) koje sadrže informacije o intenzitetu Sunčevog zračenja, temperaturama okoline, prosječnim dnevnim temperaturama i slično. Potrebno je istaknuti da su podaci u navedenim bazama izračunati na osnovi satelitskih mjerenja ekstraterestičke radijacije na rubu Zemljine atmosfere.

Dobar pokazatelj gdje se korištenje energije Sunca isplati, jesu karte ozračenosti, koje pokazuju kolika je ozračenost neke površine na Zemlji. Tako se, prema karti ozračenosti Hrvatske (slika 2), može vidjeti da u skladu sa promjenom zemljopisne širine, ukupna godišnja količina sunčeva zračenja općenito opada od sjeverozapada prema jugoistoku. Najveću ozračenost vodoravne plohe

ostvaruje jug Hrvatske, odnosno, priobalni pojas i pučinski južnodalmatinski otoci (1650 kWh/m^2 godišnje) [1].

Prema PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) podacima, optimalni kut se za područje RH kreće od 33º na sjeveru do 37º na jugu. Treba imati na umu da se optimalni kut mijenja tijekom godine zbog prividnog kretanja Sunca [3].



Slika 2. Srednja godišnja ukupna ozračenost vodoravne plohe [3]

3. Toplinska energija

3.1. Prijemnici sunčevog zračenja

Prijemnici (kolektori) kod kojih se energija sunčevog zračenja direktno pretvara u toplinsku danas su tehnički, tehnološki i ekonomski najjednostavniji i najprimjenjiviji za široku uporabu. Grubo se

mogu podijeliti u dvije skupine, u ovisnosti o tome koju temperaturu u njima može dostići radni medij:

- Niskotemperaturni kolektori – u ovoj su skupini svi kolektori kod kojih se radna temperatura radnog medija kreće u granicama do 200 ºC, ali je to najčešće ispod 100 ºC
- Visokotemperaturni kolektori – koriste veće površine za fokusiranje na neku manju površinu, pri čemu se ovisno o konstrukciji, ostvaruju visoke radne temperature i do nekoliko tisuća ºC.

Konstrukcija kolektora je uvjetovala cijeli niz podjela, ali u osnovi, nastojalo se maksimalno iskoristiti sunčevo zračenje. Najjednostavniji uređaj za pretvaranje sunčeve energije u toplinsku je ravni kolektor. Tehnologija izrade ravnih kolektora već je potpuno usvojena, upotrebljavaju se širom svijeta i mnoge ih tvornice već komercijalno proizvode i prodaju. Oblici, dimenzije i položaj dijelova uvjetovani su ugradnjom, tj. uvjetima kojima će kolektori biti izloženi. Isto tako, korišteni materijali su uvjetovani novim spoznajama i tehnologijama proizvodnje.

3.2. Spremnik toplinske energije

Spremnik topline potrebno je odabrati prema planiranoj potrošnji toplinske energije, a na osnovi broja osoba i njihovim potrebama i/ili prema potrebama sustava za grijanje/hlađenje. Spremnik kod obnovljivih izvora energije ima ulogu akumulacije (spremanja) topline jer je zbog intermitentnog svojstva Sunčeve energije intenzitet zagrijavanja različit tijekom dana, tj. godine.

Ugradnjom akumulacijskih uređaja – spremnika toplinske energije, povećava se efikasnost Sunčevog energijskog sustava jer imaju sposobnost sačuvati toplinu sakupljenu tijekom dana za noć, za nekoliko dana bez dotoka nove sunčeve energije, pa čak i nekoliko tjedana ili mjeseci.

4. Primjena sunčeve energije

4.1. Srednja škola Valpovo (SŠV)

Školska zgrada je izgrađena 1967., a obnovljena je i dograđena 1992. Na taj su način stvoreni optimalni prostorni uvjeti za normalno odvijanje nastavnog procesa.

Optimalni prostorni uvjeti škole uvjetuje određenu potrošnju energenata što iziskuje utrošak određenih financijskih sredstva, kao što je navedeno u tablici 1. U tablici je prikazana potrošnja plina za razdoblje od 2007. do 2009., kao i utrošena financijska sredstva [4].

Potrošnja toplinske energije, tablica 1, iskazana preko potrošnje plina u razdoblju od 2007. do 2009., je velika. Promjena temperature, kako prosječne za svaki mjesec, tako i dnevne, uvjetuje i promjenu potrošnje plina koji se koristi za grijanje prostora škole.

Dobivanje toplinske energije korištenjem Sunca preporučljivo je u prijelaznim periodima, a u zimskom razdoblju, može se koristiti Sunčevu energiju kao podršku, tj. paralelni izvor energije uz glavni izvor – prirodni plin. Kada će proizvodnja toplinske enrgije uporabom Sunčevog zračenja biti nedostatna, ovisi o više faktora: broju i vrsti kolektora, spremnicima toplinske energije, mogućnosti prilagodbe usmjerenja kolektora i sl.

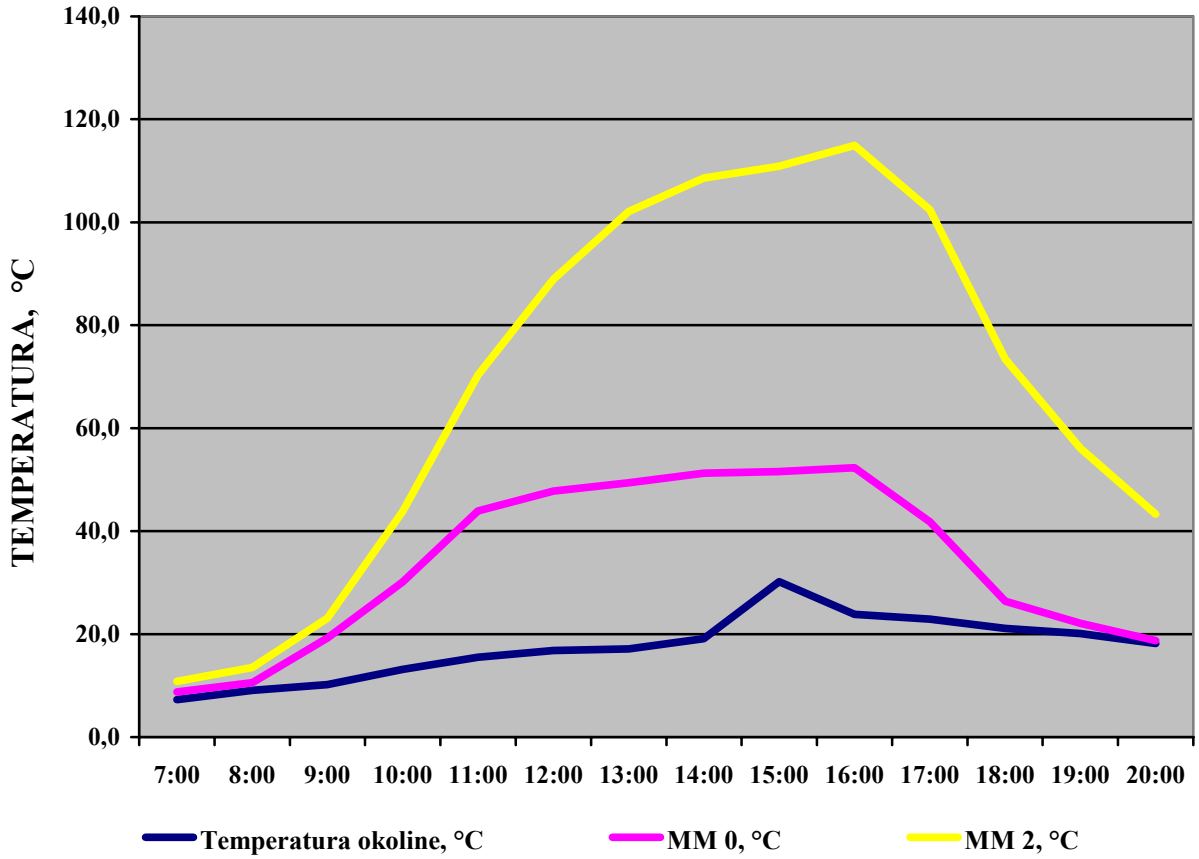
Tablica 1. Pregled potrošnje plina za razdoblje od 2007. do 2009. po mjesecima [4]
(u tablici nije navedena potrošnja radionice za obradu metala)

PREGLED POTROŠNJE PLINA U RAZDOBLJU od 2007. do 2009. godine						
Mjesec	2007.		2008.		2009.	
	Potrošeno, m^3	Cijena, kn	Potrošeno, m^3	Cijena, kn	Potrošeno, m^3	Cijena, kn
Siječanj	11 181	21 279,68	20 295	38 625,44	15 438	35 596,94
Veljača	11 803	22 463,47	14 540	27 672,53	13 927	32 112,88
Ožujak	9 853	18 752,23	11 611	22 098,06	11 197	25 818,04
Travanj	4 276	8 138,08	7 532	14 334,9	4 060	9 361,55
Svibanj	1 490	2 835,77	1 619	3 081,28	785	1 810,05
Lipanj	1 309	2 491,29	1 256	2 390,42	1 027	2 368,06
Srpanj	/	/	1 279	2 434,19	904	2 084,44
Kolovoz	/	/	1 030	1 960,3	952	2 213,11
Rujan	1 546	2 942,35	3 113	5 924,66	871	2 024,81
Listopad	7 098	13 508,9	7 085	13 484,17	6 328	14 710,7
Studeni	15 675	29 830,76	10 005	19 041,52	11 093	25 787,9
Prosinac	15 215	28 957,19	18428	35072,17	17 109	39 773,29
Ukupno:	**79 446**	**151 199,7**	**97 793**	**186 119,64**	**83 691**	**193 660,77**

Praktično za SŠV, izvršena su mjerenja svaki puni sat tijekom cijelog dana. Iz rezultata prikazanih u tablici 2. kao i iz grafičkog prikaza na slici 3, može se zaključiti kako već i minimalni uvijeti i oprema osiguravaju uporabu sunčeve energije za zagrijavanje (potrošna topla voda - PTV i/ili podrška grijanju). Oprema koja je korištena za mjerenja u ovom slučaju, može se bez problema nabaviti u trgovini i/ili samostalno izraditi. Za mjerenje je korištena čelična ploča s fiksno postavljenim temperaturnim osjetilom i sve skupa je postavljeno u izolirani prostor. Jedna stranica (gornja) je predviđena za postavljanje stakla. Izrađena su dva takva kompleta te su se mogla izvršiti usporedna mjerenja. Tijekom mjerenja, jedan je komplet bio bez stakla, a drugi je imao dvostruko izo-staklo. Svaki put je mjerena i temperatura okoliša (u hladu, na 2 m visine), a zabilježene su i vremenske prilike.

Tablica 2. Mjerenja temperature 18.04.2010.

Vrijeme	Temp. okoliša ºC	Vremenske prilike	MM 0, ºC	MM 2, ºC
7:00	7,3	Vedro	8,8	10,8
8:00	9,1	Vedro	10,6	13,5
9:00	10,2	Vedro	19,2	23,1
10:00	13,1	Vedro	30,1	43,8
11:00	15,5	Vedro	43,9	70,3
12:00	16,8	Vedro	47,8	88,9
13:00	17,1	Oblačno / Nimbusi	49,4	102,1
14:00	19,1	Oblačno / Nimbusi	51,3	108,6
15:00	20,2	Oblačno / kiša	51,6	110,9
16:00	23,8	Oblačno / Nimbusi	52,3	114,9
17:00	22,9	Oblačno / kiša	41,8	102,4
18:00	21,1	Oblačno / Nimbusi	26,4	73,4
19:00	20,1	Oblačno / Nimbusi / zalazak Sunca	22,1	56,1
20:00	18,2	Oblačno / Nimbusi	18,7	43,3



Slika 3. Usporedni prikaz temperaturnih promjena, izmjerenih 18.04.2010.

Oprema za mjerenje temperature:

- Čelična ploča 200 × 300 × 18 mm, 2 kom;
- Digitalni termometar Metalflex DT 850;

- Mjerno mjesto 0 (MM0) 400 × 500 × 180 mm, bez pokrovnog stakla;
- Mjerno mjesto 2 (MM2) 400 × 500 × 180 mm, dvostruko staklo.

Iz tablice 2 je vidljivo da unatoč tomu da su oblaci prekrili nebo, nastavio se prijem određene količine energije na mjernom mjestu i na taj način utjecala na povišenje temperature.

5. Toplinska energija

Odabrani veći objekt – škola, je veliki prostor, koji je tijekom zimskih mjeseci potrebno zagrijavati kao i športsku dvoranu, gdje je osim zagrijavanja, značajna i potrošnja PTV tijekom cijele godine. Sadašnji sustav centralnog grijanja na plin zadovoljava potrebe škole, međutim, gledajući sa strane ekologije i ekonomije, ugradnja solarnog sustava za pripremu PTV i podršku grijanja može smanjiti potrošnju konvencionalnih energenata (plina), ali i smanjiti emisiju CO_2 u atmosferu.

Potrošnja plina tijekom kalendarske godine različita je od mjeseca do mjeseca s velikim povećanjem potrošnje plina za zagrijavanje prostora tijekom zimskih mjeseci, ali i u prijelaznom razdoblju.

Tablica 3. Temperatura vode u spremniku i ekvivalent potrošnje plina tijekom dana

Vrijeme	Q_k – toplina kolektora, MJ	ϑ_s – temperatura u spremniku, °C	Ekvivalent plina, m^3
8:00	12,0294	21,92	0,33
9:00	33,3418	25,32	0,93
10:00	61,0612	29,73	1,70
11:00	92,0514	34,67	2,56
12:00	123,2464	39,65	3,42
13:00	151,7254	44,19	4,21
14:00	174,6729	47,85	4,85
15:00	189,7077	50,24	5,27
16:00	194,8734	51,07	5,41
17:00	189,1326	50,15	5,25
18:00	174,1656	47,76	4,84

Sustav se može izvesti tako da je tijekom ljeta i u prijelaznom periodu toplina dobivena korištenjem Sunčeve energije dostatna za grijanje prostora i/ili pripremu PTV. U zimskom razdoblju, kada su dani kraći, toplina dobivena pomoću sunčeve energije nije dovoljna pa je potrebno na klasičan način uložiti dodatnu energiju (npr. prirodni plin) kako bi se postigla potrebna temperatura. U

svakom slučaju, za postizanje potrebne temperature u sustavu grijanja i/ili pripreme PTV potrošiti će se manje plina ako se koristi i sunčeva energija za zagrijavanje.

Kako bi se numerički prikazala razlika u potrošnji plina, za primjer je odabran mjesec ožujak i prosječne promjene temperature tijekom dana. Odabran je solarni sustav koji ima 30 m^2 kolektora i spremnik volumena 1500 l. Polazna temperatura spremnika je 20 °C, uz pretpostavku da je potrošnja tople vode 1500 l na sat. Temperatura vode na izlazu iz kotla je 80 °C. Podaci su prikazani u tablici 3 gdje su zabilježene promjene tijekom jednog dana, a u tablici 4, uspoređeni su podaci za jedan dan, tjedan i mjesec u dva sustava – jedan koristi kombinaciju plina i Sunčeve energije za zagrijavanje PTV i podršku grijanju, a drugi koristi samo plin [5].

Za lakšu usporedbu podataka, korisna toplina dobivena iz kolektora (Q_k) izražena je kao ekvivalent u m^3 prirodnog plina (ogrjevna vrijednost prirodnog plina iznosi 34 do 38 MJ/Nm^3) [6].

Tablica 4. Usporedba potrošnje plina za mjesec ožujak

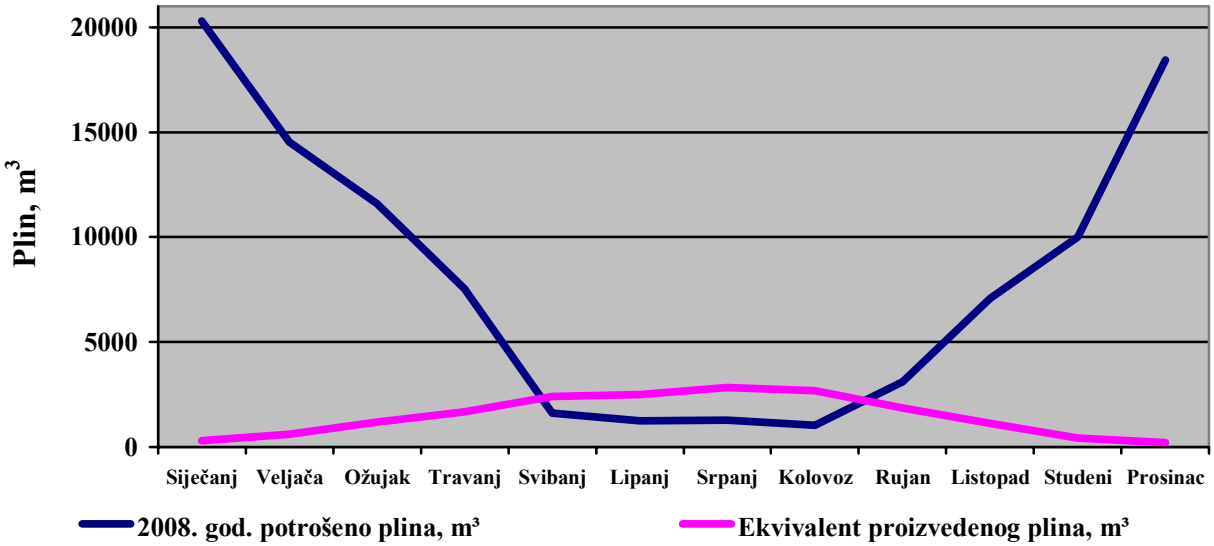
Vremensko razdoblje	I (Plin + ekv. sunčeva energija), m^3 plina	II (Plin), m^3 plina
Dan	76,23 + 38,78	115,01
Tjedan	533,59 + 271,45	805,04
Mjesec	2 248,03 + 1 202,12	3450,15

Tablica 5. Pokrivenost potrošnje plina ekvivalentnom solarnom energijom

Mjesec	Potrošeno, m^3	Dnevna priozvodnja, m^3	Mjesečna proizvodnja, m^3	Postotak, %
Siječanj	20 295	10,62	329,11	1,62
Veljača	14 540	24,94	698,23	4,80
Ožujak	11 611	41,87	1 298,09	11,18
Travanj	7 532	60,23	1 806,79	23,99
Svibanj	1 619	83,05	2 574,59	159,02
Lipanj	1 256	89,20	2 676,06	213,06
Srpanj	1 279	97,82	3 032,34	237,09
Kolovoz	1 030	92,42	2 865,01	278,16
Rujan	3 113	66,54	1 996,16	64,12
Listopad	7 085	39,45	1 223,04	17,26
Studeni	10 005	15,80	473,99	4,74
Prosinac	18 428	7,31	226,53	1,23
Ukupno :	97 793		19 199,94	

Kako su dobiveni podaci za mjesec ožujak, na isti način mogu se dobiti podaci i za cijelu godinu te ih usporediti sa potrošnjom plina u 2008. i izraziti u postotku kao što je prikazano u tablici 5 i na

slici 4, gdje je prikazana pokrivenost potrošnje plina ekvivalentnom energijom proizvedenom solarnim sustavom.



Slika 4. Pokrivenost potrošnje plina ekvivalentom proizvodnje energije solarnim sustavom

Ako se pogledaju podaci za cijelu godinu (2008.), potrošeno je 97 793 m^3 plina, a da se koristila Sunčeva energija za zagrijavanje PTV i podršku grijanju moglo se uštedjeti tijekom cijele godine 19 199,94 m^3 plina što u ovom primjeru iznosi 19,63 %.

Solarni sustav za pripremu potrošne tople vode (PTV) i / ili podršku grijanju, uglavnom se sastoji od kolektora, spremnika topline, radijatora, odnosno odgovarajućih grijućih tijela, automatike i regulacije, te klasičnog grijača koji daje energiju kada Sunčeva energija nije dovoljna. Sustav također omogućava dobivanje tople vode pomoću odgovarajućih izmjenjivača topline.

Konvencionalni uređaj za zagrijavanje mora biti dimenzioniran tako da zadovolji potrebe kada Sunčev doprinos nije dovoljan.

6. Zaključak

Solarno grijanje je idealno za naše podneblje s velikim brojem sunčanih dana i relativno visokom srednjom temperaturom u Hrvatskoj, a rezultira većom učinkovitošću sustava grijanja. Prednost solarnog grijanja u odnosu na druge načine je u njegovoj ekološkoj prihvatljivosti, a također i u njegovoj autonomnosti (primjenjivo je i tamo gdje nema komunalne infrastrukture). Solarni sustav za zagrijavanje jednog objekta može u prosjeku uštedjeti 50 – 60 % godišnje potrebne energije.

Tijekom ljetnih mjeseci, konvencionalni sustav za zagrijavanje tople vode, može se smanjiti na minimum ili potpuno isključiti te time ukloniti štetnu emisiju plinova (CO_2) koja nastaje kao produkt izgaranja klasičnih energenata.

Korištenjem solarne energije za proizvodnju toplinske energije, mogu se ostvariti znatne uštede materijalnih sredstava. Otplata sustava se može promatrati kroz smanjenje potrošnje energenata (npr. prirodnog plina) prilikom pripreme PTV i/ili za grijanje prostora.

Sustavi za korištenje toplinske energije mogu znatno smanjiti potrošnju energije za zagrijavanje sanitarne vode, ili za zagrijavanje prostora. Pravilnim dimenzioniranjem i postavljanjem sustava, može se Sunčevu energiju iskoristiti za djelomičnu ili potpunu samostalnost objekta u energetskom smislu.

Prilikom određivanja maksimalne snage sustava, potrebno je uzeti u obzir kada se dobivena energija koristi – odmah, ili je potrebno predvidjeti akumuliranje/spremanje energije za kasniju uporabu. Kod sustava toplinske energije može nastati problem ako je akumuliranje energije/spremnik nedovoljan, te može doći do povišenja temperature u kolektorima iznad dozvoljene granice.

7. Literatura

[1] Knežević, Siniša; Zidar, Margareta: *Sunčevo zračenje.* Energetski institut Hrvoje Požar. http://www.eihp.hr/hrvatski/sunceva_energija6.htm, (28.02.2010.)

[2] Google images: *Albedo,* http://images.google.hr/images?hl=hr&source=hp&q=albedo&rlz=1W1IRFA_en&oq=albed&um=1&ie=UTF-8&ei=91CeS9vkLI-f_Abn77H7CQ&sa=X&oi=image_result_group&ct=title&resnum=4&ved=0CCIQsAQwAw, (14.03.2010.)

[3] European Commission, Joint Research Centre, Ispra (VA): *PVGIS PV Estimation Utility.* http://sunbird.jrc.it/pvgis/apps/pvest.php?europe, (28.02.2010.)

[4] Srednja škola Valpovo: *Računi za utrošenu energiju* (*Arhiva računovodstva)*, Valpovo, 2007. – 2009.

[5] Majdandžić, Ljubomir. *Obnovljivi izvori energije.* Zagreb; Graphis d.o.o., 2008., str. 301.

[6] Šljivac, Damir; Šimić, Zdenko. *Obnovljivi izvori energije: Vrste; Potencijal; Tehnologije*. Seminar "Obnovljivi izvori energije u strukovnom obrazovanju", 19. i 20. veljače 2009., u sklopu projekta *AWERES - AWareness and Education in Renewable Energy Sources, Zagreb.* http://www.aweres.net/Preuzmi/Obnovljivi%20izvori%20energije_dio%20I.pdf (27.03.2010.)

Ispitivanje trajnosti membrana regulatora plina
Testing the Durability of Gas Regulator Membrane

M. Šercer[1,*], Z. Tonković[2], P. Raos[3], J. Stojšić[3]

[1] Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu, I. Lučića 5, HR-10000 Zagreb, Hrvatska
[2] HEP-Plin d.o.o., C. Hadrijana 7, HR-31000 Osijek, Hrvatska
[3] Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku, Trg I. B. Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska

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

Sažetak

Rad se bavi ispitivanjem trajnosti pomoćne membrane regulatora plina. Provedenim ispitivanjem ustanovljeno je razdoblje nakon kojeg pomoćna membrana gubi svoja početna svojstva. Kao referentni primjerak za praćenje svojstava membrana uzeta je nova, neugrađena membrana. Provedenim ispitivanjem rastezne žilavosti ispitnih tijela načinjenih iz pomoćnih membrana došlo se do zaključka da je preporučljivo provjeriti kvalitetu membrana svakih 8 godina.

Abstract

The paper deals with testing of gas regulator auxiliary membrane durability. In experimental investigation, the period after which auxiliary membrane loses its initial properties was identified. A new, non-built membrane was taken as a referent for monitoring the properties of membranes. Testing of specimens' ductility led to the conclusion that it is advisable to check the quality of the membranes every 8 years.

Ključne riječi: regulator tlaka, trajnost membrane, rastezna žilavost

1. Uvod

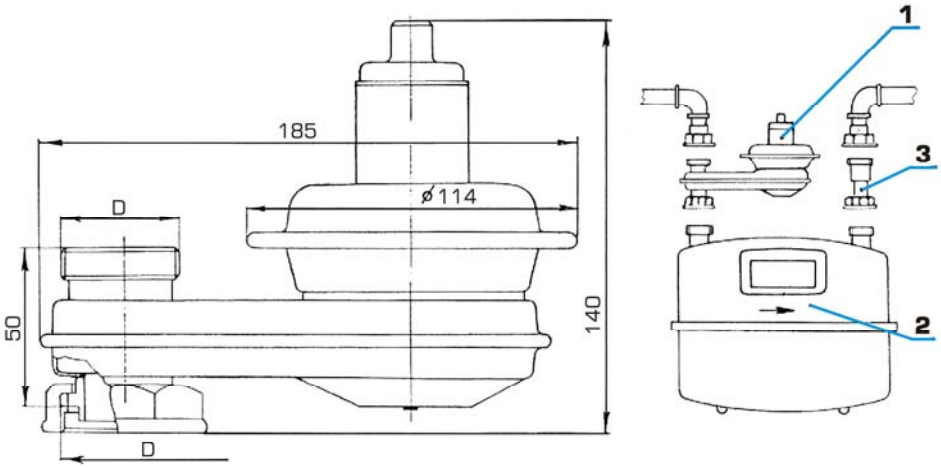
Regulator tlaka plina IKOM ZR 20 (slika 1.) radi na načelu promjenjivog prigušenja prolaza u ovisnost o tlaku kojim plin dolazi do regulatora. Namijenjen je za regulaciju tlaka plina niskotlačne plinske mreže na veličinu tlaka koja odgovara potrebi trošila plina [1-3]. Može se koristiti za regulaciju gradskog plina, zemnog plina (metana), tekućeg plina (propan-butana) ili bilo kojeg od tehničkih neagresivnih, gorivih plinova. Maksimalni ulazni tlak smije biti 100 mbar (1000 mm VS).

Proizvodi se također i regulator za maksimalni ulazni tlaka do 200 mbar (tada ima oznaku ZR 20 DS). Temperatura plina

koji se regulira, odnosno prostorije gdje se regulator ugrađuje, ne smije biti niža od -30 °C niti viša od +40 °C. Ugrađuje se na ulaznoj strani plinomjera, ali tako da je tok plina kroz regulator u smjeru strelice na regulatoru. Po svom kapacitetu zadovoljava uvjet da se može ugrađivati s plinomjerom G4 i G6.

Slika 1. Regulator tlaka plina IKOM ZR 20

Shema montaže regulatora tlaka na plinsku instalaciju vidljiva je na slici 2.



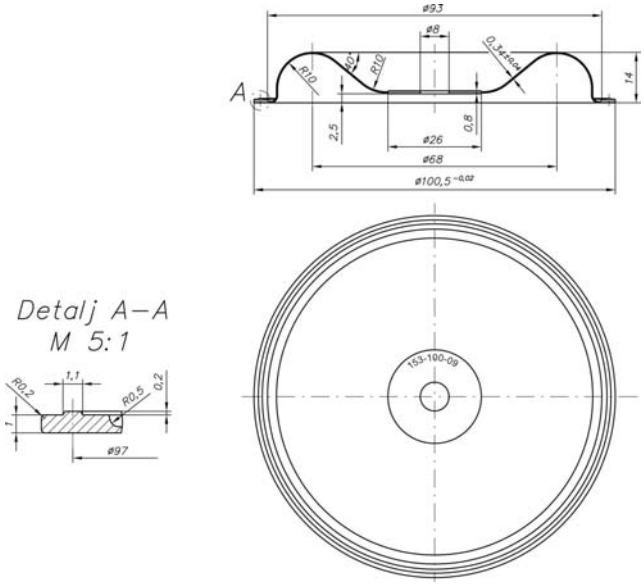
Slika 2. Shema montaže regulatora na plinsku mrežu: 1 – regulator tlaka plina, 2 – plinomjer, 3 – odstojna spojnica

Membrane su načinjene prema normi DIN EN549 – Membrana B2/H3 na osnovi NBR kaučuka [4,5] proizvođača Savatech d.o.o. Kranj. Radni dio regulatora sastoji se od dvije membrane: osnovne i pomoćne (slika 3.).

Slika 3. Membrane regulatora tlaka: lijevo - pomoćna membrana, desno - osnovna membrana

2. Provedba ispitivanja

Predmet provedenog ispitivanja bio je određivanje trajnosti pomoćne membrane. Crtež pomoćne membrane 153-100-09 prikazan je slikom 4.



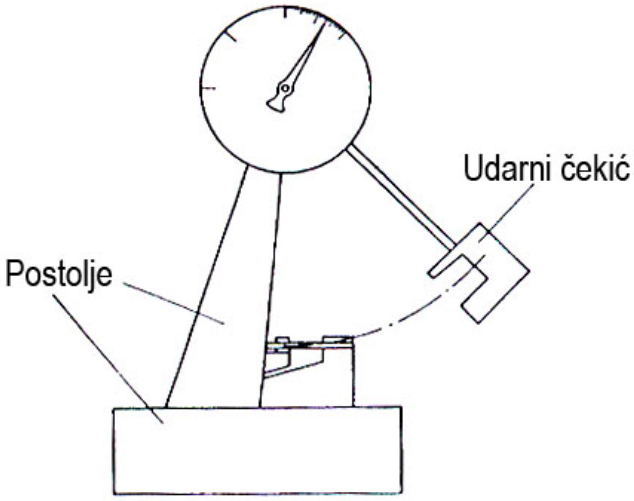
Slika 4. Pomoćna membrana 153-100-09

Zadatak provedenog ispitivanja bio je utvrditi razdoblje nakon kojeg pomoćna membrana gubi svoja početna svojstva.

Za provedbu ispitivanja pribavljene su pomoćne membrane različitih starosti, koje su izvađene iz regulatora nakon N godina provedenih u funkciji reguliranja tlaka plina. Najstariji primjerak membrane je iz 1977. godine. Kao referenti primjerak, pri praćenju promatranih svojstava membrana uzeta je nova, još neugrađena membrana. Na slici 5. prikazani su primjerci membrana iz različitih godina proizvodnje.

Slika 5. Primjerci membrana različitih godina proizvodnje

Zbog svojstava materijala membrane (visoka elastičnost) i debljine stijenke membrane (vrlo tanka stijenka), nije bilo moguće mjeriti tvrdoću membrane ili odrediti savojnu žilavost. Stoga je za ispitivanje mehaničkih svojstava membrane (praćenje pada mehaničkih svojstava) izabrana metoda ispitivanje rastezne žilavosti prema DIN 53448 [4].



Slika 6. Shematski prikaz uređaja za ispitivanje žilavosti prema DIN 53448

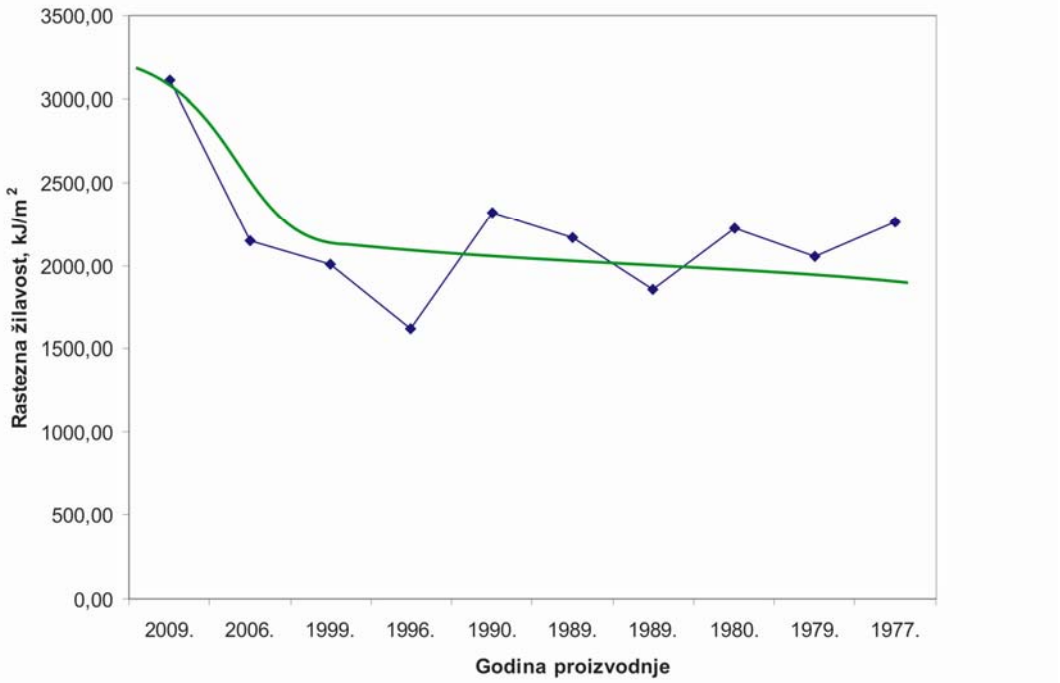
3. Rezultati ispitivanja

Nakon izrade ispitnih tijela iz dostavljenih uzoraka pomoćnih membrana, koja su izvađena iz radnog tijela membrane, te provedenih ispitivanja dobiveni su sljedeći rezultati prikazani u tablici 1.

Tablica 1. Rezultati ispitivanja rastezne žilavosti ispitnih tijela (prema DIN 53448

Godina proizvodnje	***Rastezna žilavost, kJ/m^2***
2009.	3114,75
2006.	2146,34
1999.	2002,33
1996.	1620,86
1990.	2313,71
1989.	2170,83
1989.	1856,19
1980.	2226,99
1979.	2057,07
1977.	2263,74

Rezultate iz tablice 1 moguće je grafički prikazati slikom 7.



Slika 7. Ovisnost vrijednosti rastezne žilavosti membrana o godini proizvodnje (pomoćne membrane)

4. Zaključak

Na temelju provedenih ispitivanja rastezne žilavosti ispitnih tijela, načinjenih iz pomoćnih membrana, moguće je zaključiti kako promatrano svojstvo membrane ima najveći pad u prvih 8 do 10 godina korištenja. Za pouzdaniju ocjenu trajnosti nužno je ispitati i modelirati viskoelastična svojstva gumenih membrana [6-8] što će biti učinjeno u narednim istraživanjima.

Odstupanja koja su vidljiva na slici 7., posljedica su činjenice da se pri ispitivanju raspolagalo s vrlo malim brojem primjeraka za ispitivanje, pa u pojedinim slučajevima nije bilo moguće prikazati prosjek dobivenih vrijednosti već samo pojedinačnu vrijednost. Unatoč tome, trend pada rastezne žilavosti sa starošću membrane je očit (zelena linija na slici 7.).

5. Literatura

[1] Tonković, Zlatko; Raos, Pero; Stojšić, Josip. Application of anaerobic thread sealants in natural gas pipelines // Tehnički vjesnik. 16(2009), 1; 11-14. (ISSN 1330-3651)

[2] Tonković, Z.; Zekić-Sušac, M.; Somolanji, M. (2009). Predicting Natural Gas Consumption by Neural Networks // *Tehnički vjesnik*, 16, 3(2009), 51-61. (ISSN: 1330-3651)

[3] Raos, Pero; Šercer, Mladen; Tonković, Zlatko. Life prediction of damaged polyethylene gas-pipes // *Proceedings of 24th Annual Meeting PPS-24* / Titomanlio, G. (ur.). (ISBN 88-7897-025-5). Salerno : The Polymer Processing Society, 15.06.-19.06.2008., S08-427/1-3.

[4] Raos, Pero; Šercer, Mladen. Teorijske osnove proizvodnje polimernih tvorevina. Slavonski Brod : Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2010. (u tisku)

[5] Šercer, Mladen; Raos, Pero; Barić, Gordana; Godec, Damir. Napredni postupci proizvodnje polimernih tvorevina // Bilten Razreda za tehničke znanosti HAZU. 10(2009), 2; 33-57. (ISSN 1331-6818)

[6] Raos, Pero. Modelling of Elastic Behaviour of Rubber and Its Application in FEA // *Plastics Rubber and Composites, Processing & Application*. 19 (1993), 5; 293-303. (ISSN 0959-8111)

[7] Raos, Pero; Zhu, Y.Y.; Cescotto, S. Large Strain Analysis of Rubber-like Materials by FEM // *Kautschuk Gummi Kunstoffe*. 47 (1994), 1; 39-44. (ISSN 0948-3276)

[8] Raos, Pero. Mogućnosti opisa viskoelastičnog ponašanja plastomera // *13. dani DP*. Zagreb: Društvo plastičara i gumaraca, 26.-29.09.1995., s.119-122.

Zahvala

Rad predstavlja dio istraživanja na projektima ***Povišenje učinkovitosti razvoja i preradbe polimernih proizvoda*** *i* ***Napredni postupci izravne izradbe polimernih proizvoda*** *u okviru zajedničkog programa* ***Od ideje do gotovog proizvoda*** *koji su financirani od strane Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske. Autori zahvaljuju Ministarstvu na financijskoj potpori.*

Eksergijska efikasnost procesa potpunog izgaranja zasićenih ugljikovodika

Exergetic efficiency of the complete combustion process of some of the hydrocarbons

A. Galović[1,*], Z. Virag[1] , M. Živić[2], M. Holik[2]

[1] Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, I.Lučića5, HR-10000 Zagreb, Hrvatska
[2] Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Trg I. B. Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska

[*] Autor za korespodenciju. E-mail: antun.galovic@fsb.hr

Sažetak

U radu se kvantificira eksergijsku destrukcija, odnosno analizira se eksergijska efikasnost adijabatskog procesa izgaranja sljedećih, iz skupine zasićenih parafinskih ugljikovodika: metana, propana, butana i oktana. Analiza je pokazala da sam kemijski proces izgaranja pripada skupini izrazito ireverzibilnih procesa, te II. glavni stavak sugerira da je pretvaranje kemijske energije u mehanički rad preko procesa izgaranja izrazito termodinamički nepovoljno, budući da i u najpovoljnijem slučaju sam kemijski proces izgaranja degradira 30% primarne energije.

Ključne riječi: eksergijska destrukcija**,** eksergijska efikasnost, zasićeni ugljikovodici

Abstract

In this paper exergy destruction is quantified, i.e. exergetic efficiency of the adiabatic combustion process of the following, from the group of paraffin hydrocarbons: methane, propane, butane and octane is analyzed. The analysis shows that combustion process belongs to the group of extremely irreversible processes and the second law of thermodynamics suggests that the conversion of chemical energy into mechanical work through the combustion process is distinctly thermodynamic inauspicious, because in the most auspicious case the combustion process degrades 30% of the primary energy.

Key words: exergy destruction**,** exergetic efficiency, hydrocarbons

1. Uvod

U okviru izlaganja na prethodnim skupovima o prirodnom plinu prikazani su procesi izgaranja prirodnog plina (metana) kao i ostalih parafinskih ugljikovodika s gledišta održanja dvaju zakona: zakona održanja mase i zakona održanja energije. Prezentirani radovi na tim skupovima objavljeni su i u stručnom časopisu EGE, [1-2]. No, termodinamička analiza procesa bez ispitivanja procesa izgaranja s aspekta drugog zakona termodinamike, nije cjelokupna, budući da procesi izgaranja spadaju u skupinu tipičnih nepovratnih (ireverzibilnih) procesa. U procesu izgaranja dolazi do spontane kemijske reakcije, tj. cijepanja molekula reaktanata i nastajanja molekula produkata uz oslobađanje toplinske energije. Svaka nepovratnost izravno je povezana s pozitivnim prirastom entropije izoliranog sustava, a prema teoremu Gouy –Stodole [3], taj je prirast entropije u izravnoj vezi s iznosom eksergijske destrukcije u promatranom nepovratnom procesu. U okviru ovog rada želi se na primjeru potpunog izgaranja zasićenih parafinskih ugljikovodika kvantificirati eksergijsku destrukciju izazvanu upravo nepovratnošću procesa izgaranja.

2. Matematički model eksergijske efikasnosti procesa potpunog izgaranja zasićenih ugljikovodika

Definiranje eksergijske efikasnosti tijekom procesa potpunog izgaranja

Izrazivši veličine po molu goriva te uzevši u obzir dogovor pozitivnog predznaka topline dovedene sustavu, entropijska bilanca za stacionarni otvoreni sustav s kemijskom reakcijom može se napisati

$$\dot{S}_{\text{gen}} = \dot{S}_{\text{prod}} - \dot{S}_{\text{reakt}} + \sum_k \frac{\Phi_k}{T_k} \quad , \tag{1}$$

gdje $\dot{S}_{\text{prod}}$, $\dot{S}_{\text{reakt}}$ predstavljaju entropiju produkata izgaranja (dimnih plinova) odnosno entropiju reaktanata, tj. entropiju goriva i zraka prije izgaranja. Veličine Φ_k i T_k predstavljaju toplinske tokove i (načelno) pripadajuće temperature toplinskih spremnika s kojima dimni plinovi tijekom procesa izgaranja izmjenjuju dotične toplinske tokove. Za bilo koji adijabatski proces (tj. za izoliranu komoru izgaranja, $\Sigma\Phi_k = 0$) jednadžba generirane entropije se svodi na sljedeći oblik:

$$\dot{S}_{\text{gen, adiabat}} = \dot{S}_{\text{prod}} - \dot{S}_{\text{reakt}} \geq 0 \ . \tag{2}$$

Za daljnja razmatranja jednadžbe (1) i (2) ćemo svesti na jedinicu količine, tj., podijelit ćemo ih s količinskim protokom goriva q_{ng}, pa dobivamo:

$$\overline{S}_{m,gen} = \overline{S}_{m,prod} - \overline{S}_{m,reakt} + \frac{\overline{Q}_{m,12}}{T_{ok}} \quad . \tag{3}$$

U gornju je jednadžbu uvedena činjenica da dimni plinovi tijekom procesa izgaranja izmjenjuju toplinski tok kroz stijenke komore za izgaranje samo s jednim toplinskim spremnikom i to okolišem temperature $T_{ok.}$

Kako pokazuju jednadžbe (2) i (3) određivanje generirane entropije vezano za kemijsku reakciju, uključuje entropijske iznose reaktanata i produkata, a ne njihove promjene, kao što je to slučaj kod kemijski nereagirajućih sustava. Stoga smo u ovakvim slučajevima suočeni s problemom pronalaženja zajedničke osnovice za entropije svih tvari. Za takve slučajeve moramo koristiti Treći zakon termodinamike (Nernstov stavak) čija formulacija glasi da je entropija čiste kristalinične tvari pri $T = 0$ K jednaka nuli, pa treći zakon termodinamike daje apsolutnu osnovu za entropijske vrijednosti svih tvari. Entropijske vrijednosti u odnosu na tu bazu se nazivaju apsolutne entropije. Uobičajeno je da se molarne vrijednosti tih entropija označavaju sa $\overline{S}_m^o$ i mogu se naći kao tablične vrijednosti u primjerice [4], pa se u toj literaturi mogu za različite plinove kao što su N_2, O_2, CO, CO_2, H_2, H_2O, OH i O i predstavljaju apsolutne vrijednosti entropija za zadanu temperaturu pri tlaku $p = 1{,}0132$ bar.

Jednadžba (3) je općenita jednadžba za promjenu entropije sustava u kojemu se odigrava kemijska reakcija. Ona zahtijeva određivanje entropije svake pojedinačne komponente reaktanata i produkata, a što općenito nije tako lagano učiniti. Proračun entropije se ponešto pojednostavnjuje ako se plinske komponente reaktanata i produkata aproksimiraju idealnim plinovima, a što ćemo i usvojiti tijekom daljnje analize. Pa ipak, proračun entropije i kod idealnih plinova nije nikada tako jednostavan kao proračun entalpije i unutrašnje energije, budući da je entropija idealnog plina funkcije dviju veličina, primjerice tlaka i temperature idealnog plina, [5].

Kada razvijamo entropiju pojedine komponente u mješavini idealnih plinova, mogli bismo uzeti temperaturu i parcijalni tlak komponente u mješavini. Naglasimo da je temperatura komponente jednaka temperaturi mješavine, dok je parcijalni tlak komponente jednak tlaku mješavine pomnoženim s molnim udjelom komponente.

Apsolutne vrijednosti entropije za tlakove koji su različiti od p_o = 1,01232 bar i temperaturu T može se odrediti iz promjene entropije idealnog plina napisanog za jedan imaginarni izotermni proces između stanja (T, p_o) i (T, p), pa je za i – tu komponentu apsolutni iznos entropije jednak

$$\overline{S}_{m,i}(T,p) = \overline{S}^{o}_{m,i}(T, p_o = 1{,}0132\text{bar}) - R_m \ln \frac{y_i p_m}{p_o}. \qquad (4)$$

Za daljnja razmatranja se uzima da je ukupni tlak dimnih plinova $p_m = p_o$ = 1,0132 bar, a što je u procesima izgaranja dosta čest slučaj, pa se tada gornja jednadžba transformira na oblik

$$\overline{S}_{m,i}(T,p) = \overline{S}^{o}_{m,i}(T, p_o = 1{,}0132\text{bar}) - R_m \ln y_i \quad \text{(kJ/(kmol·K))}. \qquad (5)$$

Sada se, korištenjem jednadžbe (5) može napisati izraz za entropiju produkata izgaranja (dimnih plinova) pri potpunom izgaranju goriva

$$\overline{S}_{m,prod} = n_{CO_2}\left[\overline{S}_{m,CO_2}(T,p_o) - R_m \ln y_{CO_2}\right] + n_{O_2}\left[\overline{S}_{m,O_2}(T,p_o) - R_m \ln y_{O_2}\right] +$$
$$n_{N_2}\left[\overline{S}_{m,N_2}(T,p_o) - R_m \ln y_{N_2}\right] + n_{H_2O,kaplj}\left[\overline{S}_{m,H_2O,kaplj}(T,p_o)\right] + n_{H_2O,pl}\left[\overline{S}_{m,H_2O,pl}(T,p_o) - R_m \ln y_{H_2O,pl}\right]. \qquad (6)$$

Vidi se da se u jednadžbi (6) pojavljuje entropija H_2O i to za njezina dva agregatna stanja, kapljevito i parovito. Za slučaj kada se u produktima izgaranja ne javlja vlaga u kapljevitom agregatnom stanju, a što će u našim daljnjim razmatranjima biti slučaj adijabatskog potpunog izgaranja u ložištu, tad je entropija produkata izgaranja jednaka

$$\overline{S}_{m,prod} = n_{CO_2}\left[\overline{S}_{m,CO_2}(T,p_o) - R_m \ln y_{CO_2}\right] + n_{O_2}\left[\overline{S}_{m,O_2}(T,p_o) - R_m \ln y_{O_2}\right] +$$
$$+ n_{N_2}\left[\overline{S}_{m,N_2}(T,p_o) - R_m \ln y_{N_2}\right] + n_{H_2O}\left[\overline{S}_{m,H_2O}(T,p_o) - R_m \ln y_{H_2O}\right] \qquad (7)$$

Entropija reaktanata se sastoji iz entropije goriva i entropije kisika i dušika koji čine sastav atmosferskog zraka, koji ulazi u komoru za izgaranje. Uzet ćemo slučaj da gorivo i atmosferski zrak potreban za izgaranje u komoru ulaze s referentnim stanjem p_o = 1,0132 bar i T_o = 298 K. U tom slučaju izraz za entropiju reaktanata, svedenu na 1 kilomol goriva, glasi

$$\begin{aligned}\overline{S}_{\mathrm{m,reakt}} &= \overline{S}_{\mathrm{m,G}} + n_{\mathrm{O_2,ul}}\left(\overline{S}_{\mathrm{m}}\left(298\mathrm{K};1{,}0123\mathrm{bar}\right) - R_{\mathrm{m}}\ln 0{,}21\right) + n_{\mathrm{n_2,ul}}\left(\overline{S}_{\mathrm{m}}\left(298\mathrm{K};1{,}0123\mathrm{bar}\right) - R_{\mathrm{m}}\ln 0{,}79\right)\\ &= \overline{S}_{\mathrm{m,G}} + n_{\mathrm{O_2,ul}}\left(205{,}04 - 8{,}314\ln 0{,}21\right) + n_{\mathrm{N_2,ul}}\left(191{,}61 - 8{,}314\ln 0{,}79\right)\\ &= \overline{S}_{\mathrm{m,G}} + 218{,}015\, n_{\mathrm{O_2,ul}} + 193{,}570\, n_{\mathrm{N_2,ul}}\end{aligned} \tag{8}$$

Za slučaj koji nam je zbog daljnjeg razvoja algoritma interesantan, da se dimni plinovi nakon potpunog izgaranja ohlade na referentnu temperaturu 298 K i tlak 1,0132 bar, entropijsku vrijednost reaktanata se dobije kada se za to referentno toplinsko stanje uvrste u jednadžbu (6) entropijske vrijednosti pojedinih sudionika uzetih iz [4]

$$\begin{aligned}\overline{S}_{\mathrm{m,prod}} = {} & n_{\mathrm{CO_2}}\left[213{,}80 - R_{\mathrm{m}}\ln y_{\mathrm{CO_2}}\right] + n_{\mathrm{O_2}}\left[205{,}04 - R_{\mathrm{m}}\ln y_{\mathrm{O_2}}\right] + n_{\mathrm{N_2}}\left[191{,}61 - R_{\mathrm{m}}\ln y_{\mathrm{N_2}}\right] +\\ & + 69{,}92\, n_{\mathrm{H_2O,kaplj}} + n_{\mathrm{H_2O,pl}}\left[188{,}83 - R_{\mathrm{m}}\ln y_{\mathrm{H_2O,pl}}\right]\end{aligned} \tag{9}$$

(Numeričke vrijednosti entropija kisika i dušika kao i ostalih sudionika uzete su iz [4].)

Ostalo je još za odrediti iznos topline $\overline{Q}_{\mathrm{m,12}}$, koja se javlja u jednadžbi (3). Jasno je da ona ovisi o tome s kojom temperaturom dimni plinovi izlaze iz komore za izgaranje. Za naša razmatranja glede eksergijske efikasnosti procesa izgaranja, interesantna su dva granična slučaja:

a) slučaj izgaranja u adijabatskoj komori, za koji je tada $\overline{Q}_{\mathrm{m,12}}$=0;

b) slučaj kada se nakon izgaranja dimni plinovi ohlade na istu temperaturu i tlak s kojim su gorivo i zrak ušli u ložište. Za slučaj b) molarna toplina $\overline{Q}_{\mathrm{m,12}}$ se dobije, postavivši I. zakon termodinamike za komoru izgaranja

$$\overline{Q}_{\mathrm{m,12}} = \sum_{r} n_{\mathrm{reakt}}\overline{H}_{\mathrm{m,reakt}} - \sum_{p} n_{\mathrm{prod}}\overline{H}_{\mathrm{m,prod}}\ . \tag{10}$$

U jednadžbi (9) veličine $\overline{H}_{\mathrm{m}}$ predstavljaju apsolutne iznose molarnih entalpija pojedinih sudionika reaktanata odnosno produkata izgaranja. Za pojedine elemente te se vrijednosti također mogu naći u [4]. Očitavanjem tih vrijednosti i njihovim uvrštavanjem u jednadžbu (9) dobiva se

$$\overline{Q}_{\mathrm{m,12}} = \overline{H}_{\mathrm{m,G}}\left(298\mathrm{K};1{,}0123\mathrm{bar}\right) + 393520\, n_{\mathrm{CO_2}} + 241820\, n_{\mathrm{H_2O,pl}} + 285830\, n_{\mathrm{H_2O,kaplj}}\ . \tag{11}$$

Vidi se da u jednadžbi (10) nedostaju elementi kao što su kisik i dušik. To je zbog toga što su to pri standardnom referentnom stanju 1,0132 bar i 25 °C tzv. stabilni elementi pa je njihova molarna entalpija, tzv. entalpija formiranja jednaka nuli. Vrijednosti molarne entalpije goriva, $\overline{H}_{\mathrm{m,G}}\left(298\mathrm{K};1{,}0132\,\mathrm{bar}\right)$, mogu se za pojedina goriva pronaći također u [4]. I za slučaj a) i za slučaj b), budući da se nije dobio nikakav rad, tijekom promatranih procesa izgaranja, znači da je eksergija izravno povezana s entropijskom generacijom, pa se za slučaj a) odnosno slučaj b) može pisati [6]:

$$\text{a)}\ Ex_{\mathrm{ad}} = T_{\mathrm{ok}}\overline{S}_{\mathrm{m,gen,adiabat}}\,, \tag{12}$$

$$\text{b)}\ Ex = T_{\mathrm{ok}}\overline{S}_{\mathrm{m,gen}}\,. \tag{13}$$

Eksergija pod a) ustvari predstavlja eksergijsku destrukciju tijekom procesa izgaranja, pa je tada eksergija dimnih plinova pri adijabatskoj temperaturi izgaranja i tlaku 1,0132 bar jednaka

$$Ex_{\mathrm{dp}}\left(T_{\mathrm{ad}};1{,}0132\mathrm{bar}\right) = Ex - Ex_{\mathrm{ad}} = T_{\mathrm{ok}}\left(\overline{S}_{\mathrm{m,gen}} - \overline{S}_{\mathrm{m,gen,adiabat}}\right), \tag{14}$$

odnosno eksergijska efikasnost je tada jednaka

$$\eta_{\mathrm{ex}} = \frac{Ex_{\mathrm{dp}}\left(T_{\mathrm{ad}};1{,}0132\,\mathrm{bar}\right)}{Ex\left(298\mathrm{K};1{,}0132\,\mathrm{bar}\right)} = 1 - \frac{\overline{S}_{\mathrm{m,gen,adiabat}}}{\overline{S}_{\mathrm{m,gen}}}\,. \tag{15}$$

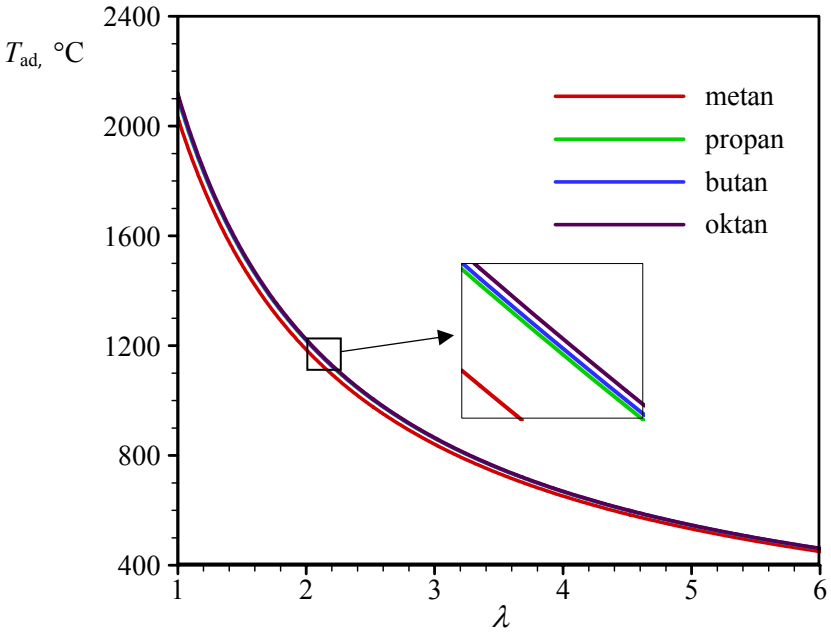
U radu su kvantificirane eksergijske efikasnosti procesa izgaranja zasićenih parafinskih ugljikovodika C_nH_{2n+2}. Vrijednosti molarnih entropija u jednadžbi(7), za prethodno izračunatu adijabatsku temperaturu izgaranja, dobivene su linearnom interpolacijom iz unesenih tabličnih vrijednosti entropija za pojedine plinove, koje su preuzete iz [4] za tlak 1,0132 bar i temperaturni interval od 0 do 3250 °C.

3. Dijagramski prikaz i interpretacija rezultata proračuna

U okviru rezultata proračuna prikazat će se adijabatske temperature izgaranja, eksergije reaktanata, eksergije produkata, i eksergijska, svedena na kilomol pojedinog zasićenog parafinskog ugljikovodika, efikasnost procesa izgaranja.

3.1. Adijabatska temperatura izgaranja

Dijagram na slici 1. prikazuje vrijednosti adijabatske temperature izgaranja, u ovisnosti o faktoru pretička zraka, pri potpunom izgaranju zasićenih ugljikovodika: metana, propana, butana i oktana.



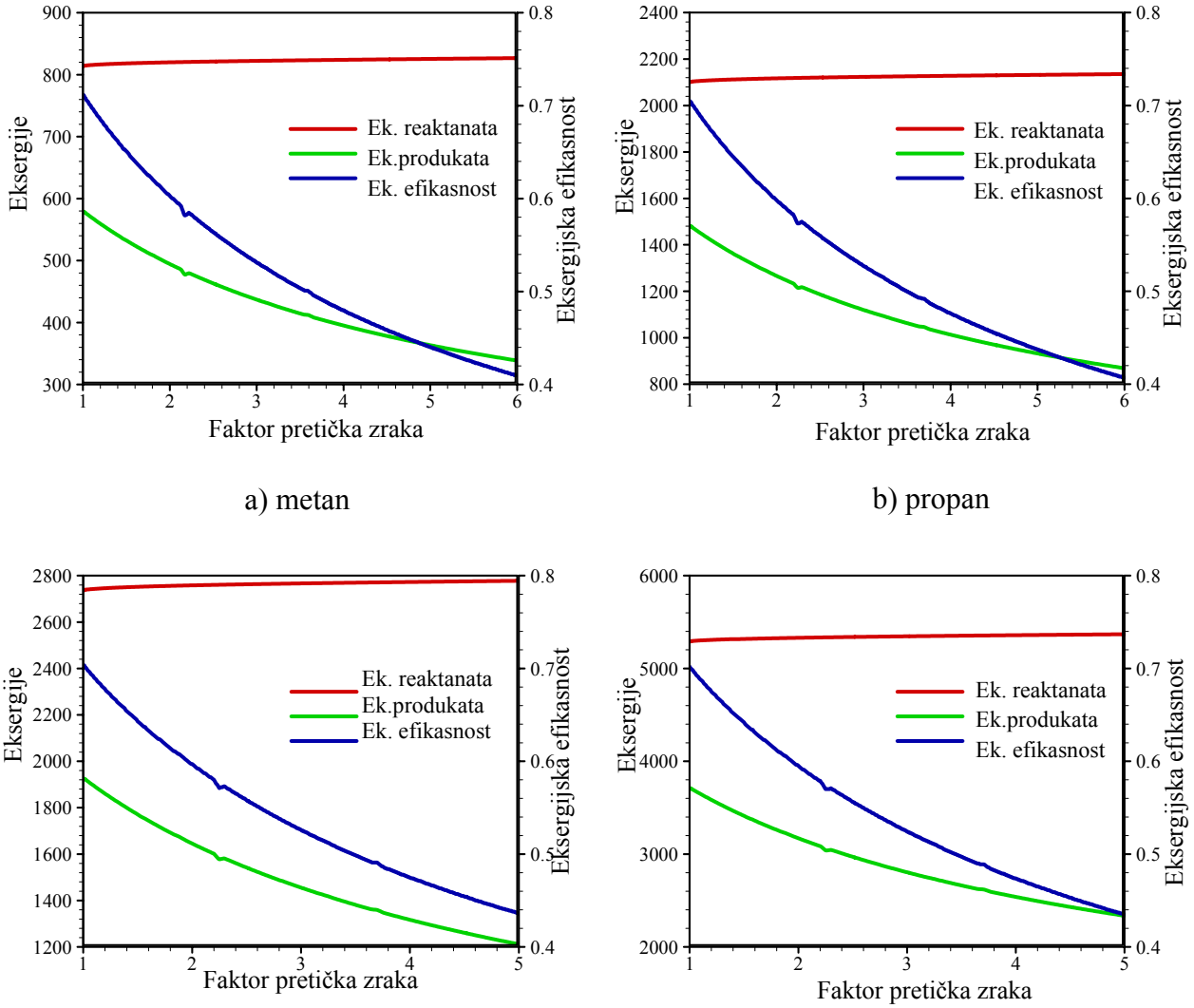
Slika 1. Adijabatska temperatura izgaranja T_{ad} u ovisnosti o faktoru pretička zraka λ pri potpunom izgaranju metana, propana, butana i oktana

Iz dijagrama se vidi da adijabatska temperatura izgaranja kontinuirano opada s povećavanjem faktora pretička zraka λ i to, npr. za metan, od maksimalne vrijednosti 2032,2 ^{o}C za λ =1,0 do 450,4 ^{o}C za λ =6,0. To je i fizikalno opravdano, budući da s povećavanjem λ raste količina dimnih plinova, a donja ogrjevna vrijednost goriva ne ovisi o λ.

3.2 Eksergijska efikasnost pri potpunom izgaranju parafinskih zasićenih ugljikovodika

Dijagrami na slici 2 prikazuju eksergiju reaktanata (goriva i zraka) pri tlaku 1,0123 bar i temperaturi 25 ^{o}C kao i eksergiju produkata (dimnih plinova) pri tlaku 1,0123 bar i adijabatskoj temperaturi izgaranja u ovisnosti o faktoru pretička zraka λ, (lijeva ordinatna os) pri potpunom izgaranju parafinskih ugljikovodika. Te su eksergijske vrijednosti izražene u MJ po kilomolu goriva. Na

desnoj ordinatnoj osi je prikazana eksergijska efikasnost procesa izgaranja, također u ovisnosti o faktoru pretička zraka λ.



a) metan

b) propan

c)butan

d) oktan

Slika 2. Eksergija reaktanata, eksergija produkata i eksergijska efikasnost u ovisnosti o faktoru pretička zraka λ, pri potpunom izgaranju: metana, propana, butana i oktana

Provedena analiza nad četiri odabrana parafinska ugljikovodika je pokazala da kemijski proces izgaranja pripada u skupinu izrazito nepovratnih (ireverzibilnih) procesa. To znači da iako se pri adijabatskom izgaranju dobiju poglavito za λ = 1,0 izrazito visoke temperature dimnih plinova, njihova eksergija je izrazito manja od ukupne eksergije reaktanata (goriva i zraka prije izgaranja). Rezultati proračuna su pokazali da se eksergijska efikasnost smanjivala, s povećavanjem faktora pretička zraka λ, praktički za sve analizirane parafinske ugljikovodike i to od vrijednosti 0,7 do 0,4.

Vrijednost 0,7 se odnosila za λ =1,0 i ta je vrijednost praktički ista za sva goriva. To znači da je promatranim slučajevima došlo do eksergijske destrukcije reaktanata od 30 % do 60%.

S druge pak strane najniža vrijednost eksergijske efikasnosti se povećavala s povećavanjem broja atoma ugljika, a time i atoma vodika u parafinskim ugljikovodicima i to od vrijednosti 0,41 za metan do vrijednosti 0,446 za oktan. No, važno je pri tome naglasiti da se te vrijednosti odnose za različite maksimalne faktore pretička zraka, a to su one vrijednosti kod kojih je sva vlaga u parovitom obliku pri odabranoj temperaturi 25 ^{o}C i ukupnom tlaku produkata izgaranja 1,01325 bar. Rezultati analize su pokazali da vrijednost tog λ_{max} opada s povećavanjem broja atoma ugljika u parafinskom ugljikovodiku. U ispitivanim slučajevima λ_{max} = 6,6 za metan odnosno λ_{max} = 4,76 za oktan.

Nadalje se pokazalo da eksergija se reaktanata, za odabrano gorivo, praktički beznačajno povećava s povećanjem λ, ali se bitno povećava s povećavanjem broja atoma ugljika u parafinskom ugljikovodiku, pa je eksergija reaktanata pri izgaranju metana približno 820 MJ/kmol dok ta vrijednost za oktan iznosi približno 5330 MJ/kmol. Nasuprot tome eksergija produkata izgaranja signifikantno opada, a time i eksergijska efikasnost, s povećavanjem faktora pretička zraka λ, a što je kvantitativno vidljivo iz dijagramskih prikaza na slici 2.

4. Zaključak

Iz provedene analize korištenjem II. zakona termodinamike se pokazalo da iako su se dobile visoke temperature pri procesima izgaranja, poglavito za λ =1,0, koje su inače prisutne kod motora s unutrašnjim izgaranjem, pri takvom kemijskom procesu dolazi do izrazite eksergijske destrukcije. Stoga II. glavni stavak sugerira da bi trebao postojati manje ireverzibilan način za pretvaranje kemijske energije u mehanički rad. Naime, pri kemijskoj reakciji u analiziranim procesima izgaranja, ireverzibilnost je posljedica nekontrolirane izmjene elektrona između reagirajućih komponenata, pa se kontroliranu izmjenu elektrona može provesti zamjenom komore za izgaranje elektrolitičkim ćelijama, a što u primjenu uvodi gorive ćelije, za izravnu pretvorbu kemijske u električnu energiju.

5. Literatura

Na primjer:

[1] Galović A, Živić M.: "Analiza procesa izgaranja prirodnog plina uzorka 'Osijek' " EGE 4, 2008, str.85 – 88.

[2] Galović A., Virag Z., Živić M.: "Analiza adijabatske temperature izgaranja, količine dimnih plinova i rosišta pri potpunom izgaranju parafinskih ugljikovodika", EGE 4, 2009, str. 103 – 107.

[3] Gouy M: "Sur l'energie", J. Phys. 8: 501, 1889.

[4] Thermomechanical Tables, "Values of Chemical Properties", NBS Technical Note 270 -3, 1968, and Research Project 44, Carnegie Press, 1953.

[5] Galović A.: "Termodinamika I", IV. izdanje, Udžbenici sveučilišta u Zagrebu, FSB Zagreb, 2008.

[6] Bejan A.: "Entropy Generation Minimization", CRC Press, Boca Raton, 1996.

Utjecaj vremena zavarivanja i temperature okoline na svojstva elektrofuzijskog cijevnog zavara
Influence of welding time and environment temperature on electrofusion pipe weld properties

Z. Tonković[1,*], P. Raos[2], M. Somolanji[1]

[1]HEP-Plin d.o.o., C. Hadrijana 7, HR-31000 Osijek, Hrvatska
[2]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Trg I. B. Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska

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

Sažetak

Rad se bavi ispitivanjem utjecaja vremena zavarivanja i temperature okoline na svojstva elektro fuzijskog cijevnog zavara. Za planiranje pokusa je odabran centralno kompozitni plan pokusa s dva faktora u prethodno odabranim granicama. Rezultati dobiveni mjerenjem unutarnjeg tlaka tlačenjem vodom statistički su obrađeni, te je dobivena odzivna površina i jednadžba koja opisuje model ovisnosti unutarnjeg tlaka, pri kojem dolazi do popuštanja zavarenog spoja, o temperaturi okoline i vremenu zavarivanja.

Abstract

The paper deals with testing the influence of welding time and environment temperature on electro fusion pipe weld properties. Central composite design experiment with two factors in the pre-selected limits was chosen for planning the experiment. Results obtained by measuring the internal pressure were statistically analyzed. Analysis gave the response surface and the equation that describes the model dependence of internal pressure on the ambient temperature and welding time.

Ključne riječi: polietilenske cijevi, elektrofuzijsko zavarivanje, vrijeme zavarivanja, unutarnji tlak, temperatura okoline.

1. Uvod

Polimerni proizvodi značajno i sve više sudjeluju u ukupnoj industrijskoj proizvodnji. Postoji velik broj različitih vrsta i tipova polimernih materijala, a sve se veći broj upotrebljava u strojarstvu i

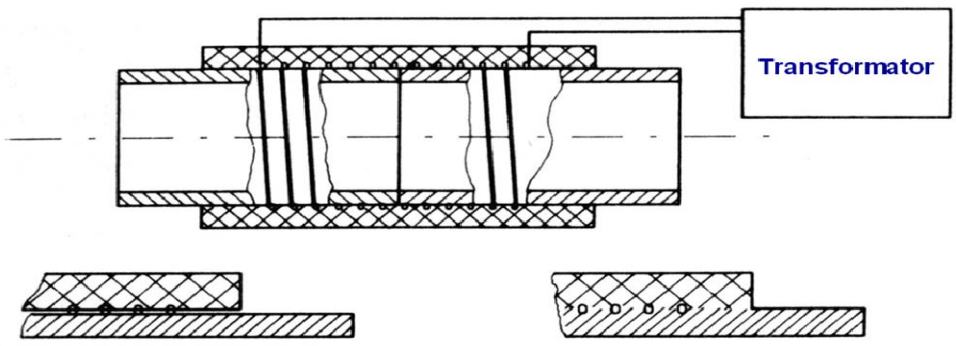
tehnici općenito. Polietilen je najjednostavniji polimer iz skupine poliolefina, te je danas jedan od najznačajnijih komercijalnih polimera. Polietilen visoke gustoće je materijal koji zadovoljava svojim svojstvima zahtjeve koji se postavljaju prema proizvođačima plinskih cijevi. U cijevnim sustavima diljem svijeta koristi se već pedesetak godina, a njegova je primjena doživjela veliku ekspanziju u Hrvatskoj posebice u posljednjih 5 do 10 godina [1]. Cjevovodni sustavi od polietilena visoke gustoće PE-HD, od kojih su neki već 40 godina u funkciji odlikuju se visokom pogonskom sigurnošću i izrazito niskim troškovima održavanja i popravka [1-4]. Brojne prednosti svrstavaju PE-HD među najbolje materijale za gradnju plinovodnih, vodovodnih i kanalizacijskih sustava [1-4]. Jedna od tih prednosti su postupci spajanja polietilenskih cijevi koji su puno jednostavniji i lakše se automatiziraju u odnosu na zavarivanje čeličnih cijevi [5-8].

2. Elektrofuzijsko zavarivanje cijevi

Zavarivanje polimera temelji se na lokalnom rastaljivanju materijala na mjestu spajanja i naknadnim skrućivanjem hlađenjem u nerastavljivi spoj.

Standardni postupci zavarivanja plastičnih cjevovoda su sučeono zavarivanje grijaćom pločom, elektrofuzijsko zavarivanje i termofuzijsko zavarivanje.

Elektrofuzijsko zavarivanje je postupak zavarivanja kod kojega se dva kraja PE cijevi spajaju pomoću standardnog spojnog elementa, uz djelovanje toplinske energije koju daje izvor struje za zavarivanje. Izvor struje priključuje se na električnu struju gradske mreže ili na agregat (u slučaju kada nije dostupna električna struja iz gradske mreže). U spojnom elementu nalaze se zavoji elektrootporne žice kroz koju protječe električna struja u određenom vremenu i koja se tijekom procesa zavarivanja zagrijava i daje toplinsku energiju potrebnu za elektrofuzijsko zavarivanje (slika 1.).



Slika 1. Temeljni princip elektrofuzijskog zavarivanja cijevi [5]

Proces zavarivanja je potpuno automatiziran i vođen upravljačkom jedinicom u sklopu izvora struje za zavarivanje. Parametri zavarivanja su unaprijed programirani i odabiru se ovisno o karakteristikama spojnog elementa.

Grubom krpom u dužini dvostruko većoj od spojnog elementa potrebno je očistiti cijev od raznih nečistoća kao što su blato i prašina, te se prikladnim alatom skida oksidni sloj sa cijevi u dubini od minimalno 0,2 mm. Nakon odvajanja oksidnog sloja treba odmastiti mjesto zavarivanja. Odmastiti treba sva mjesta spajanja što uključuje i spojne elemente.

Očišćene krajeve cijevi treba sve do graničnika ugurati u spojnicu. Spojni element i cijev se nakon toga moraju učvrstiti. Nakon što je izvršena odgovarajuća priprema spojni element se priključuje na stroj za elektrofuzijsko zavarivanje (kontrolnu jedinicu).

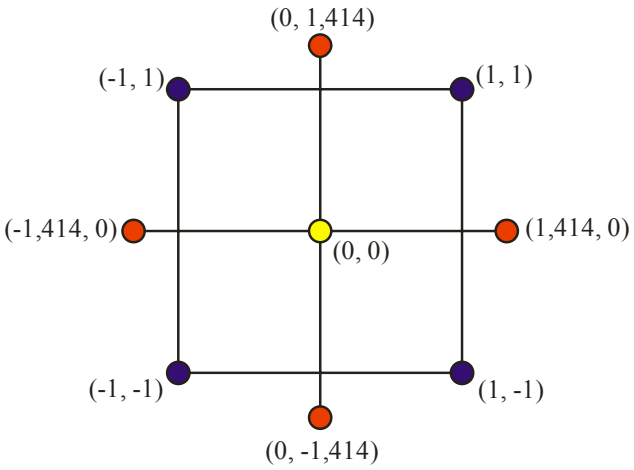
Kontrolna jedinica samostalno vodi i regulira proces zavarivanja. Mjereći vanjsku temperaturu i vrijednost struje napajanja određuje vrijeme potrebno za zavarivanje spojnog elementa kao i potrebno vrijeme hlađenja zavarenog spoja. Ukoliko dođe do bilo kakvog poremećaja (prekida kontakta sa spojnim elementom, pada ili porasta napona odnosno frekvencije struje te vanjske temperature izvan dozvoljenog područja) kontrolna jedinica automatski prekida proces zavarivanja i ispisuje odgovarajući broj greške. Sva događanja u procesu zavarivanja pohranjuju se na dva mjesta, na unutarnju i tzv. vanjsku memoriju. Ispis pohranjenih podataka vrši se jednostavnim priključenjem kontrolne jedinice na štampač ili na osobno računalo [7]. Postupak elektrofuzijskog zavarivanja PE cijevi uz primjenu spojnih elemenata je tehnologičan (ekonomičan, pouzdan, …) postupak spajanja koji se odvija automatski uz primjenu suvremene opreme za zavarivanje, te u odnosu na ostale postupke zavarivanja ima puno više prednosti nego nedostataka.

3. Planiranje pokusa

Za planiranje pokusa je odabran centralno kompozitni plan pokusa s dva faktora (slika 2.), koji omogućuje modeliranje polinomom II. stupnja, te je stoga moguće dobiti prikaz odzivne površine koja se istražuje u odabranim granicama [9].

Centralno kompozitni plan pokusa pripada u skupinu planova pokusa višeg reda, tzv. metoda odzivne površine (*e. response surface methodology*). Metoda odzivne površine obuhvaća skup statističkih i matematičkih metoda koje se primjenjuju za razvoj, poboljšanje i optimiranje procesa. Mjerljiva veličina kvalitete proizvoda ili procesa naziva se odziv.

Svrha plana pokusa je generiranje matematičkog modela, odnosno jednadžbe (polinoma II. stupnja) koja opisuje proces.



Slika 2. Centralno kompozitni plan pokusa s dva faktora [9]

Ako su proučavani faktori u pokusu doista oni koji utječu na proces, a podatci dobiveni pokusom prihvatljive točnosti i preciznosti, tada je moguće razviti model koji vjerodostojno opisuje proces. Centralno kompozitni plan pokusa je model I. reda (2^k) proširen dodatnim točkama (stanjima pokusa) u centru i točkama u osima da bi se omogućila procjena parametara modela II. reda. Poželjna karakteristika svakoga pokusa je međusobna nezavisnost procjena glavnih efekata i njihovih interakcija, što se postiže ortogonalnošću i rotatabilnošću pokusa. Pokus je ortogonalan ako je zbroj produkata kodiranih stanja bilo kojih dviju kolona u matrici pokusa jednak nuli. Rotatibilnost centralno kompozitnog plana pokusa postiže se dodavanjem stanja pokusa tako da su sva stanja jednako udaljena od središta pokusa, odnosno rotatabilnost ovisi o tzv. osnoj udaljenosti α (udaljenosti stanja u osima od centra). Pokus je rotatibilan ako je:

$$\alpha = \sqrt[4]{F} \tag{1}$$

gdje je F broj faktorskih stanja ($F=2^k$ u slučaju potpunoga faktorskog pokusa). Prema (1), u slučaju dva faktora $\alpha = 2^{2/4} = 1{,}414$

Dodatna stanja u središtu pokusa služe da bi se mogle usporediti vrijednosti mjerenja zavisne varijable u središtu pokusa s aritmetičkom sredinom za ostatak pokusa. Ako je aritmetička sredina središta pokusa signifikantno različita od ukupne aritmetičke sredine svih ostalih stanja pokusa, tada se može zaključiti da veza između faktora pokusa i zavisne varijable nije linearna.

4. Ispitna tijela i oprema

Za provođenje pokusa pripremljena su ispitna tijela izrađena od PE-HD cijevi *DN* 63, koja su dobro očišćena, a zatim je prikladnim alatom skinut oksidni sloj, te je pričvršćena spojnica. Na taj su način pripremljena sva ispitna tijela za postupak elektrofuzijskog zavarivanja (slika 3.). Svi pokusi zavarivanja provedeni su s pomoću stroja za elektrofuzijsko zavarivanje *Georg Fischer MSA 3000*.

Slika 3. Ispitna tijela pripremljena za elektrofuzijsko zavarivanje

Pripremljena ispitna tijela zavarena su sukladno uvjetima svakog pojedinog stanja iz plana pokusa na način kako je to predočeno slikom 4.

Slika 4. Elektrofuzijsko zavarivanje ispitnih tijela

Nakon provedbe elektrofuzijskog zavarivanja prema svim stanjima iz prethodno pripremljenog plana pokusa, sva su ispitna tijela podvrgnuta kontinuiranom povećanju unutarnjeg tlaka tlačenjem vodom (slika 5.).

Slika 5. Tlačenje vodom zavarenih ispitnih tijela

5. Provedba pokusa

U eksperimentalnom dijelu rada ispitalo se djelovanje temperature okoline i vremena zavarivanja na kvalitetu zavarenog spoja. Odabran je centralno kompozitni plan pokusa, koji omogućuje modeliranje polinomom II. stupnja, te je stoga moguće dobiti prikaz odzivne površine koja se istražuje u odabranim granicama. Izvođenjem predpokusa za glavni su pokus izabrana dva faktora i određene njihove granice.

x_1 - temperatura okoline ϑ, °C

x_2 - vrijeme zavarivanja t, s

Razine faktora (tablica 1) određene su prema matrici stanja pokusa za centralno kompozitni plan pokus s dva faktora.

Tablica 1. Faktori i njihove razine

Razine	x_1 Temperatura okoline ϑ, °C	x_2 Vrijeme zavarivanja t, s
-1,414	-10	33,1
-1	-4	42
0	10,5	63,5
1	25	85
1,414	31	93,9

Bilo je potrebno provesti 13 stanja pokusa (stanje u središtu ponavljalo se pet puta). Temperatura okoline podešavana je u rasponu -4 °C do 25 °C, dok su vrijednosti vremena zavarivanja bile u rasponu 42 s do 85 s. Pokus se izvodio statistički slučajno, a pomoću programskog paketa Statistica 8 generirana su stanja pokusa. Tablicom 2. Predočene su kodirane i stvarne vrijednosti svih stanja pokus te redoslijed njihove provedbe.

Tablica 2. Redoslijed izvođenja pokusa uz 5 stanja pokusa u centru

Stanje	Red. br. izvođenja	x_1 Temperatura okoline ϑ		x_2 Vrijeme zavarivanja t	
		Kodirana vrijednost	Stvarna vrijednost, °C	Kodirana vrijednost	Stvarna vrijednost, s
1	8	0	10,5	1,414	93,9
2	4	1	25,0	1	85,0
3	10 (C)	0	10,5	0	63,5
4	12 (C)	0	10,5	0	63,5
5	3	1	25,0	-1	42,0
6	7	0	10,5	-1,414	33,1
7	11 (C)	0	10,5	0	63,5
8	5	-1,414	-10,0	0	63,5
9	9 (C)	0	10,5	0	63,5
10	13 (C)	0	10,5	0	63,5
11	6	1,414	31,0	0	63,5
12	1	-1	-4,0	-1	42,0
13	2	-1	-4,0	1	85,0

6. Rasprava rezultata

U tablici 3. navedene su izmjerene vrijednosti unutarnjeg tlaka potrebnog da bi zavareni spoj u određenom stanju pokusa popustio.

Tablica 3. Rezultati pokusa uz odzivnu funkciju unutarnjeg tlaka

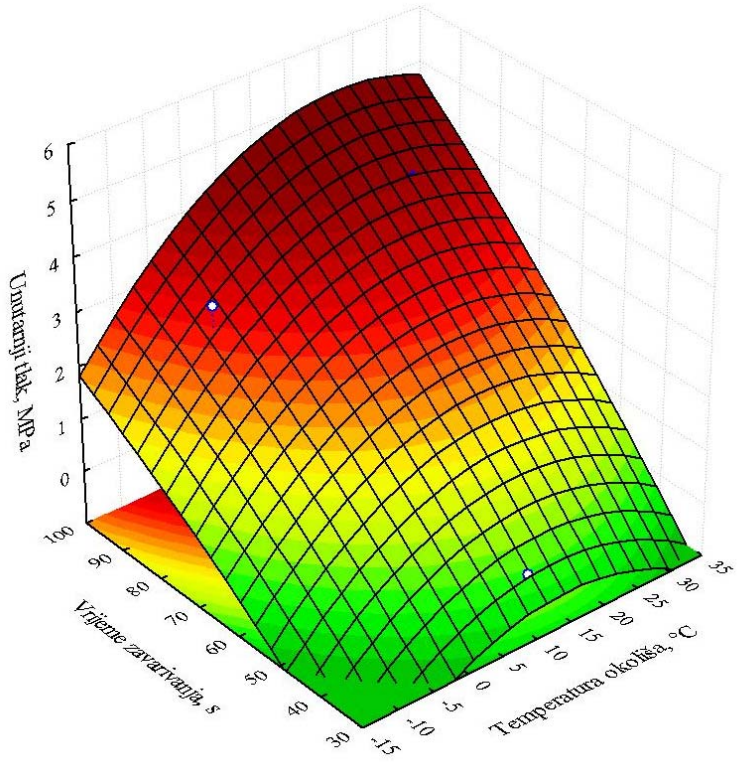
Stanje	x_1 Temperatura okoline ϑ, °C	x_2 Vrijeme zavarivanja t, s	y Unutarnji tlak p_u, MPa
1	10,5	93,9	4,00
2	25,0	85,0	4,00
3	10,5	63,5	2,60
4	10,5	63,5	2,50
5	25,0	42,0	0,10
6	10,5	33,1	0,01
7	10,5	63,5	2,00
8	-10,0	63,5	0,10
9	10,5	63,5	2,10
10	10,5	63,5	2,30
11	31,0	63,5	2,40
12	-4,0	42,0	0,01
13	-4,0	85,0	3,20

U tablici 4. prikazani su rezultati obradbe u programskom paketu Statistica 8 modulom ANOVA (analiza varijance).

Tablica 4. Rezultati analize varijance

	SS (suma kvadrata odstupanja)	df (stupnjevi slobode)	MS (srednji kvadrat odstupanja)	*F*	*p<0,05*
$\boldsymbol{x_1}$	2,14487	1	2,14487	11,5510	**0,011463**
$\boldsymbol{x_1^2}$	1,56930	1	1,56930	8,4513	**0,022754**
$\boldsymbol{x_2}$	20,26567	1	20,26567	109,1384	**0,000016**
x_2^2	0,06600	1	0,06600	0,3554	0,569814
$x_1 \times x_2$	0,12602	1	0,12602	0,6787	0,437202
Pogreška	1,29981	7	0,18569		
Ukupno SS	25,41463	12			

Analiza varijance je pokazala da na kvalitetu zavarenog spoja signifikantno utječu faktori x_1, x_1^2 i x_2 na razini značajnosti 0,05. Slika 6. prikazuje ovisnost unutarnjeg tlaka pri kojem zavareni spoj popušta o temperaturi okoline i vremenu zavarivanja.



Slika 6. Odzivna površina – ovisnost unutarnjeg tlaka o temperaturi okoline i vremenu zavarivanja

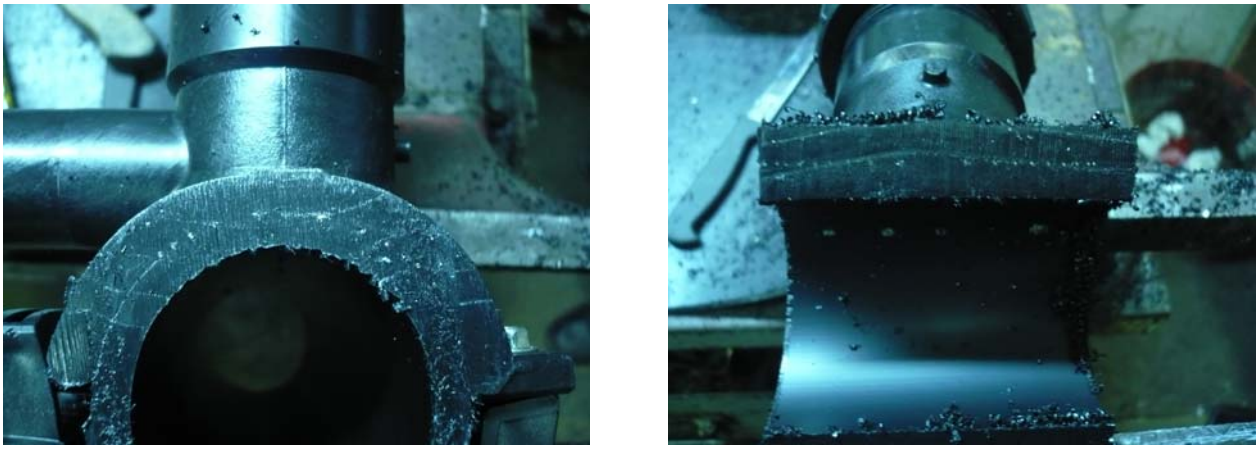
Iz slike 6., kao i rezultata predočenih u tablici 3. jasno je vidljivo da spoj zavaren pri bilo kojoj kombinaciji faktora temperature okoline, koja je viša od 10 °C, i vremena zavarivanja, većeg od 85 s, neće popustiti ni pri najvišem postignutom unutarnjem tlaku.
Model ovisnosti unutarnjeg tlaka pri kojem dolazi do popuštanja zavarenog spoja o temperaturi okoline i vremenu zavarivanja opisuje jednadžba (2).

$$y = -3{,}4957 + 0{,}0470 \cdot x_1 - 0{,}0023 \cdot x_1^2 + 0{,}0948 \cdot x_2 - 0{,}0002 \cdot x_2^2 + 0{,}0006 \cdot x_1 \cdot x_2 \qquad (2)$$

Slikom 7. prikazan je poprečni presjek loše zavarenog spoja (stanje pokusa broj 6), pri uvjetima temperature okoline 10,5 °C i vremena zavarivanja 33,1 s. Spoj je popustio pri unutarnjem tlaku 0,01 MPa (tablica 3.).

Slika 7. Poprečni presjek loše zavarenog spoja (stanje pokusa 6)

Poprečni i uzdužni presjek dobro zavarenog spoja, na kojemu se spojnica homogeno zavarila s osnovnim materijalom PE-HD cijevi, prikazani su slikama 8. a) i 8. b).



a **b**

Slika 8. Dobro zavareni spoj (stanje pokusa 1), a – poprečni presjek, b – uzdužni presjek

Spomenuti zavareni spoj je načinjen prema stanju pokusa broj 1, za koje temperatura okoline iznosi 10,5 °C, a vrijeme zavarivanja 93,9 s. Taj spoj zavaren uz navedene uvjete zavarivanja nije popustio niti pri maksimalnom postignutom tlaku vode 4 MPa (tablica 3.).

7. Zaključak

Osnovni preduvjet za postizanje dobro zavarenog spoja je voditi računa o vrijednostima faktora koji utječu na kvalitetu zavarenog spoja. Prema provedenom pokusu i statističkoj obradi rezultata, faktori koji utječu na kvalitetu zavarenog spoja su vrijeme zavarivanja i temperatura okoline, pri čemu veći utjecaj ima vrijeme zavarivanja. Povećanjem vrijednosti vremena zavarivanja pouzdanost zavarenog spoja se povećava. Na kvalitetu zavarenog spoja negativno utječe snižavanje temperature okoline ispod 10 °C, kao i smanjivanje vremena zavarivanja.

8. Literatura

[1] Tonković, Zlatko; Somolanji, Marija; Stojšić, Josip: Life Prediction of Damaged PE 80 Gas Pipes, *Tehnički Vjesnik* 16 (2009), 3; 33-37, ISSN 1330-3651

[2] Raos, Pero; Tonković, Zlatko; Somolanji, Marija: Failures while building gas pipelines, 4th International Gas Conference of South-East Europe, Institut za gasnu tehniku (IGT), Sarajevo, 11.-13.02.2009.

[3] Raos, Pero; Stojšić, Josip; Ravlić, Anto: Utvrđivanje oštećenja na polimernim plinovodnim cijevima i njihova sanacija, 6. Skup o prirodnom plinu, Osijek, 2008.

[4] Tonković, Zlatko; Raos, Pero; Stojšić, Josip: Application of anaerobic thread sealants in natural gas pipelines . *Tehnički vjesnik* 16(2009), 1; 11-14, ISSN 1330-3651

[5] Raos, Pero. Zavarivanje plastičnih cjevovoda, Seminar o naprednim tehnologijama, Hrvatska komora arhitekata i inženjera u graditeljstvu, Strojarski fakultet, Slavonski Brod, 22.2.2008.

[6] Raos, Pero; Stojšić, Josip; Somolanji, Marija: Welding of polyethylene gas pipes, 14th International Scientific Conference on Production Engineering (CIM2009). Croatian Association of Production Engineering, Biograd, 17.-20.06.2009. s. 181-186.

[7] Samardžić, Ivan; Raos, Pero; Đurđević, Pavo; Klarić, Štefanija; Blažević, Marko: Monitoring parametara elektrofuzijskog zavarivanja PE-HD cijevi, 4. Skup o prirodnom plinu, Osijek, 2006.

[8] Raos, Pero; Lucić, Mirjana; Lešina, Petar: Ispitivanje propusnosti zavarenih spojeva na polipropilenskim cijevima za toplu i hladnu vodu. *Tehnički vjesnik* 13(2006), 3-4; 39-44, ISSN 1330-3651

[9] CK Plan pokusa

Zahvala

Rad predstavlja dio istraživanja na projektu ***Napredni postupci izravne izradbe polimernih proizvoda*** *u okviru zajedničkog programa* ***Od ideje do gotovog proizvoda*** *koji su financirani od strane Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske. Autori zahvaljuju Ministarstvu na financijskoj potpori.*

Parametri elektrofuzijskog zavarivanja PE-HD cijevi

Parameters of fusion PE-HD pipes welding

I. Samardžić[1,*], Z. Kolumbić[1], A. Stoić[1], D. Šoštarić[2] , D. Bičvić[1]

[1] Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Trg I. B. Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska

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

[*] Autor za korespodenciju. E-mail: ivan.samardzic@unios.hr

Sažetak

U radu se daje prikaz glavnih parametara elektrofuzijskog zavarivanja PE-HD cijevi. Prikazana je promjena napona i jakosti struje u grijaćem tijelu tijekom trajanja ciklusa zavarivanja snimljena pomoću On-line monitoring sustava. Iako se parametre zavarivanja određuje pomoću programa pohranjenih u uređaj za elektrofuzijsko zavarivanje, prikaz parametara zavarivanja u realnom vremenu zavarivanja pruža kompletniju informaciju o procesu zavarivanja. Na taj se način može, između ostaloga ocjenjivati i stabilnost procesa zavarivanja u različitim uvjetima zavarivanja, te optimizirati proces zavarivanja.

Abstract

Paper shows overview of main welding parameters of fusion welding of PE-HD pipes. It was shown distribution of voltage and current in heating element during welding cycle, recorded by On-line monitoring system. Although welding parameters are determined by program stored in power source for fusion welding, distribution of welding parameters in real time during the welding offers more complete information about welding process. On this way is possible to evaluate stability of welding process sin different welding conditions beside others and to optimize welding process.

Ključne riječi: elektrofuzijsko zavarivanje, PE-HD cijevi, On-line monitoring, parametri zavarivanja

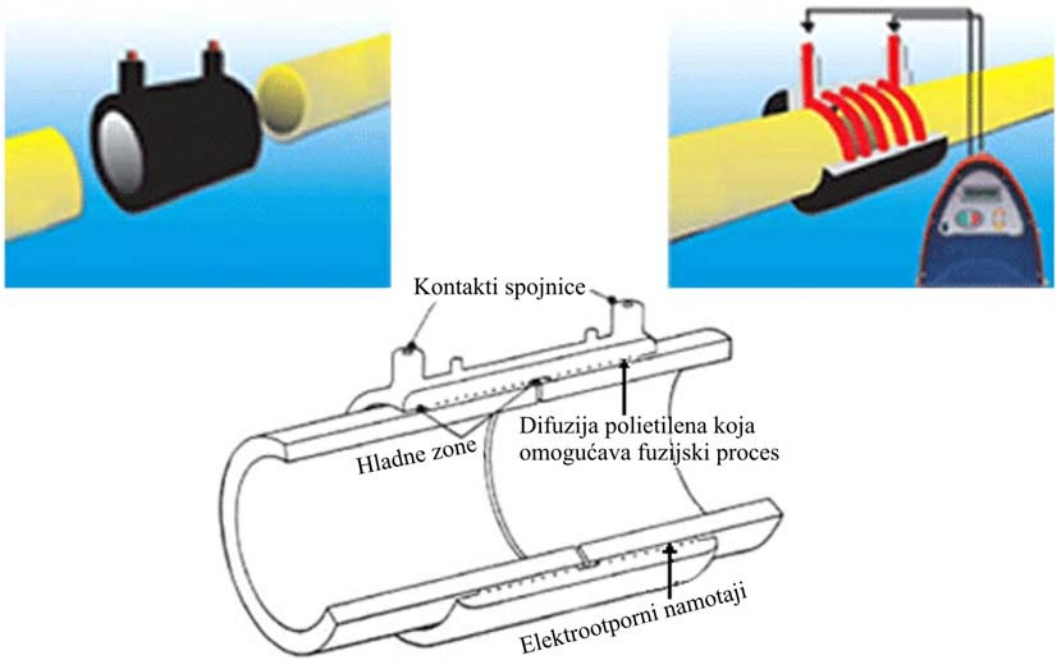
1. Uvod

Elektrofuzijsko zavarivanje PE cijevi vrlo je značajan postupak zavarivanja koji se odlikuje jednostavnošću ali i ekonomskom prihvatljivošću kada se zavaruju cijevi manjih promjera. Kod većih promjera cijevi koristi se postupak zavarivanja grijaćom pločom koji je detaljno obrazložen u

stručnoj literaturi. Glavni parametri elektrofuzijskog zavarivanja su napon i jakost struje kojima je izložena zavojnica elektrofuzijske spojnice tijekom trajanja zavarivanja i oni su unaprijed određeni od strane proizvođača opreme za zavarivanje i pohranjeni su u izvor struje za zavarivanje. Kod primjene opreme za zavarivanje na radnom mjestu, pomoću bar-code čitača se očitaju podaci sa elektrofuzijske spojnice, te se na osnovu toga automatski povuku odgovarajući parametri zavarivanja (napon i jakost struje, trajanje zavarivanja). Pri tome je temperatura okoline također jedan od ulaznih parametara. Želja je autora ovoga rada da pruži detaljniju informaciju o distribuciji napona i jakosti struje tijekom trajanja ciklusa zavarivanja, što nije moguće bez dodatno razvijenog sustava za mjerenje i akviziciju glavnih parametara zavarivanja, koji je korišten u sklopu ovog eksperimentalnog istraživanja.

2. Ukratko o elektrofuzijskom zavarivanju

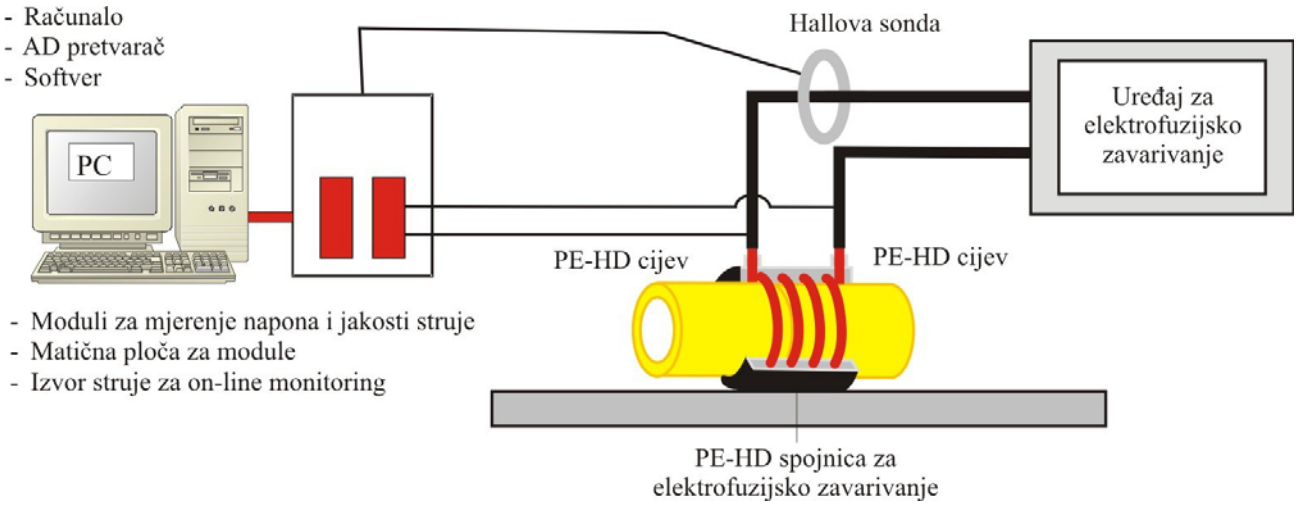
Elektrofuzijsko zavarivanje PE cijevi je postupak zavarivanja kod kojega se koriste standardne elektrofuzijske spojnice za sučeono spajanje cjevovoda ili za spajanje cijevnog priključka na cjevovod. [1,2] Ovo je postupak zavarivanja koji je relativno jednostavan, brz i ekonomski prihvatljiv kod manjih promjera cjevovoda. Postupak elektrofuzijskog zavarivanja PE cijevi shematski je prikazan na slici 1, a najznačajniji parametri kod zavarivanja su: napon; U (V), jakost struje; I (A), trajanje protoka struje kroz grijač spojnice; t (s), temperatura okoline; T (°C), te električni otpor zavojnice; R (Ω).



Slika 1. Shematski prikaz elektrofuzijskog zavarivanja PE cijevi. [3]

3. Eksperimentalno snimanje parametara zavarivanja On-line monitoring sustavom

Ekperimentalnim je radom predviđeno snimanje glavnih parametara zavarivanja (napona i jakosti struje) tijekom trajanja sučeljenog zavarivanja PE-HD cijevi ϕ 63 mm. Zavarivanje je izvedeno na 3 uzorka, a shematski prikaz eksperimenta je prikazan na slici 2.



Slika 2. Shematski prikaz primjene „On – line monitoring sustava“ za registriranje promjene glavnih parametara elektrofuzijskog zavarivanja tijekom trajanja zavarivanja. [3]

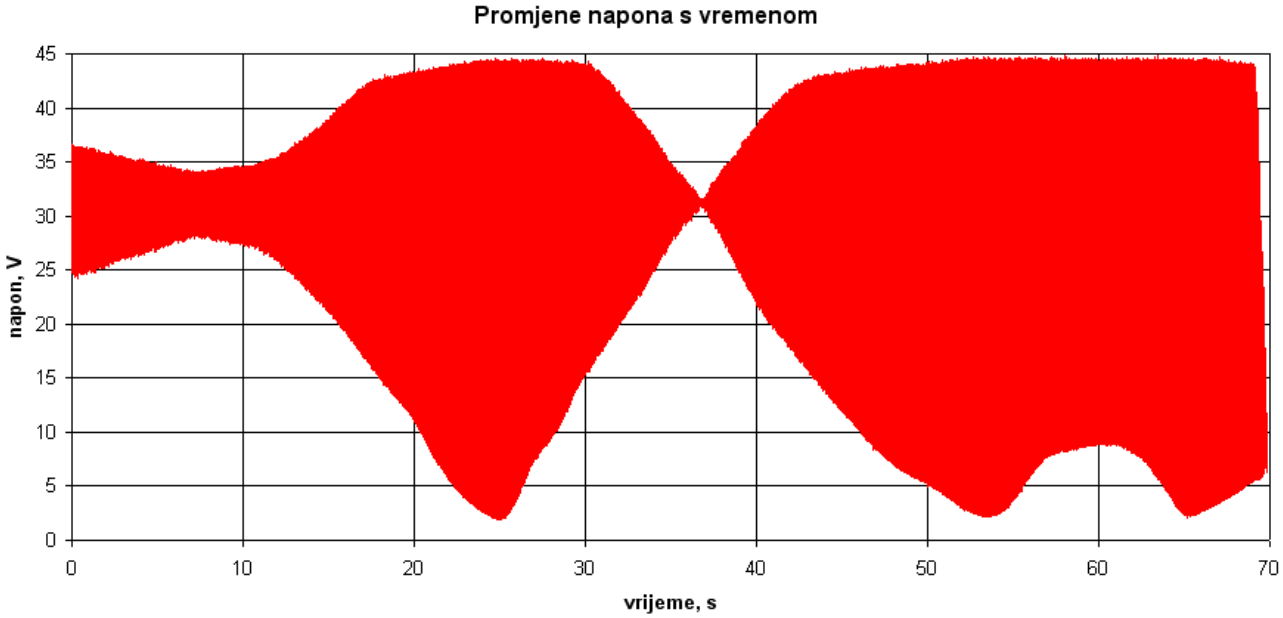
“On - line monitoring” sustav omogućuje precizno mjerenje, praćenje i registraciju napona *U*(V), jakosti struje zavarivanja *I*(A) tijekom zavarivanja, te „off-line“ analizu različitih izvedenih veličina. Kod ovog postupka zavarivanja interesantna je snaga i električni otpor koji se mjere na grijaču elektrofuzijske spojnice tijekom trajanja postupka zavarivanja. Isto tako, moguće je uvećano prikazivanje zanimljivih detalja tijekom trajanja postupka zavarivanja (početak, sredina i završetak zavarivanja, odnosno protoka električne struje kroz grijač elektrofuzijske spojnice).

Parametri zavarivanja su unaprijed pohranjeni u uređaju za zavarivanje, pa se nakon striktno odrađene pripreme spoja za zavarivanje parametri zavarivanja pozivaju iz uređaja za zavarivanje pomoću „bar – code“ čitača koji očitava podatke sa kartice elektrofuzijske spojnice, te se kao takvi automatski primjenjuju pri zavarivanju.

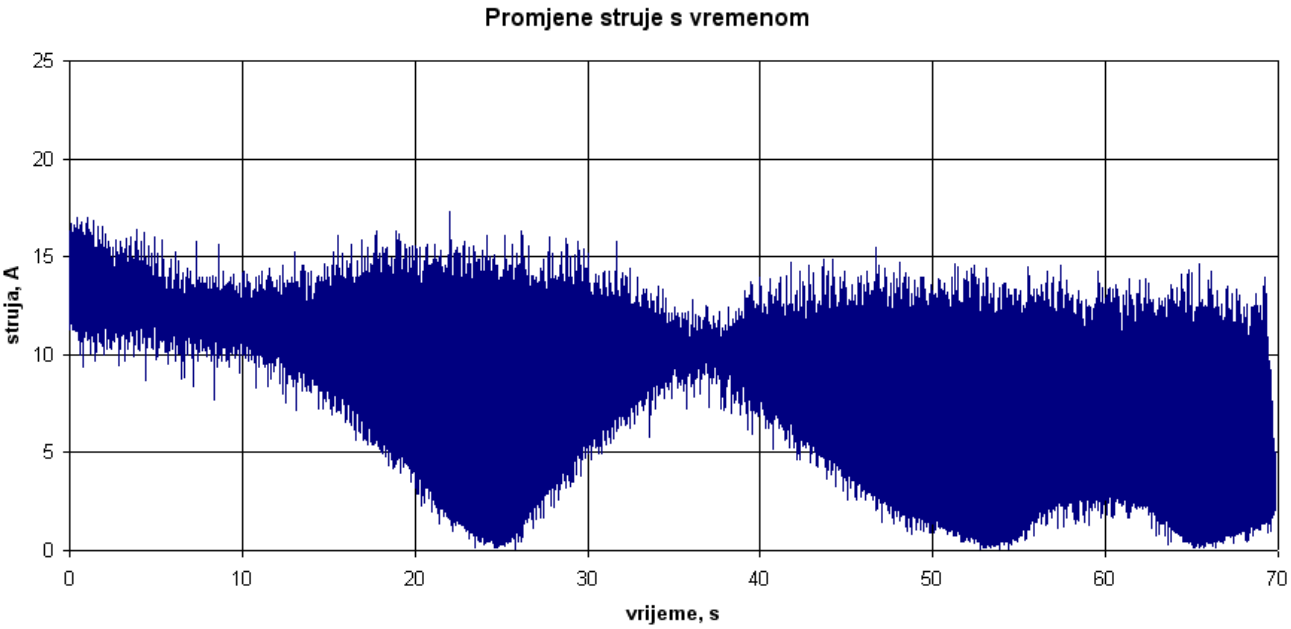
Slika 3. Snimanje parametara kod elektrofuzijskog zavarivanja u laboratoriju (lijevo) i izgled sučeono zavarenih spojeva cijevi promjera 63 mm (desno).

3.1. Rezultati eksperimentalnog snimanja parametara zavarivanja

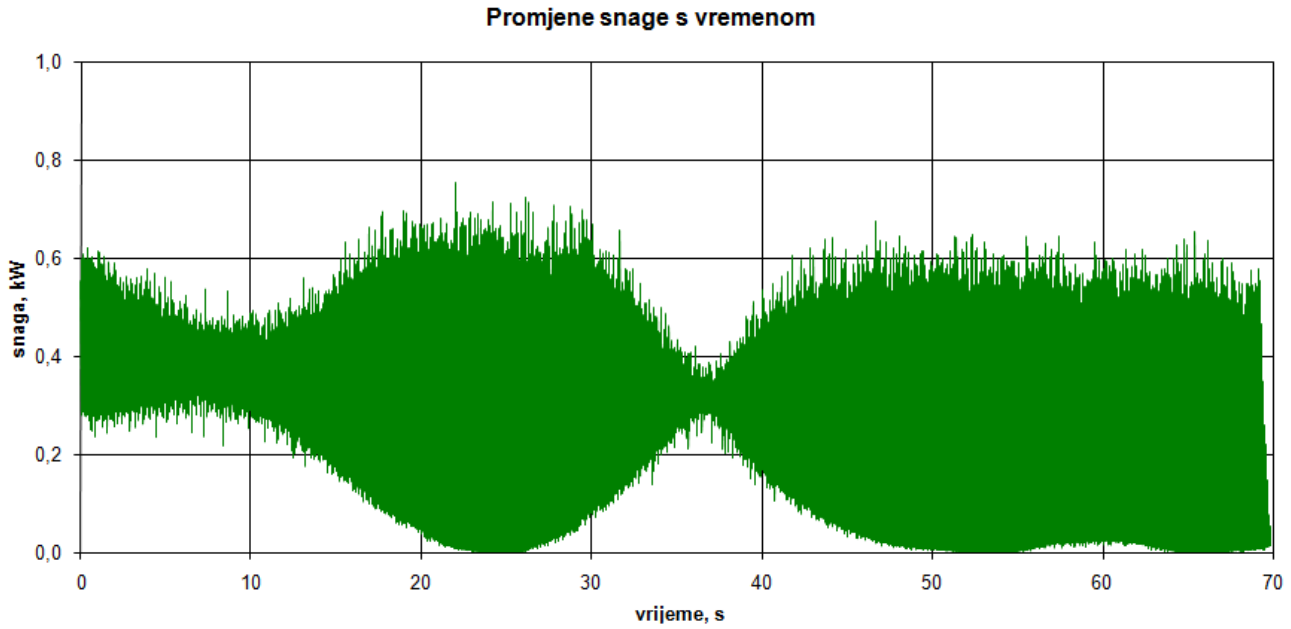
U nastavku se daje prikaz promjene napona i jakosti struje tijekom trajanja zavarivanja kod jednog eksperimentalno izvedenog zavarenog spoja.



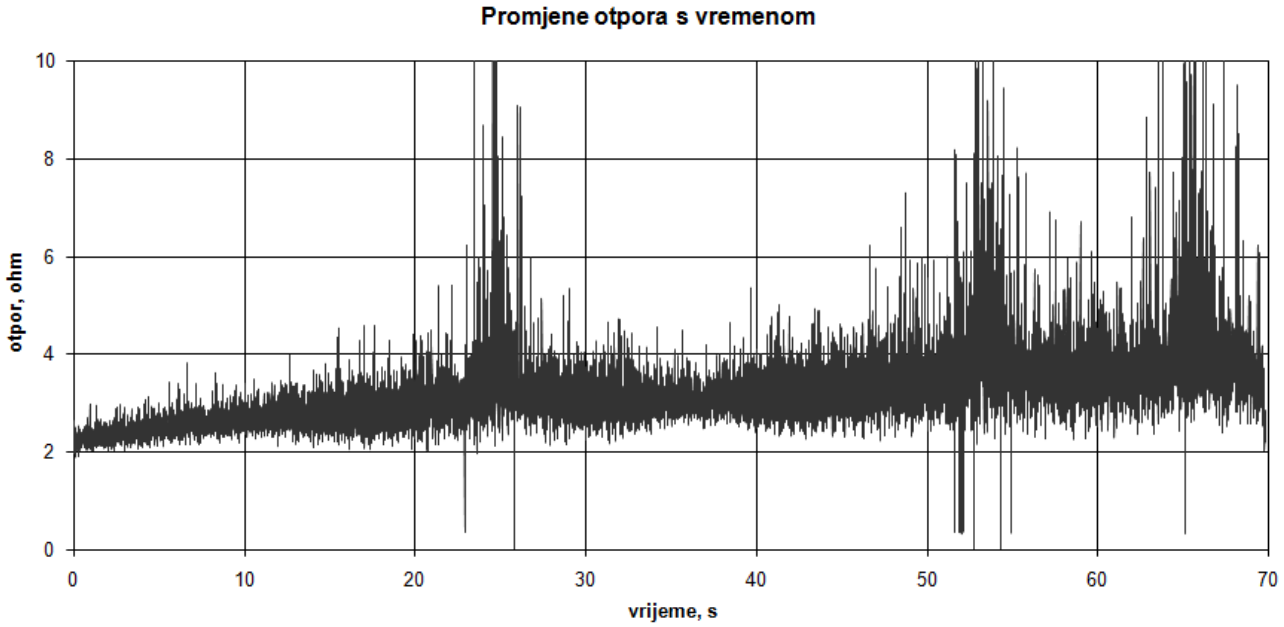
Slika 4. Promjena napona tijekom elektrofuzijskog sučeonog zavarivanja PE-HD cijevi ϕ 63 mm.



Slika 5. Promjena jakosti struje tijekom elektrofuzijskog sučeonog zavarivanja PE-HD cijevi ϕ 63 mm.

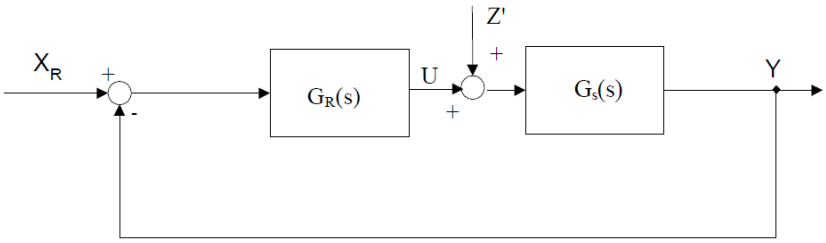


Slika 6. Trenutne vrijednosti snage tijekom elektrofuzijskog sučeonog zavarivanja PE-HD cijevi ϕ 63 mm.

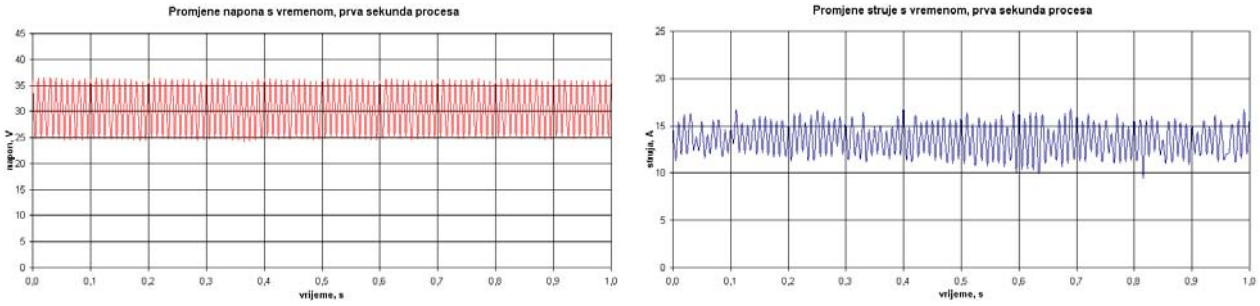


Slika 7. Promjena impedancije tijekom elektrofuzijskog sučeonog zavarivanja PE-HD cijevi ϕ 63 mm.

Mjerni rezultati na slikama 4. i 5. prikazuju modulirani signal napona i struje. Na temelju parametara skeniranih sa bar – koda pojedine spojnice dobivena je informacija o otporu zavojnice. Kako je riječ o zavojnici, osim djelatnog ili radnog otpora postoji i induktivna komponenta koja dolazi do izražaja (Slika 7.) u intervalima oko 25*s*, 53*s* i 66*s*. Pretpostavimo li da je automatika uređaja za elektrofuzijsko zavarivanje definirana regulatorom sa predodređenim parametrom, vremenom zavarivanja (u ovom slučaju do 70*s*), envelopa na dijagramima napona, struje i snage se ponovno raspršuje u 37 sekundi. Upravo smetnja Z' , Slika 8., predstavlja promjenu impedancije $d(Re+jC)$ koja je nastupila zbog narinutog napona i promjenjivog moduliranog AM (amplitudno moduliranog) signala. Uslijed disipacije topline djelovanjem na ovojnicu spojnice nastupile su dinamičke promjene parametara koje interna elektronika uređaja kompenzira automatskim regulatorom G_R. Kao element povratne veze je struja koju mjeri sam uređaj indirektno i o kojoj ovisi daljnji slijed modulacije i izgled envelope u pogledu oscilatornog ili raspršenog kontroliranog odziva prijenosne funkcije G_S.

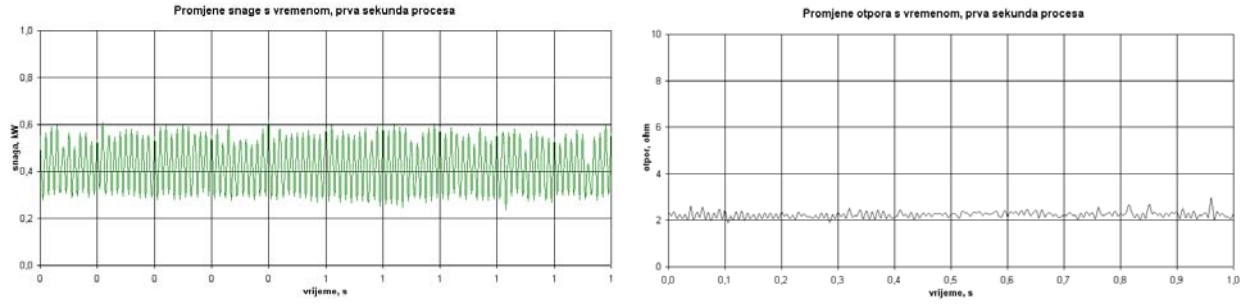


Slika 8. Sustav regulacije uz prijenosnu funkciju i smetnju Z´



a) *b)*

Slika 9. Promjena *a)* napona i *b)* jakosti struje tijekom 1. sekunde elektrofuzijskog sučeonog zavarivanja PE-HD cijevi ϕ 63 mm.



a) *b)*

Slika 10. Promjena angažirane snage *a)* i impedancije *b)* tijekom 1. sekunde elektrofuzijskog sučeonog zavarivanja PE-HD cijevi ϕ 63 mm.

4. Zaključak

U radu se prikazuju glavni parametri (napon i jakost struje) kod elektrofuzijskog zavarivanja PE-HD cijevi. Iako je proces zavarivanja automatiziran, zanimljivo je sagledati parametre zavarivanja tijekom trajanja zavarivanja, ali isto tako i naknadno obrađivati iste (povećanje zanimljivih detalja tijekom zavarivanja, računanje nekih izvedenih veličina i dr.). Sam proces spajanja je vrlo pouzdan i siguran, a u dosadašnjoj eksploataciji se pokazao kao vrlo ekonomičan kod relativno manjih promjera cijevi. Iz mjernih rezultata se vidi da u jednom trenutku nastupa hlađenje sustava i onda se ponovno sustav aktivira na nominalnu snagu pomoću modulacije napona i struje sve do kraja zavarivanja.

5. Literatura

[1] Fistonić, M.: Elektrofuzijsko zavarivanje. III stručni skup plinara, Osijek 2005.

[2] Katalog aparata GEORG FISCHER , zastupnika u Hrvatskoj – PTMG, Zagreb

[3] Samardžić,I., Raos,P., Klarić,Š., Blažević,M.: Monitoring parametera elektrofuzijskog zavarivanja PE-HD cijevi. /. Skup o prirodnom plinu, toplini i vodi. Osijek, 2006.

[4] Časopis Strojarstvo 52, Šoštarić,D., Vinko,D., Žagar,D., Samardžić,I.: Reliability of Welding Parameters Monitoring System

Acknowledgement: Achievements in this paper are result of activities on scientific project „Advanced joining technology in light mechanical constructions“, supported by Croatian Ministry of science, education and sports.

Tehnički opis sustava za čišćenje cjevovoda u termoelektrani

Technical description of system for pipeline cleaning of thermal power plant

H. Hadžiahmetović [1,*], E. Džaferović [1] & Š. Klarić [2]

[1] Mašinski fakultet u Sarajevu, Univerzitet u Sarajevu, Vilsonovo šetalište 9, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina
[2] Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Trg I. B. Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska

[*] Autor za korespodenciju. E-mail: halima@mef.unsa.ba

Sažetak

U ovom radu danje tehnički opis sustava za čišćenje cjevovoda, koji služi za hidraulički transport pepela i šljake u termoelektrani Nikola Tesla B u Obrenovcu. Ovaj sustav realizirala je tvrtka Energoinvest d.d. Sarajevo. Trasa magistralnog cjevovoda je položena od ventilske stanice smještene pored silosa pepela, pa sve do odlagališta, uključujući i distributivni i istakački cjevovod. Predviđene su tri linije magistralnog cjevovoda. Dvije transportne linije magistralnog cjevovoda su radne, a treća je rezervna. Zbog relativno visokog pritiska, za sve tri linije magistralnog cjevovoda, izabrane su čelične cijevi St 37.4, na dionici od silosa pepela do ulaza na odlagalište. Distributivni i istakački cjevovodi, od PEHD materijala, će se ugraditi u palicama dužine 12 m sa prirubničkim tuljkom i prirubnicama na krajevima. Nagib distributivnog cjevovoda će omogućiti ispuštanje hidromješavine na odlagalište. U svrhu redovnog čišćenja cjevovoda predviđen je odgovarajući „PIG“ sustav. Lansirna rampa se nalazi u ventilskoj stanici, a prijemna rampa na kraju magistralnog čeličnog cjevovoda. Prijemna rampa podrazumjeva u stvari montažnu/demontažnu PEHD cijev dužine cca 50m, koja bi se spojila sa krajem magistralnog čeličnog cjevovoda. Detaljniji opis ovog sustava prikazan je u drugom dijelu rada.

Ključne riječi: Magistralni cjevovod, ventilska stanica, sistem za čišćenje cjevovoda, odlagalište

Abstract

In this paper the description of pigging system from thermal power plant Nikola Tesla B in Obrenovac is given. This system is realized by company Energoinvest d.d. Sarajevo. The route of long-distance transport pipeline was located from valve station, located next to the fly-ash silos, all

up to the disposal site, including also distribution and discharge pipeline. There are three lines of long-distance pipeline. Two transport lines of long-distance pipeline are operational, and the third is reserve. Due to relatively high pressure, pipes for all three lines of long distance pipelines are made of steel St 37.4, at section from fly-ash silo up to entrance to the disposal site. Distribution and discharge pipelines, made of PEHD material, will be installed in sticks 12 m long with flange adapters and flanges at ends. Inclination of distribution pipeline will ensure slurry discharge at the disposal site. Also, for the purpose of regular cleaning of pipeline, appropriate "PIG"system is foreseen. A launching ramp is located inside the valve station, and receiving ramp is at the end of long-distance steel pipeline. The receiving ramp includes assembly-disassembly PEHD pipes app. 50m long, which will be connected to the end of long-distance steel pipeline. A detailed description of this system is shown in the second part of the paper.

Keywords: Long-distance transport pipeline, valve station, pigging system, the disposal site

1. Uvod

Trasa magistralnog transportnog cjevovoda provedena je od ventilske stanice smještene pored silosa pepela, pa sve do odlagališta, uključujući i distributivni i istakački cjevovod (odnosno cjevovodni razvod po odlagalištu). Predviđene su tri linije magistralnog cjevovoda, dimenzionirane ovisno o transportranoj količini hidromješavine na izlazu iz serijski vezanih pumpi hidromješavine. Dvije transportne linije magistralnog cjevovoda su radne, a treća je rezervna (slika 1).

Slika 1. Magistralni cjevovod [2]

Od kraja ventilske stanice magistralni cjevovod se vodi po niskonadzemnim osloncima sve do ulaza na odlagalište. Na osnovu dozvoljenog naprezanja za čelik 37.4 i potrebe za što manjim ugibom, usvojen je razmak oslonaca na novom magistralnom cjevovodu hidromješavine od 6,0 m. Temperaturne dilatacije se rješavaju samokompenzacijom na onim djelovima cjevovoda, gdje je to moguće, a na drugim ugradnjom aksijalnih kompenzatora. Očekuje se da će čelične cijevi biti podložne stvaranju inkrustacije (na početnom dijelu trase magistralnog cjevovoda u dužini od ~600,0m) i stoga su na toj dionici predviđene cijevi od 6,0m sa prirubnicama na oba kraja (veza prirubnica sa grlom + leteća prirubnica) radi lakše zamjene i čišćenja. Na ostatku cjevovoda (nakon ~ 600,0m) predviđeno je da prirubnički spoj bude na približno svakih 36m. Obzirom da je brzina strujanja hidromješavine relativno mala i na osnovu saznanja iz sličnih postrojenja, ne očekuje se značajniji uticaj abrazije, ali su ipak odabrane cijevi sa podebljanom stijenkom i cijevna koljena sa velikim radijusom (R=2000mm). Distributivni i istakački cjevovodi, od PEHD materijala, će se ugraditi u palicama dužine 12m sa prirubničkim tuljkom i prirubnicama na krajevima (slika 2). Nagib distributivnog cjevovoda će omogućiti ispuštanje hidromješavine na odlagalište. Predviđeno je cca 90 istakačkih mjesta (slika 3), što podrazumjeva cijevi od 12m, koje su T-komadima povezane sa distributivnim cjevovodom [1].

Slika 2. Montaža PEHD cjevovoda oko deponije

Slika 3. Istakačka mjesta [2]

2. Tehnički opis ventilske stanice

U ventilskoj stanici su smješteni [2]: ventili za pražnjenje hidromješavine (DN250, PN40), nepovratni (dual) ventili (DN250, PN40), mjerači protoka hidromješavine DN250, mjerači gustoće hidromješavine sa radioaktivnim izotopom, transmiteri pritiska hidromješavine, lansirne rampe za pigove i cjevne komade za međusobno prespajanje pojedinačnih linija cjevovoda hidromješavine.

Pored ovog ventilska stanica služi kao skladišni prostor za „pigove“ potrebne za čišćenje cjevovoda kao i odgovarajuće lansirne rampe za instaliranje pigova u cjevovode. Odgovarajuće police za smještaj alata, rezervnih prirubnica i sličnog će također biti postavljene u ventilskoj stanici. Sve tri linije cjevovoda hidromješavine se kroz ventilsku stanicu vode kanalom. U ventilskoj stanici se svaka od tri linije cjevovoda hidromješavine može preko demontažnih komada povezati sa cjevovodom, kojim se dovodi voda za povratno ispiranje. U uvjetima normalne eksploatacije sustava ogranci na cjevovodima hidromješavine su zatvoreni slijepim prirubnicama, dok je cjevovod vode za povratno ispiranje prazan i otvoren. U slučaju ispiranja jedne od linija cjevovoda hidromješavine odgovarajući pneumatski ventil za pražnjenje i nepovratni (dual) ventil se moraju zatvoriti. Sa cijevnog ogranka na cjevovodu hidromješavine, koji se ispire mora se ukloniti slijepa prirubnica DN100 i postaviti demontažni komad preko kojeg se cjevovod hidromješavine poveže sa cjevovodom vode za ispiranje. Cjevni ogranci na druge dvije linije i dalje ostaju zatvoreni prirubnicama. Nakon što se ručni ventili otvore cjevovod se počinje puniti vodom za ispiranje. Odzračni ventil ostaje otvoren sve dok se cjevovod napuni vodom. Nakon toga se otvori odgovarajući pneumatski ventil čime počinje povratno ispiranje cjevovoda. Na kraju se ručni ventil treba zatvoriti, dok se odzračni ventili i ventili za odvodnjavanje trebaju otvoriti, kako bi se cjevovod vode za povratno ispiranje ispraznio. Nakon uklanjanja demontažnog komada, cijev hidromješavine se zatvara slijepom prirubnicom DN100. Otvaranjem nepovratnog ventila povratno ispiranje cjevovoda hidromješavine se završava. Neposredno prije i iza ventilske stanice sve tri linije cjevovoda hidromješavine imaju cjevne ogranke, koji su u normalnim uvjetima rada zatvoreni slijepim prirubnicama. Uklanjanjem ovih prirubnica cjevovodi se mogu isprazniti u kanale, koji vode do drenažnog bazena [1].

3. Sustav za čišćenje cjevovoda

Sustav za čišćenje cjevovoda odnosno pigging sustav će se koristiti za uklanjanje naslaga na unutrašnjim stjenkama magistralnog cjevovoda [2]. Sustav se principijelno sastoji iz dva dijela i to: lansirne rampe koja je smještena u ventilskoj stanici ispred dual ventila i prihvatne rampe koja je smještena na odlagalištu na kraju magistralnog cjevovoda. Lansirna rampa se po potrebi spaja na cjevovod hidromješavine preko račve ugrađene neposredno prije dual ventila (slika 4). U normalnim uvjetima rada ova račva je zatvorena slijepom prirubnicom. Sama rampa je podjeljena na dva dijela, gdje donji dio ima nazivni promjer DN250, jednak promjeru cjevovoda, dok je promjer gornjeg dijela za jedan red veličine veći tj. gornji dio je nazivnog promjera DN300.

Slika 4. Lansirna rampa koja je smještena u ventilskoj stanici [2]

Veći promjer gornjeg dijela rampe je potreban kako bi se prilikom čišćenja cjevovoda omogućila upotreba čistača ("pigova") različite veličine i gustoće. Čistači će se u cjevovod hidromješavine postavljati pomoću komprimiranog zraka. U ovu se svrhu koristi komandni zrak koji se inače cjevovodom nazivnog promjera DN40 dovodi do pneumatskih ventila smještenih u ventilskoj stanici. Instalacija komandnog zraka je preko nepovratne klapne i ručnih kuglastih ventila fleksibilnim crijevom povezana sa lansirnom rampom. U normalnim uvjetima ovi ventili su zatvoreni. Procedura čišćenja cjevovoda hidromješavine obuhvaća sljedeće korake [1]: uklanjanje slijepe prirubnice sa račve ugrađene u cjevovod hidromješavine ispred dual ventila, montiranje lansirne rampe, postavljanje čistača u lansirnu rampu, zatvaranje lansirne rampe prirubnicom, spajanje lansirne rampe pomoću fleksibilnog crijeva na instalaciju komandnog zraka, otvaranje ručnog kuglastog ventila na instalaciji komandnog zraka, otvaranje ručnog kuglastog ventila na lansirnoj rampi kako bi se čistač uveo u cjevovod hidromješavine, zatvaranje kuglastog ventila i započinjanje čišćenja magistralnog cjevovoda.

Vrijeme koje je potrebno čišćenje cjevovoda zavisi od njegove dužine kao i od protoka vode odnosno medija koji se koristi za pokretanje čistača. Čistač će se po isteku tog vremena odnosno nakon što prođe cijelom dužinom cjevovoda zaustaviti u prihvatnoj rampi. U toku ispiranja cjevovoda ventil br.1 je zatvoren dok su ventili br. 2 i br. 3 otvoreni. Po završetku ispiranja cjevovoda prigušivač u prijemnoj rampi će zaustaviti čistač usljed čega dolazi do porasta pritiska u cjevovodu [3]. Ovaj porast registriraju transmiteri tlaka, koji su postavljeni u ventilskoj stanici. U ovom slučaju operater treba zaustaviti sustav (zaustaviti dotok vode za ispiranje), skinuti prirubnicu na prijemnoj rampi i izvaditi čistač iz cjevovoda [4]. Opisani se postupak može po potrebi ponoviti. Nakon što se cjevovod hidromješavine očisti potrebno je zatvoriti ručni kuglasti ventil na instalaciji

komandnog zraka, skinuti prirubnicu sa lansirne rampe zajedno sa kuglastim ventilom i fleksibilnim crijevom, demontirati lansirnu rampu sa račve ugrađene u cjevovod prije dual ventila i zatvoriti spomenutu račvu slijepom prirubnicom.

4. Zaključak

U ventilskoj stanici su smješteni: ventili za pražnjenje hidromješavine (DN250, PN40), nepovratni (dual) ventili (DN250, PN40), mjerači protoka hidromješavine DN250, mjerači gustoće hidromješavine sa radioaktivnim izotopom, transmiteri pritiska hidromješavine, lansirne rampe za pigove, cjevne komade za međusobno prespajanje pojedinačnih linija cjevovoda hidromješavine, dok je prihvatna rampa smještena na odlagalištu na kraju magistralnog cjevovoda. Prednosti ovog sustava za čišćenje cjevovoda su: brzo sigurno i ekonomično obnavljanje protoka i tlaka u cjevovodima nakon upotrebe čistača ("pigova") od raznih pjenastih materijala kako bi se uklonile neželjene naslage koje smanjuju unutrašnji promjer cijevi, minimalna potreba za otkopavanjem cjevovoda budući da čistači od pjenastih materijala samo u jednom prolazu mogu očistiti duže dionice cjevovoda bez potrebe za brojnim priključcima koje zahtjevaju drugi sustavi za čišćenje, čisti komprimirani zrak potiskuje čistač od pjenastog materijala kroz cjevovod pri čemu se skidaju naslage nakon čega se čistač pokupi u hvataljci u prijemnoj rampi i kod određenih vrsta čistača, ukoliko se radi o čišćenju cjevovoda u više navrata, odgovarajućom kombinacijom čistača može se izbjeći pražnjenje cjevovoda između pojedinih ispiranja. Izbor odgovarajućeg modela čistača ovisi o vremenu ispiranja i inkrustacije cjevovoda. U slučaju da je inkrustacija suviše jaka treba primjeniti progresivno ispiranje. Progresivno ispiranje podrazumijeva upotrebu više čistača idući od manjeg promjera (manjeg od promjera cjevovoda) ka većem promjeru.

5. Literatura

[1] Energoinvest d.d.- Sarajevo, Glavni projekat, Rekonstrukcija sistema otpepeljavanja termoelektrane Nikola Tesla B, Obrenovac, Srbija, 2008

[2] Halima Hadžiahmetović (2008.), Optimizacija hidrauličkog transporta pepela i šljake u obliku guste hidromješavine/ magistarski rad, Faculty for Mechanical Engineering Sarajevo

[3] Šašić Mane, Proračun transporta fluida i čvrstih materijala cevima, Naučna knjiga, Beograd, 1990

[4] Halima Hadžiahmetović, Štefanija Klarić, Ivica Kladarić (2009.), Opis magistralnog cjevovoda hidromješavine pepela i šljake , 7. Skup o prirodnom plinu, toplini i vodi, Osijek 21-24.10.2009.

Vrednovanje projekata distribucijskih plinovoda
Evaluation of distribution pipeline project

G. Šimunović[1,*], A. Čizmar[2], T. Šarić[3], R. Lujić[4]

[1, 3, 4] Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Trg I. B. Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska
[2] HEP-Plin d.o.o., C. Hadrijana 7, HR-31000 Osijek, Hrvatska

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

Sažetak

Izgradnja distribucijskog plinovoda pripada investicijskim projektima u čijoj izgradnji sudjeluju posredni i neposredni sudionici, a obveze i prava sudionika su regulirana zakonskim propisima, ugovorima, standardima i pravilima struke. Prije donošenja odluke o izgradnji, projekte je potrebno vrednovati i odrediti prioritete i redoslijed izgradnje.

U ovom su radu predloženi kriteriji za vrednovanje projekata izgradnje distribucijskih plinovoda, a kod postupka vrednovanja u radu je primijenjen ekspertni sustav. Na temelju prikupljenog ekspertnog znanja i iskustava na poslovima izgradnje distribucijskih plinovoda isključuje se subjektivnost kod donošenja poslovnih odluka, a utjecaj kriterija na ukupnu ocjenu projekata mijenja prema realnim uvjetima u poduzeću i okruženju.

Ključne riječi: vrednovanje projekata, kriteriji**,** ekspertni sustav

Abstract

Construction of distribution pipelines belongs to investment projects. The construction of pipeline involves direct and indirect participants, and the obligations and rights of participants are governed by laws, treaties, standards and rules of the profession. Before deciding to construct, the project is needed to evaluate, prioritize and determine sequence of construction.

This paper has proposed criteria for evaluating projects. The expert system is applied in the process of evaluation. Based on the collected expert knowledge and experience in the construction of distribution pipeline the subjectivity is excluded of decision-making. Therefore the impact on the overall criteria for evaluating projects can be varied with the actual conditions in the company and the environment.

Keywords: project evaluation, evaluation criteria, expert system

1. Uvod

Redovita opskrba potrošača prirodnim plinom uvelike ovisi o izgradnji nove i proširivanu postojeće plinovodne mreže. Da bi se postigao kontinuitet u izgradnji plinovodne mreže i uspjelo zadovoljiti brojnim zahtjevima i obvezama koje poduzeće ima, potrebno je raspolagati s pouzdanim i potpunim informacijama, te na osnovi njih donijeti kvalitetan plan izgradnje koji je uvijek ograničen financijskim sredstvima i raspoloživim resursima. Tradicionalni pristup u pripremi, vrednovanju i praćenju projekata, temeljen uglavnom na iskustvu djelatnika, zahtijeva dosta akumuliranog znanja koje ne isključuje subjektivnost kod donošenja poslovnih odluka. Odluke o ulaganju u investicijske projekte moraju biti donesene na temelju procjene budućih poslovnih rezultata i stoga je velika odgovornost na osobama koje ih donose. Očekivani, budući poslovni rezultati poduzeća moraju osigurati sredstva koja će omogućiti uspješan završetak započete investicije i staviti je u funkciju. Iz tog razloga takve odluke po svojoj prirodi uključuju i velik stupanj nesigurnosti i rizika.

Istraživanja u radu usmjerena su na povezivanje stručnog znanja i iskustva u vrednovanju projekata izgradnje distribucijskih plinovoda s ciljem objektivnog odlučivanja potpomognutog umjetnom inteligencijom. Pretpostavka je da će se primjenom inteligentnih sustava, koji na osnovi prikupljenog ekspertnog znanja pružaju potporu kod odlučivanja, provesti sveobuhvatnije rangiranje planiranih investicijskih projekata. Ovakvim objektivnim sveobuhvatnim sustavnim pristupom poboljšava se sveukupna učinkovitost poduzeća i tržišna konkurentnost.

2. Prijedlog kriterija vrednovanja projekata izgradnje distribucijskih plinovoda

Pod pojmom ocjene ili vrednovanja investicijskog projekta podrazumijeva se skup radnji, čiji je glavni cilj sagledavanje opravdanosti i prihvatljivosti projekta. Vrednovanje projekata se može definirati kao faza investicijskog planiranja u kojoj se odvijaju sljedeće aktivnosti [1]:

- definiranje ciljeva investicijskog projekta,
- definiranje kriterija vrednovanja,
- izbor pristupa i metoda vrednovanja,
- predlaganje redoslijeda projekta za izvedbu,
- donošenje pozitivne ili negativne investicijske odluke.

Za određivanje prioriteta projekta predlažu se kvalitativni i kvantitativni kriteriji (atributi). Kod postupka vrednovanja odabranim kvalitativnim i kvantitativnim kriterijima određuje se značaj u modelu višekriterijalnog vrednovanja.

U radu su predloženi sljedeći kriteriji ocjenjivanja [2]:

- vrijeme povrata uloženih sredstava u investiciju,

- ukupna dobit poduzeća u nekom vremenskom periodu eksploatacije,
- društveno ekonomski značaj,
- mogućnost planiranog nastavka izgradnje plinovodne mreže prema susjednim naseljima,
- potrebna rekonstrukcija postojećeg plinovoda radi nastavka izgradnje,
- slobodni kapacitet (kolika je mogućnost slobodnog kapaciteta u slučaju naglog društveno ekonomskog razvoja).

Kriterij "Vrijeme povrata uloženih sredstava u investiciju" promatra: broj kućanstava, ukupnu duljinu distribucijskog plinovoda, gustoću objekata po km i dimenzije cijevi.

Kriterij "Ukupna dobit poduzeća u nekom vremenskom periodu eksploatacije" uzima u obzir: ekonomsku i socijalnu struktura stanovništva, osnovnu djelatnost regije (poljoprivreda, šumarstvo, prerada duhana, mogući silosi i slično) i mogućnost primjene drugih izvora energije (nafta, struja, drvo).

Kriterij "Društveno ekonomski značaj" analizira: moguće gospodarske zone, ekološku prihvatljivost, utjecaj na životni standard i utjecaj na gospodarstvo.

Kriterij "Mogućnost planiranog nastavka izgradnje plinovodne mreže prema susjednim naseljima" promatra: uvjete izgradnje, iznos investicije, gustoću objekata po kilometru i postojeće industrijske pogone.

Kriterij "Potrebna rekonstrukcija postojećeg plinovoda radi nastavka izgradnje" analizira: starost postojećeg plinovoda, materijal plinovoda (čelik – PE-HD), mogućnost napajanja iz nekog drugog pravca i veličinu investicije (duljina i promjer plinovoda).

Kriterij "Slobodni kapacitet" promatra mogućnost povećanja tlaka.

3. Vrednovanje projekta izgradnje distribucijskog plinovoda primjenom ekspertnog sustava

Pristup kojim se može provesti vrednovanje projekata ponajprije ovisi o broju i važnosti postavljenih kriterija vrednovanja. U radu je za ocjenjivanje pojedinačnih kriterija primijenjena metoda "težine svojstva". Kod ove se metode vrijednost svojstva odnosno indeks svojstva (I_i) množi s odgovarajućim težinskim faktorom (B_i) nakon čega se pojedinačne vrijednosti težina svojstava sumiraju u indeks radne karakteristike (v_i) koji služi kao usporedbeni pokazatelj. Projekt s najvećim indeksom radne karakteristike smatra se optimalnim za definirane uvjete.

Indeks radne karakteristike se računa prema izrazu:

$$v_i = \sum_{i=1}^{k} B_i \cdot I_i \qquad (1)$$

gdje je:

$I = \frac{minimum\, vrijednosti\, u\, listi}{vrijednost\, svojstva}$, kada je najniža vrijednost svojstva poželjna ili

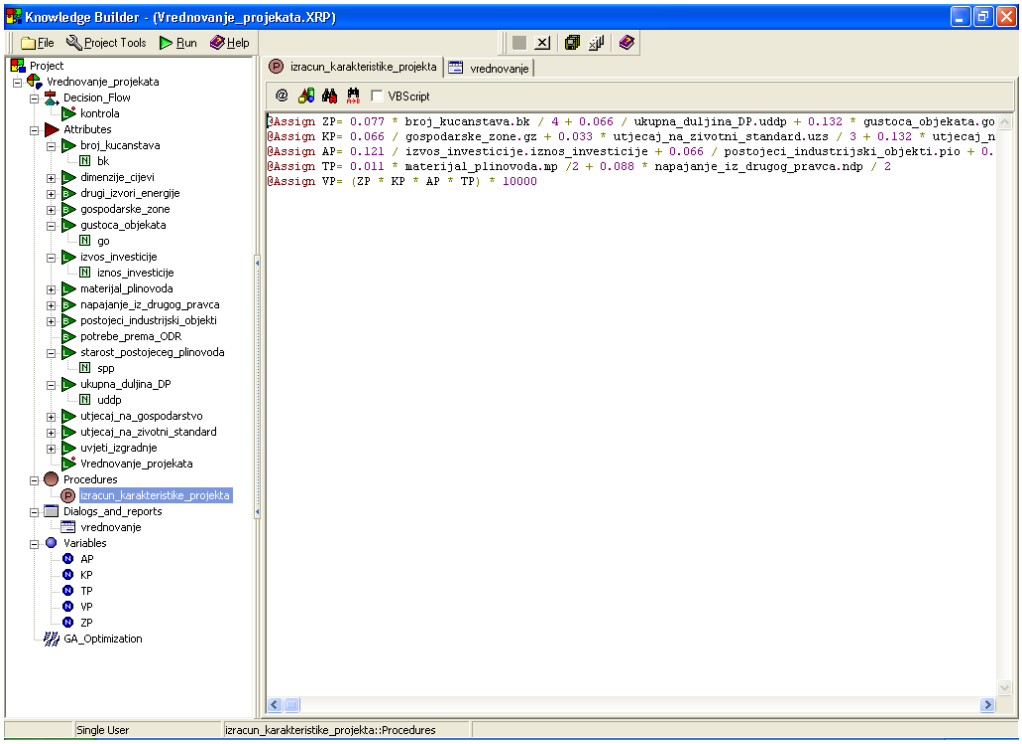
$I = \frac{vrijednost\, svojstva}{maksimum\, vrijednosti\, u\, listi}$, kada je najviša vrijednost svojstva poželjna.

Uvođenjem indeksa svojstva (I_i) se svim kriterijima daje jednak polazni značaj. U protivnom bi kriteriji s većom numeričkom vrijednošću imali veći utjecaj nego što to kaže težinski faktor. Indeks svojstva (I_i) definiran prema gornjim izrazima maksimalno poprima vrijednost 1. Za kriterije koji se mogu prikazati brojčano, primjena gornje procedure je jednostavna. Međutim, za kvalitativne kriterije koji se obično uspoređuju kao odličan, vrlo dobar, dobar, slab i loš, se toj skali pridružuju brojčane vrijednosti 5, 4, 3, 2, 1.

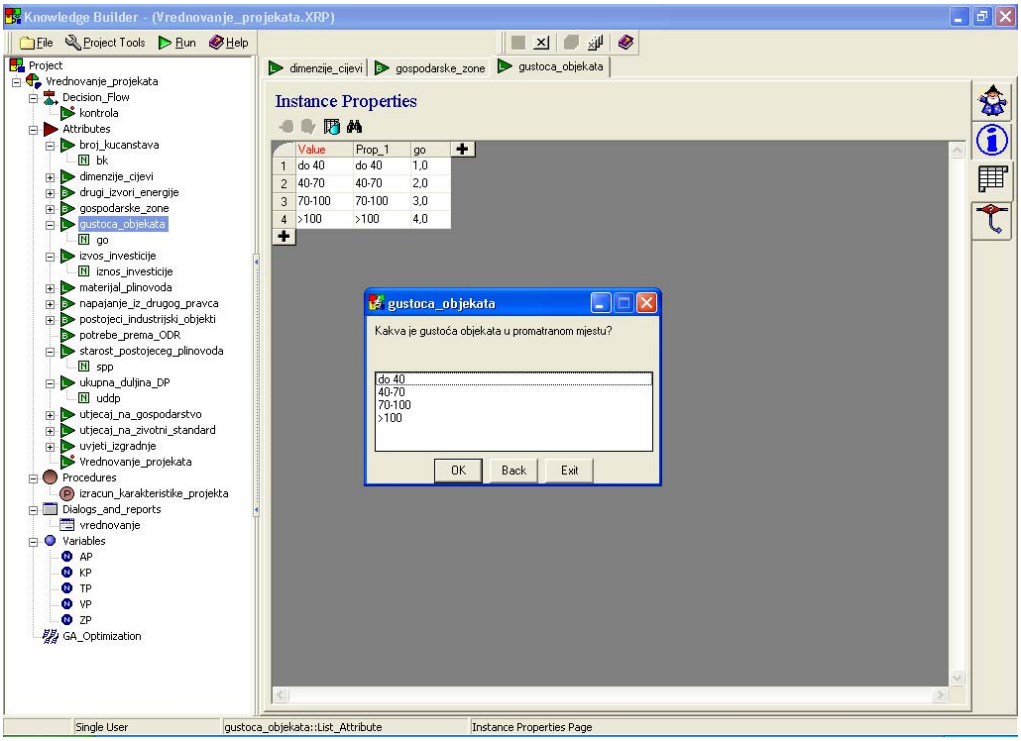
Težinski faktor (B_i) se može odrediti intuitivno, ali je na taj način bitno smanjena pouzdanost kod vrednovanja. Uvođenjem digitalnog logičkog pristupa (sistematskog izbora) značajno se povećava pouzdanost odluke.

Uzimajući u obzir težinske faktore i vrijednosti pojedinačnih kriterija model vrednovanja projekata integriran je u XpertRule Knowledge Builder (XrKB). U XrKB-u na osnovi prethodno definiranih kriterija (atributa), korisnik odlučuje putem dijaloga, proračuna ili čitanjem postojećih podataka, te na taj način aktivno utječe na proces donošenja ukupne odluke. Knowledge Builder za proces odlučivanja primjenjuje stabla i tablice događaja. Sustav se sastoji od razvojnog i izvršnog podsustava. Razvojni služi za izgradnju, održavanje i dohvaćanje znanja, a izvršni za pokretanje aplikacije u vidu izvršne EXE datoteke. Aplikacija koja prikazuje probleme koji se rješavaju u obliku Project-a sastoji se od jednog ili više Knowledge Modula. Svaki modul je sačinjen od objekata – atributa, procedura, dijalog sučelja i izvještaja. Knowledge Explorer prikazuje sve objekte projekta. Na slikama 1, 2 i 3 prikazane su maske projekta (aplikacije) za vrednovanje izgrađenog u Xpertrule Knowledge Builder-u. Slika 1 prikazuje strukturu projekta za "Vrednovanje projekata" i proceduru s modelom za izračun karakteristike projekta, slika 2 prikazuje pokretanje aplikacije "Vrednovanje projekata", dok slika 3 prikazuje izvješće dobiveno iz projekta "Vrednovanje projekata" [3].

U izvješću iz ekspertnog sustava dobivaju se radne karakteristike planiranih projekata. Projekt koji ima najveću radnu karakteristiku ima prednost, odnosno prioritet. Dakle, prema rezultatima dobivenim u Xpertrule Knowledge Builder-u određen je prioritet kod pripremanja i realizacije planiranih projekata.



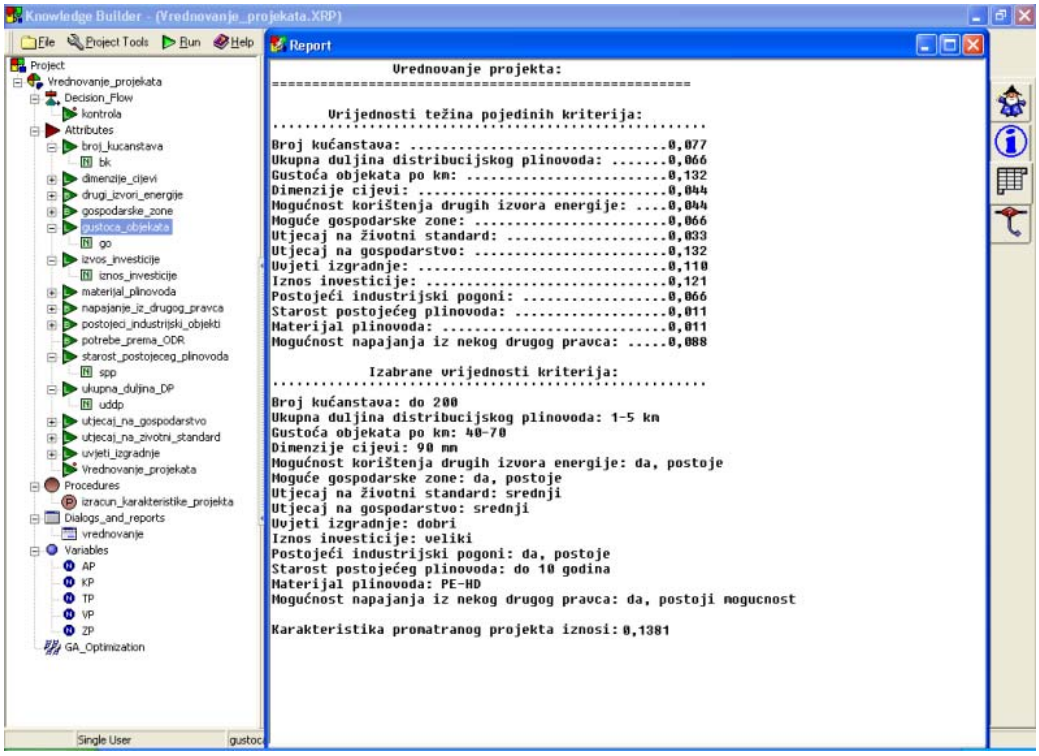
Slika 1. Struktura projekta "Vrednovanje projekata" i procedura s modelom za izračun karakteristike projekta



Slika 2. Pokretanje aplikacije "Vrednovanje projekata"

Prednosti ovakvog pristupa vrednovanja projekata su sljedeće:

- postiže se točnija i preciznija izrada dugoročnih planova izgradnje,
- određuje se redoslijed ulaganja u investicije na osnovi zadanih kriterija,
- lakša je izrada jednogodišnjeg plana kod kojeg je definiran maksimalni raspoloživi novčani iznos,
- mogućnost povezivanja s informacijskim sustavom poduzeća,
- mogućnost izrade investicijskih planova bez prethodnog iskustva na takvim poslovima,
- ušteda u vremenu.



Slika 3. Izvješće dobiveno iz projekta "Vrednovanje projekata"

5. Zaključak

Odluke koje se donose nakon analize, a prije same pripreme i izrade tehničke dokumentacije uglavnom su temeljene na iskustvu djelatnika, što zahtjeva dosta akumuliranog znanja koje ne isključuje subjektivnost kod donošenja poslovnih odluka. Na donošenje odluka velik utjecaj ponekad ima i politika u kojoj su često zastupljeni individualni interesi, a zanemaren poslovni rizik i ekonomska opravdanost. Odluke o ulaganju u sebi sadrže veliku količinu nesigurnosti i rizika, jer moraju biti donesene na temelju procjene budućih poslovnih rezultata koji će osigurati sredstva za uspješan završetak započete investicije i staviti je u funkciju.

Predložen pristup poduzeću omogućuje transparentno praćenje i ostvarenje plana izgradnje uzimajući u obzir optimalni rok povrata uloženih sredstava. Na ovaj se način olakšava i ubrzava proces donošenja odluka uz izbjegavanje subjektivnosti, a poduzeću se poboljšava sveukupna efikasnost, tržišna konkurentnost i profit.

6. Literatura

[1] Bendeković J. : Priprema i ocjena investicijskih projekata, FOIP 1974 d.o.o. Zagreb, Zagreb 2007.

[2] Šimunović, G., Čizmar, A., Šarić, T., Svalina, I.: Priprema i vrednovanje projekta izgradnje distribucijskih plinovoda, 7 skup o prirodnom plinu, toplini i vodi, Osijek 2009.

[3] Čizmar, A.: Priprema, vrednovanje i praćenje projekata izgradnje distribucijskih plinovoda (specijalistički rad), Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2010.

Održavanje kućnih mjerno-regulacijskih stanica plina

Maintenace of Metering and Control Units

D. Fekete[1], T. Šarić[2], G. Šimunović[3]

[1]HEP-Plin d.o.o., C. Hadrijana 7, HR-31000 Osijek, Hrvatska
[2,3]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku,
Trg I. B. Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska

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

Sažetak

U radu se daje analiza aktivnosti održavanja kućnih mjerno-regulacijskih stanica. Opisane aktivnosti održavanja klasificirane su kao preventivne i korektivne. Pojašnjeni su ovi pristupi uz opise aktivnosti. Posebno su istaknute aktivnosti kontrolnih pregleda s opisom redovitog umjeravanja plinomjera. U redovitoj distribuciji plina javljaju se i problemi oko točnog očitavanja potrošnje plina. Sagledavanjem i rješavanjem ovih problema, uz redovite preventivne i kontrolne preglede, onemogućuje se točno očitanje potrošnje plina.

Abstract

The paper provides an analysis maintenance activities of home measuring and regulation stations. Described maintenance activities are classified as preventive and corrective. These approaches are described along with descriptions of activities. Special emphasis is placed on activities for checkups with a description of the regular calibration of gas meters. The regular distribution of gas there are also problems with accurate readings of gas consumption. Understanding and solving these problems, along with regular preventive check-ups and prevents the accurate reading of gas consumption.

Ključne riječi: održavanje, kućna mjerno-regulacijska stanica, plinomjer, plin

1. Uvod

Održavanje je skup poslova kojima se sustavu omogućava funkcioniranje u predviđenim ili očekivanim performansama za postojeće uvjete djelovanja. [1]

Razvojem ljudskog društva dolazi do pojave novih potreba te stalne težnje čovjeka za zadovoljenjem istih. Kao posljedica toga razvijaju se i oblikuju noviji i složeniji sustavi u energetskom, industrijskom, komunikacijskom, vojnom i drugom smislu. Ovisno o razini posljedica koju bi tehnički sustavi svojim mogućim oštećenjem mogli izazvati održavanje takvih sustava dobiva širi društveni značaj u sigurnosnom i ekološkom smislu. Kao primjer mogu se navesti: Bhopal (1984.), Černobil (1986.) i jedna od posljednjih, eksplozija naftne platforme British Petroleuma u Meksičkom zaljevu ove godine.

Svakodnevna opskrba potrošača prirodnim plinom pretpostavlja i određene aktivnosti održavanja na sustavu za distribuciju plina. Planirane aktivnosti preventivnog održavanja i kontrolnih pregleda imaju za cilj podizanje razine pouzdanosti i raspoloživosti sustava uz željenu razinu točnosti mjerenja i regulacije. Aktivnosti korektivnog održavanja usmjerene su na minimalizaciju vremena zastoja opskrbe potrošača prirodnim plinom bez obzira na uzrok oštećenja ili kvara.

2. Kućne mjerno-regulacijske stanice plina

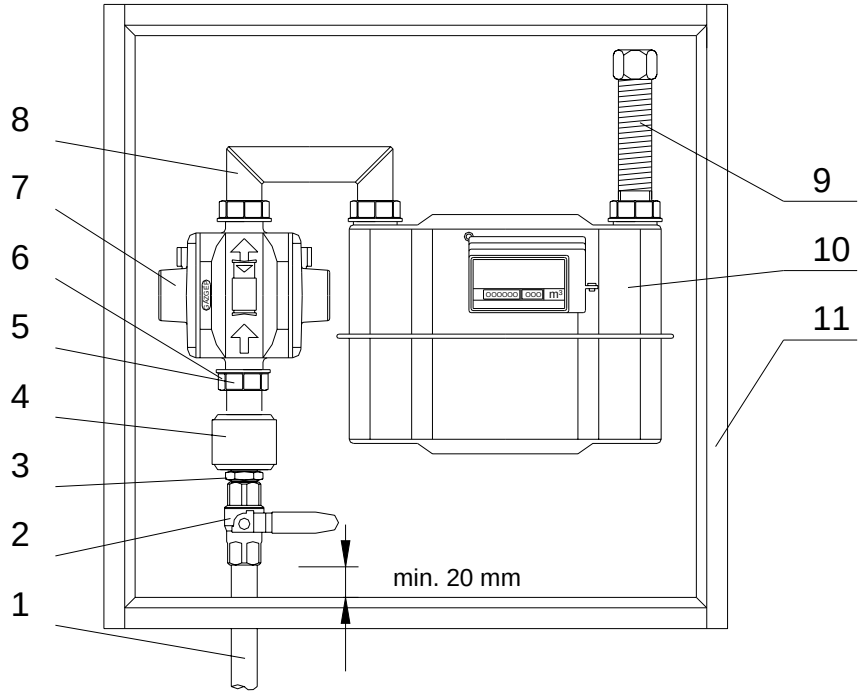
Najzastupljenija kategorija potrošača prirodnog plina su kućanstva te ona postavljaju posebne zahtjeve za održavanje. Budući da u distribucijskom sustavu istodobno egzistiraju dva podsustava i to: srednjeg tlaka 3 bara i niskog tlaka 75 mbara, nameće se i osnovna podjela kućnih mjerno- regulacijskih stanica (KRS) prema kriteriju tlaka.

Nužnu razliku treba činiti između KRS-a koje su priključene na plinovode izrađene od čelika i od polietilena. U slučaju izvedbe čeličnog priključka potrebno je izolirajućim komadom odvojiti mjerno-regulacijsku stanicu i unutarnju instalaciju od čeličnog plinovoda koji je katodno zaštićen (slika 2.1.).

Slika 2.1. KRS-a tlak 75 mbara/22m bara

Slika 2.2. KRS-a tlak 3 bara/22 mbara

KRS-e koje se uobičajeno koriste pri tlaku 3 bara u distributivnom plinovodu ako je plinski priključak napravljen od čelične cijevi sastoje se od slijedećih dijelova:



Slika 2.3. Dijelovi KRS-e 3 bara/22 mbara

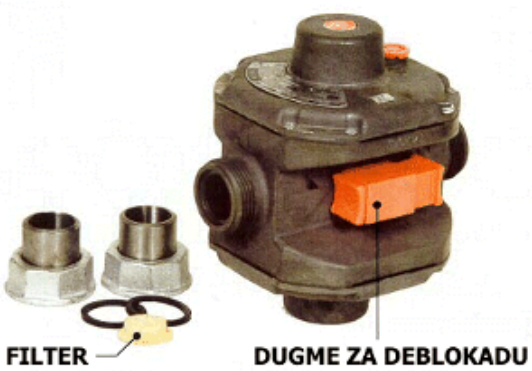
1. Čelični priključak 3/4“ (NO 20)
2. Kuglasta plinska slavina 3/4“ (NO 20)
3. Dvostruka nazuvica 3/4“ (NO 20)
4. Izolirajući komad 3/4“ (NO 20)
5. Filter 3/4“ (NO 20)
6. Rastavna veza 3/4“-5/4“ (NO20-NO32)
7. Regulator tlak KHS 2-5AA
8. Spojna cijev- most 1“ (NO 25)
9. Kompenzator 1“ (NO 25)
10. Brojila G4 ili G6 s priključcima 1“ (NO 25) razmaka 250 mm
11. Ormarić 600 x 600 x 260 mm

Plinomjer s mijehom radi na principu potiskivanja plina iz komore u komoru, što se postiže pomičnim razdvojenim stjenkama. Sastoje se od mjernog mehanizma, kućišta i brojčanika. Mjerni mehanizam sastoji se od dvije komore koje se razdvajaju tzv. mjehovima i koje se za radnog ciklusa po redu naizmjenično pune i prazne pomoću klizača i dok se jedna puni i širi, plin se potiskuje u drugu. Pogon koljenaste osovine pretvara translacijski pomak mijeha i klizača u rotacijski pomak, a okretaji koljenaste osovine se prenose na brojčanik. [4]

Brojčanik se sastoji od osam znamenki, prvih pet, gledajući s lijeva na desno, označavaju iznos u kubičnim metrima proteklog plina, dok posljednje tri znamenke označavaju litre i obično su označene crvenom bojom.

Zadatak regulatora tlaka u KRS-ama je reduciranje ulaznog tlaka iz plinske distributivne mreže, obično je to 3 bara, na vrijednost do maksimalno 22 mbara. Plinska trošila podešena su za rad u rasponu tlaka od 18-22 mbara. Isto tako važno je održavanje konstantnog tlaka na izlazu iz regulatora bez obzira kako se mijenja ulazni tlak, odnosno protočna količina plina, kako bi plinska trošila spojena na tu KRS-u mogla ispravno raditi.

Takvi regulatori imaju ugrađeni osigurač od nestanka plina koji zatvara dotok plina u slučaju kada je tlak plina niži od radnog tlaka plinskih trošila. U slučajevima kada trošila rade s tlakom nižim od normiranog, posebno trošila s atmosferskim plamenicima, postoji mogućnost nastajanja ugljičnog monoksida (CO) u plinovima izgaranja, što je u biti nepotpuno izgaranje. Na regulatorima postoji osigurač od nestanka plina. On će se aktivirati kod pada izlaznog tlaka na cca 50% izlazne vrijednosti. Aktivacija regulatora tlaka može biti automatska, nakon porasta tlaka plina na izlaznoj strani ili ručna, pritiskom na dugme (slika 2.4.) ili potezno.



Slika 2.4. Regulator tlak KHS-2 [3]

Regulator tlaka za ugradnju u kućnim mjerno-regulacijskim stanicama ima tvornički podešenu vrijednost izlaznog tlaka na 20 mbara. Svaki regulator tvornički je ispitan na čvrstoću i nepropusnost, kao i njegova funkcionalnost. Funkcionalno ispitivanje se provodi u svrhu ispitivanja funkcionalnog djelovanja i zadovoljenja naznačenih parametara.

Plinske slavine moraju biti konstruirane tako da se mogu zakretati samo za 90˚, odnosno s ograničenjem položaja „otvoreno-zatvoreno“. Oba položaja moraju biti jasno uočljiva, a smjer ručice pokazuje položaj zaklopke [2]. Ručica mora biti pristupačna i mora se lako skidati. Slavina mora izdržati termičko opterećenje od 650˚C u trajanju od pola sata. Služi isključivanju dovoda plina u objekat u slučaju požara ili druge nezgode te pri rekonstrukciji ili čišćenju kućne plinske instalacije.

Izolirajući komad postavlja se, prema DVGW, neposredno ispred glavne plinske slavine sa svrhom električne izolacije kućne plinske instalacije od ulične distributivne mreže.

3. Preventivno održavanje KRS-a

Da bi KRS-e ispravno funkcionirale potrebno je da zadovolje nekoliko kriterija:

1) nepropusnost,
2) ispravan rad regulatora tlaka uz izlazne vrijednosti tlaka (P_i) i protočnu količinu plina (Q),
3) ispavan rad glavnog zapornog organa i
4) točnost mjerenja protoka plina.

Preventivno održavanje KRS-a obavlja se na osnovi vremenskog plana kojim se definiraju potrošači prirodnog plina na čijim se KRS-ama mora izvršiti redovna izmjena plinomjera i ostale aktivnosti (tablica 3.1.). Te aktivnosti obavljaju se po isteku sezone grijanja, dakle u razdoblju od svibnja do listopada.

Tablica 3.1. Aktivnosti preventivnog održavanja KRS-a pri redovnoj izmjeni plinomjera

R.B.	Naziv posla
1.	Kreiranje i ispis naloga za održavanje
2.	Zaduživanje potrebnog materijala, mjerila i dijelova u skladištu
3.	Zatvaranje glavne plinske slavine
3.	Demontaža starog plinomjera
4.	Montaža novog/novoumjerenog plinomjera

5.	Otvaranje glavne plinske slavine
6.	Kontrola propusnosti detektorom plina ili pjenušavim sredstvom
7.	Po potrebi ponovno zatvaranje slavine i brtvljenje spojeva koji su propusni
8.	Po potrebi zamjena fleksibilnog crijeva
9.	Otvaranje glavne plinske slavine
10.	Aktiviranje regulatora tlaka
11.	Popunjavanje radnog naloga uz potpis potrošača
12.	Pohranjivanje u skladište skinutih mjernih uređaja
13.	Predaja radnih naloga na obradu

Određene aktivnosti obavljaju se po realizaciji preventivnih pregleda, a kao aktivnosti preventivnog održavanja mogu se navesti sljedeće: antikorozivna zaštita plinskog ormarića, zamjena pločice oznake kućnog priključka, popravak šarnira na plinskom ormariću, izmjena bravice za zatvaranje i slično.

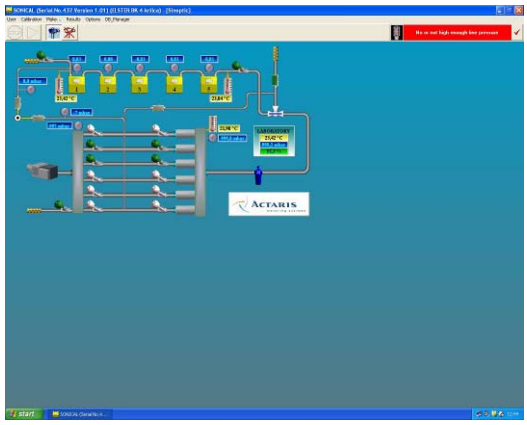
Kontrola nepropusnosti obavlja se pri redovnoj izmjeni plinomjera detektorom plina i pjenušavim sredstvom. KRS-a je obično smještena na fasadi u ormarić dimenzija 600 x 600 x 260 mm na fasadi ili u samostojeći ormarić, ima od 8 do 10 navojnih spojeva koji moraju biti kontrolirani na nepropusnost.

4. Kontrolni pregledi KRS

Odlukom ravnatelja Državnog zavoda za mjeriteljstvo svakih osam godina plinomjer se mora zamijeniti i ponovno umjeravati. Posao umjeravanja obično se, putem javnog nadmetanja, povjerava nekom od ovlaštenih mjeriteljskih laboratorija u Republici Hrvatskoj.

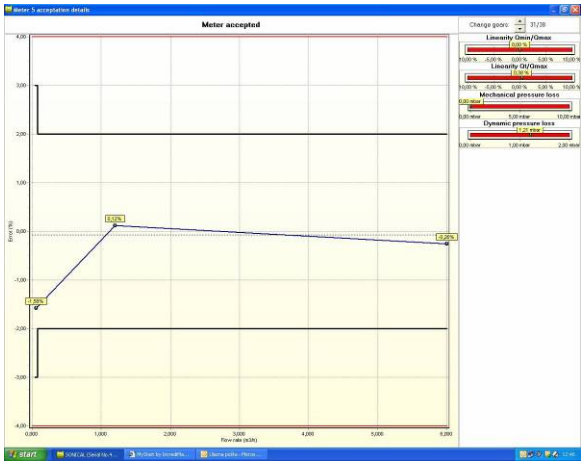
Nakon testa nepropusnosti svakog mjerila na mjernoj liniji (slika 4.1.), slijedi ispitivanje protoka na maksimalnoj vrijednosti, na minimalnoj vrijednosti te na 20% maksimalnog protoka. Programska podrška (slika 4.2.) omogućuje praćenje ispitivanja te grafički prikaz izmjerenih vrijednosti (slika 4.3.). Kao konačni rezultat mogu se očitati vrijednost pogreške protoka (slika 4.4.) te koji par zupčanika treba ugraditi u prijenosni mehanizam brojčanika da bi plinomjer radio unutar zakonskih granica točnosti. Mjerna pogreška mora se nalaziti u granicama +/-2 % duž cijelog intervala protoka osim na minimalnom protoku gdje greška smije maksimalno iznositi +/-3%.

Slika 4.1. Linija za umjeravanje

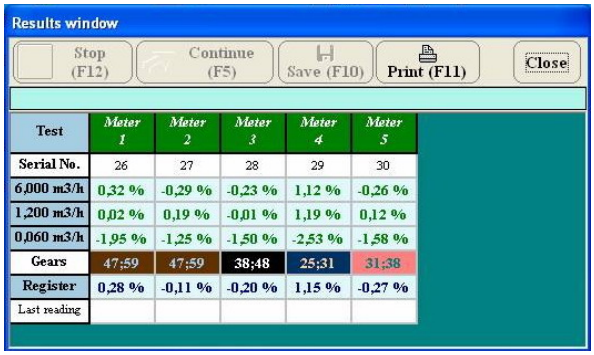


Slika 4.2. Informatičko sučelje

Kao ilustracija važnosti točnosti mjerenja protoka plina i umjeravanja plinomjera može pokazati slijedeći primjer. Ako jedno kućanstvo godišnje troši 2000 m^3 plina, a plinomjer mjeri samo 1% manje nego što je unutar zakonskih granica točnosti to je 20 m^3/godišnje. Ako taj slučaj traje 5 godina, dolazi se do 100 m^3 plina koji je utrošen, a nije fakturiran. To je, prema sadašnjim cijenama, cca 270 kn što iznosi više od polovine cijene novog plinomjera ili više od 2,5 puta cijena umjeravanja plinomjera.



Slika 4.3. Dijagram umjeravanja plinomjera



Test	Meter 1	Meter 2	Meter 3	Meter 4	Meter 5
Serial No.	26	27	28	29	30
6,000 m3/h	0,32 %	-0,29 %	-0,23 %	1,12 %	-0,26 %
1,200 m3/h	0,02 %	0,19 %	-0,01 %	1,19 %	0,12 %
0,060 m3/h	-1,95 %	-1,25 %	-1,50 %	-2,53 %	-1,58 %
Gears	47;59	47;59	38;48	25;31	31;38
Register	0,28 %	-0,11 %	-0,20 %	1,15 %	-0,27 %
Last reading					

Slika 4.4. Tablica rezultata umjeravanja

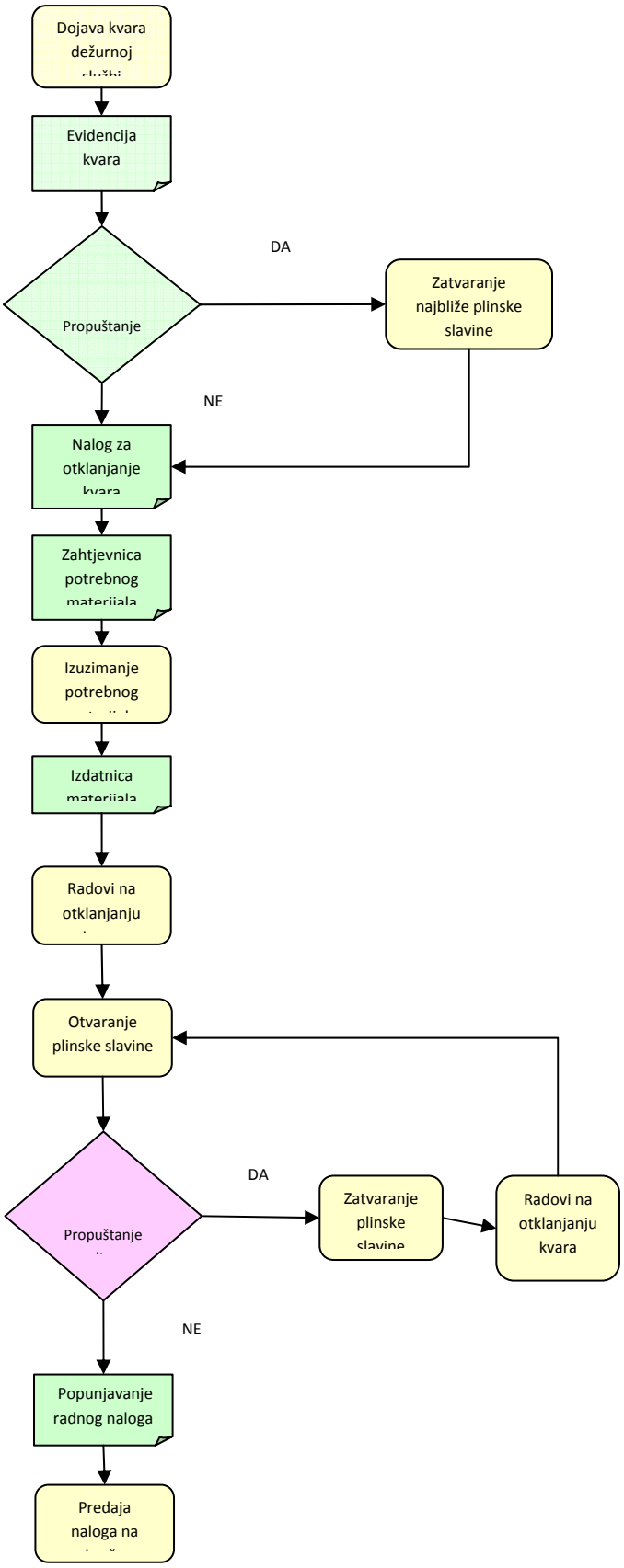
5. Korektivno održavanje KRS-a

Aktivnosti korektivnog održavanja provode se nakon uočenih nedostataka sustava (oštećenja i kvarova) koji kao rezultat imaju narušavanje nepropusnosti i funkcionalnosti pojedinih dijelova sustava. Obično se oštećenja i kvarovi dešavaju djelovanjem drugih osoba, nepažljivim izvođenjem građevinskih radova u blizini plinske armature, prometnim nezgodama (slika 5.1.) i slično. Mogući su i izvanredni zastoji plinomjera, iznenadna pojava propuštanja na spojevima u samoj stanici te zastoj rada regulatora tlaka.

Tijekom zimskih mjeseci dolazi do sakupljanja kondenzata u regulatorima tlaka koji se pri niskim temperaturama smrzava i blokira rad regulatora. To se u pravilu dešava kod novoizgrađenih plinovoda tijekom prve sezone eksploatacije. U tom slučaju potrebna je zamjena regulatora novim, a demontirani regulator potrebno je odmrznuti i osušiti te provjeriti njegovu funkcionalnost. Ako zadovoljava propisane uvijete ispravnosti odlaže se u skladište te po potrebi ugrađuje u distributivnu mrežu.

Slika 5.1. Oštećenje KRS-e

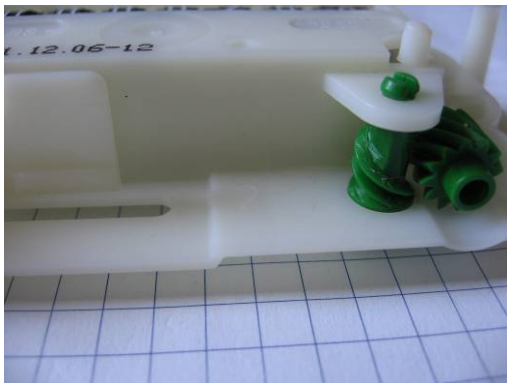
Dojava o uočenom ili načinjenom oštećenju dojavljuje se dežurnoj službi. Ovisno o veličini i značaju oštećenja aktivnosti korektivnog održavanja počinju odmah ili kada se za to stvore nužni uvjeti. Hodogram aktivnosti prikazan je slikom 5.2.


Dojava kvara dežurnoj
Evidencija kvara
Propuštanje
DA
Zatvaranje najbliže plinske slavine
NE
Nalog za otklanjanje
Zahtjevnica potrebnog
Izuzimanje potrebnog
Izdatnica
Radovi na otklanjanju
Otvaranje plinske slavine
Propuštanje
DA
Zatvaranje plinske
Radovi na otklanjanju kvara
NE
Popunjavanje radnog naloga
Predaja naloga na

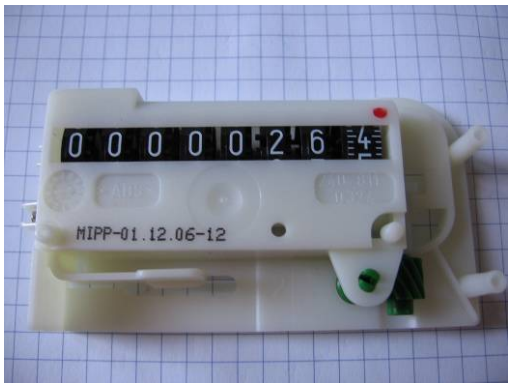
Slika 5.2. Hodogram aktivnosti korektivnog održavanja

6. Problemi kod očitanja potrošnje plina

U redovitoj distribuciji plina korisnicima javljaju se i određeni problemi s ometanjem točnog mjerenja potrošnje plina. U nastavku će biti opisani neki od pristupa ometanju točnog mjerenja potrošnje plina.



Slika 6.1. Oštećen pužni prijenos



Slika 6.2. Brojčanik plinomjera

Na pužnom vijku prijenosnog mehanizma brojčanika plinomjera skinut je jedan navoj, plinomjer pokazuje za trećinu manju potrošnju od stvarne (slika 6.1., slika 6.2.).

Slika 6.3. Prepiljena metrološka blomba

Olovna metrološka blomba je prepiljena, poklopac brojčanika je skinut, te su numeričke vrijednosti na brojčaniku vraćane unatrag, nakon toga poklopac je vraćen, a metrološka blomba lagano zalijepljena kako bi izgledala kao jedna cjelina (slika 6.3.).

Slika 6.4. Rastavljanje plinomjera

Slika 6.5. Mjehovi

Slika 6.6. Probušena izlazna lula

Plinomjer je prošao test nepropusnosti, rezultati umjeravanja dali su naslutiti da nešto sa mjerilom nije u redu. Nakon rastavljanja mjerila uočene su dvije rupe na izlaznoj luli mjernog mehanizma koja dosjeda u izlaznu ušicu plinomjera. Na taj način plin koji kroz ulaznu cijev plinomjera uđe u kućište jednim dijelom direktno prolazi kroz načinjeni otvor u izlaznu cijev

plinomjera (slika 6.4., slika 6.5., slika 6.6.), a drugim dijelom kroz mjerni mehanizam plinomjera. Mjerne pogreške ovog uređaja iznosile su:

- na Q_{min} = 0,04 m^3/h …100%
- na 20% protoka ……..75,01%
- na Q_{max} = 6 m^3/h …….27,13%

6. Zaključak

Opisom i analizom aktivnosti na održavanju kućnih mjerno regulacijskih stanica pokazala se važnost održavanja na pouzdanost i raspoloživost sustava za distribuciju plina. Uz prikazane aktivnosti posebno je važno istaknuti nužnost implementacije informacijskog sustava uz podršku informatičkih tehnologija. Ovakav sustav bi omogućio troškovno učinkovitije djelovanje službe održavanja.

Zakonska je obaveza umjeravati plinomjer svakih osam godina, a po potrebi i češće jer je to, u pravilu, u interesu distributera. Izlaznu cijev plinomjera trebalo bi blombirati jer se u dosta slučajeva događa da se baš dostupnost tog mjesta zloupotrebljava za ometanje točnog mjerenja. Svake godine bilo bi potrebno kupiti i instalirati najmanje 5 % novih mjerila pri redovnoj izmjeni plinomjera. Na taj način bi se osigurala zamjena svih mjerila u distribucijskom području u vremenskom periodu od 20 godina.

7. Literatura

[1] Majdandžić Niko: Strategija održavanja i informacijski sustavi održavanja, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 1999.
[2] Strelec i suradnici: Plinarski priručnik, Energetika marketing, Zagreb 1995.
[3] http://www.agria.hr/ kolovoz 2010. godine
[4] Osnove tehnike instalacije vode i plina, Energetika marketing, Zagreb 2003.

DALJI PRAVCI RAZVOJA KPG POGONA U SRBIJI

CNG AS AUTOMOTIVE FUEL - DEVELOPMENT PROSPECTS IN SERBIA

A.Stevanović[1]*, Rajko Simin[2]

[1]JP Srbijagas o.d. Beograd, Autoput 11, 11070 Novi Beograd, Srbija
[2]JP Srbijagas o.d. Novi Sad, Narodnog Fronta 12, 21000 Novi Sad, Srbija

* Autor za korespodenciju. E-mail: steval@energogas.rs

Apstrakt

S obzirom dosadašnje postignute pozitivne rezultate pri korišćenju prirodnog gasa kao pogonskog goriva za motorna vozila u komprimovanom stanju (u daljem tekstu KPG), nastavlja se razvoj ovakvog pogona na teritoriji Srbije pri čemu se pored osnovne namene KPG-a planira i korišćenja KPG-a kao pogonskog goriva i za druge potrošače uz pomoć "virtuelnog gasovoda". Radom su obrađeni dosadašnji realizovani projekti kao i planovi za dalji razvoj.

Ključne reči : mreža KPGS, virtuelni gasovod, motorna vozila

Abstract

Considering previous promising outcomes in utilization of compressed natural gas as automotive fuel (CNG), it's further implementation on the territory of Serbia should include, in addition to this basic purpose, also utilization of CNG as an energy fuel suitable to be transported to stationary consumers through a „virtual gas pipeline". This paper deals with already implemented projects as well as plans for further development in that field.

Keywords: CNGS network, virtial gas pipeline, automotive vehicles

1. Uvod

Prirodni gas kao pogonsko gorivo za vozila primenjen je Srbiji pre 15 godina. Od tada pa do danas njegova primena razvija se različitim intenzitetom, uslovljenim veoma nepovoljnim događajima u proteklom vremenu. I pored toga, postignut je uspeh koji se ogleda u formiranju mreže stanica za

punjenje vozila KPG –om, kao i voznog parka vozila koja su prilagođena korišćenju prirodnog gasa kao pogonskog goriva.

Razvoj pogona na KPG u proteklom vremenskom periodu, kao i planovi za dalji razvoj bili su uslovljeni formiranjem adekvatne regulative. Ono je obavljeno paralelno sa razvojem, a u skladu sa evropskom regulativom iz ove oblasti. Ovakav pristup imao je puno ekonomsko i operativno opravdanje.

Na žalost, država još nije zauzala stav po pitanju korišćenja KPG-a kao pogonskog goriva, što predstavlja teškoću pri razvoju. Zbog ovakvog stava države prema KPG-u, najveći deo razvojnih programa ostvaren je u okviru privatne inicijative. Medjutim, postoje realni izgledi da će u narednom periodu država aktivnije učestvovati u daljim planovima primene KPG-a kao pogonskog goriva za vozila.

2. Stanje u domenu infrastrukture

U ovom momentu aktivno je pet stanica za komprimovani prirodni gas (KPGS) velikog kapaciteta. Prva KPGS puštena je u redovan rad krajem novembra 2004. na inicijativu tadašnje firme NIS – GAS. Ostale četiru stanice izgrađene su na osnovu privatne inicijative i puštene u redovan rad tokom 2006. i 2007. godine. Najveći broj je izgrađen u okviru postojećih stanica za snabdevanje vozila klasičnim gorivima (benzin i dizel gorivo). Ove stanice prikazane su na slikama od 1 do 5, dok su u tabeli 1 date njihove trenutne osnovne karakteristike.

Slika 1 KPGS u Beogradu
(KRYOGAS)

Slika 2 KPGS u Kruševcu
(BOSS PETROL)

Slika 3 KPGS u Pančevu
(LADY)

Slika 4 KPGS u Čačku
(SPONIT)

Slika 5 KPGS u Novom Sadu
(JP Srbijagas)

Tabela 1 Prikaz osnovnih karakteristika KPGS u Srbiji

Mesto	Firma	Ulazni pritisak	Izlazni pritisak	Kapacitet stanice	Proizvođač stanice	Prosečna dnevna prodaja	Cena KPG-a
		bar	bar	m^3/h	(-)	kg/danu	EUR/kg
N. Sad	Srbijagas	40	220	395	Idromeccanica	-	-
Beograd	Kryogas	6	300	300	Schwelm	1.000	0.62
Kruševac	Boss Petrol	6	220	395	BRC	700	0.62
Pančevo	Lady	40	220	850	BRC	800	0.62
Čačak	Sponit	6	270	250	GreenField	500	0.62

U tabeli 2 prikazane su cene ostalih pogonskih goriva radi poređenja sa cenom KPG-a za septembar 2010. godine, kao i odnos prosečne cene KPG-a prema ceni ostalih goriva.

Tabela 2 Prikaz cena tečnih goriva i njihov odnos prema ceni KPG-a

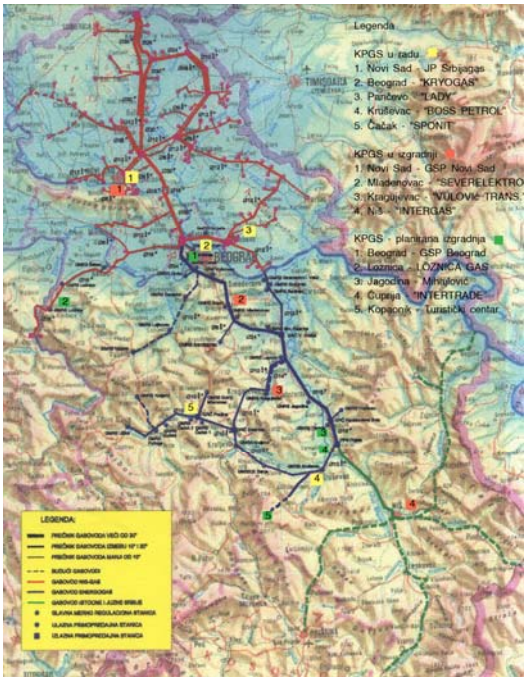
Vrsta goriva	Benzin MB 95	Benzin MBM 95	Dizel D2	EURO Dizel	TNG (LPG)	KPG (CNG)
	(EUR/lit.)	(EUR/lit.)	(EUR/lit.)	(EUR/lit.)	(EUR/lit.)	(EUR/kg.)
	1.,11	1,11	0,99	1,10	0,52	0,62
Odnos (KPG/t.g)	0,55	0,55	0,62	0,56	1,19	1

Navedene cene pogonskih goriva su maloprodajne. Analizirajući podatke iz tabele 2 može se uočiti da KPG svojom cenom ne predstavlja atraktivno gorivo, kao što je to slučaj u svetu, a to je direktna posledica indiferentnog stava države prema KPG-u. Inače, navedene cene formirane su na osnovu privatne inicijative i nisu nimalo realne niti podsticajne za dalji razvoj pogona na KPG. Situacija je znatno povoljnija za korisnike KPG-a koji imaju svoju KPGS i prirodni gas koriste za potrebe svog voznog parka.

Treba napomenuti da su međudržavni spor između Rusije i Ukrajine iz bliske prošlosti, a kasnije i znatno poskupljenje prirodnog gasa na svetskom tržištu, imali negativan uticaj na primenu

prirodnog gasa kao goriva za vozila, pa i šire - u ekonomskom, operativnom i prometnom smislu. Sa stavljanjem u pogon podzemnog skladišta prirodnog gasa u Banatskom Dvoru svi mogući prekidi dopreme i isporuke gasa biće svedeni na znatno manju meru.

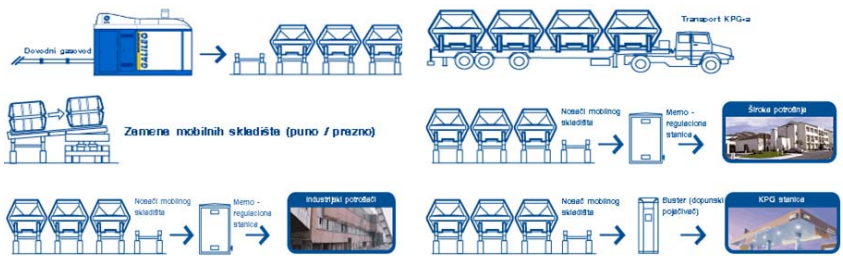
Na mapi 1 prikazan je trenutni raspored KPGS koje su u funkciji, kao i položaj KPGS koje se nalaze u fazi gradnje ili planova za izgradnju.



Mapa 1 Gasovodni sistem Srbije sa izgrađenom mrežom KPGS i lokacijama na kojima se grade KPGS ili se nalaze u fazi planiranja izgradnje

Treba napomenuti da će buduće KPGS u Mladenovcu, Nišu i Loznici imati mogućnost transporta prirodnog gasa "virtuelnim gasovodom", dik će se u okviru buduće KPGS u Beogradu instalirati i oprema za utečnjavanje prirodnog gasa u cilju povećanja plasmana i sigurnosti snabdevanja.

Slika 6 Princip rada "virtuelnog gasovoda"



"Virtuelni gasovod" se u načelu sastoji od sledećih delova: KPGS, namenskog transportnog sredstva sa mobilnim rezervoarskim prostorom (motorno vozilo, šinsko vozilo, brod ...), regulacione stanice i razvodnog gasovodnog sistema (završava se kod potrošača prirodnog gasa).

3. Stanje u domenu voznog parka

Razvoj mreže KPGS omogućio je stvaranje voznog parka jednogorivih i dvogorivih vozila. Prvo napravljeno vozilo je gradski autobus, tip IK 104 CNG (slika 7) . Nakon ovog vozila napravljeno je još jedno, tip IK 103 CNG . Oba vozila je proizveo IKARBUS, Beograd (slika 8) .

Proizvođač teških vozila FAP iz Priboja izložio je sredinom 2008. godine na Sajmu teških vozila u Beogradu prototip gradskog autobusa, tip FAP A 537.4 (Slika 9), koji je uključen u redovan gradski prevoz u Beogradu.

Slika 7 Gradski autobus tip IK 104 CNG

Slika 8 Gradski autobus tip IK 103 CNG

Slika 9 Gradski autobus tip FAP A 537.4

Ovom trendu proizvodnje gasnih autobusa pridružila se i privatna firma VULOVIĆ TRANSPORT iz Kragujevca. Autobusi ove firme koriste se u gradskom saobraćaju Beograda i Kragujevca (slika 10).

Slika 10 Gradski autobusi, proizvedeni u firmi VULOVIĆ TRANSPORT iz Kragujevca (BIK, MAZ - 203 CNG i MAZ 200 - KPG/D2)

Fabrika automobila iz Kragujevca takođe je napravila odgovarajuće korake ka osvajanju proizvodnje domaćih vozila koja koriste KPG. Rezultat toga su modeli putničkih i dostavnih vozila slike 11 i 12).

Slika 11 Putničko vozilo tip Florida CNG **Slika 12** Dostavno vozilo tip Florida CNG pick up

U domenu voznog parka privatnih vozila, prisutna su vozila koja koriste KPG za pogon. Najveći broj takvih vozila je u verziji dvogorivih vozila (benzin/KPG) i uglavnom su uvezena. Trenutno je u saobraćaju prisutno nekoliko stotina ovakvih vozila. U tabeli 3 dat je pregled strukture KPG vozila.

Tabela 3 Prikaz strukture KPG vozila u Srbiji

Vrsta vozila	Vrsta goriva		
	KPG/benzin	KPG/D2	KPG
Putničko vozilo	421	(-)	(-)
Autobus	(-)	1	5
UKUPNO	427		

4. Regulativa

Paralelno sa razvojem KPG pogona stvarana je i adekvatna regulativa, zasnovana na relevantnoj evropskoj regulativi. Rezultati takvog razvoja su standardi koji se odnose na projektovanje, građenje i održavanje KPGS (videti spisak literature). U upotrebi je i standard DWGV list G 651 (Odnosi se na KPGS).

Što se tiče vozila, atestiranje i homologacija vrše se po evropskim standardima ECE 110, kod institucija koje su dobile akreditaciju za ovakve poslove (Institut za motorna vozila Vinča).

5. Zaključak

Imajući u vidu dosadašnje rezultate u razvoju primene prirodnog gasa u komprimovanom stanju kao pogonskog goriva za vozila, može se zaključiti da postoje dobre šanse da se u narednom vremenskom periodu na teritoriji Republike Srbije intenzivnije razvije pogon na KPG. Budući da je ovakav pogon u okruženju znatno razvijeniji, postoji logična potreba da se na evropskom nivou, a naročito sa državama u okruženju, obavi povezivanje u cilju povećanja efikasnosti.

6. Literatura

1. Službeni glasnik Republike Srbije br. 88/327- Međunarodni ugovori, 24.09.2007; "Zakon o potvrđivanju Kjoto Protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih nacija o promeni klime"
2. Srpski standard SRPS EN ISO 15403, Mart 2007, Prirodni gas - Definisanje kvaliteta prirodnog gasa kao komprimovanog goriva za vozila; Identičan sa EN ISO 15403:2005
3. Interni standard JP Srbijagas-a, EN 13638 Stanice za punjenje vozila na prirodni gas; 11.11.2005, Identičan sa predlogom evropskog standarda prEN 13 638 od 10.06.2003. NGV filling stations.
4. Kataloška dokumetacija firme ASPRO - Argentina

Trovanje ugljičnim monoksidom: pojavnost, klinička prezentacija i prva pomoć
Carbon Monoxide Poisoning: Incidence, Clinical Presentation and First Aid

D. Gulam[1,*], B. Kovač[1], T. Ban[1]

[1] Klinički bolnički centar Osijek, Odjel za anesteziologiju, reanimatologiju i intenzivno liječenje, J. Huttlera 4, HR-31000 Osijek, Hrvatska

[*] Autor za korespodenciju. E-mail: danijela.gulam@xnet.hr

Sažetak

Ugljični monoksid je vodeći uzrok smrti od otrovanja, a mortalitet se kreće u rasponu od 1-31% u velikim studijama. Prava učestalost trovanja sa CO nije poznata jer se mnogi slučajevi koji nisu smrtni ne bilježe i ne prepoznaju. Žrtve trovanja ugljičnim monoksidom imaju rizik za razvoj brojnih ozljeda, uključujući mozak, srčano-žilni i plućni sustav. **Zaključak:** Najčešći izvor slučajnog izlaganja je profesionalno izlaganje i izgaranje u kućanstvu. Sprečavanje rizika izlaganja i mjere sigurnosti su vrlo važne. Rizičnu populaciju za smrtni ishod predstavljaju oni stariji od 75 godina, oni koji imaju srčano-plućne bolesti, novorođenčad i nerođena djeca u maternici. Opća populacija, a osobito medicinsko osoblje, moraju biti svjesni simptoma izloženosti CO u svrhu pomoći u identifikaciji i valjanom liječenju.

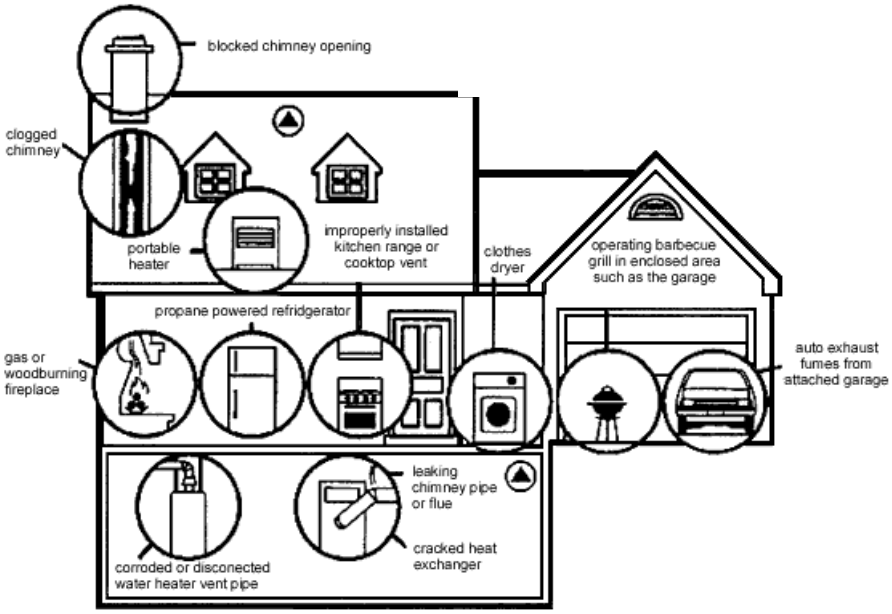
Abstract

Carbon monoxide is the leading cause of death to poisoning and reported mortality rates have ranged from 1–31% in large series. The true incidence of CO poisoning is not known, because many nonlethal cases go unreported or undetected. Victims of carbon monoxide poisoning are at risk for a range of injuries, including the brain, the cardiovascular system and the pulmonary system. **Conclusion:** The most common sources of accidental exposure are occupational exposure and household fire. Prevention of exposure risks and safety measures is important. Populations at risk for mortality are those over age of 75, those with underlying cardiopulmonary disorders, neonates and the fetus in utero. General population and medical staff, especially, must be aware of the symptomatology of the CO exposure to aid in identification and proper treatment.

Ključne riječi: accidents, air pollution, carbon monoxide poisoning, hyperbaric oxygenation

1. Uvod

Ugljični monoksid (CO) je visoko toksičan plin, bez boje, mirisa, okusa i nije nadražajan, lakši je od zraka pa mu je prisutnost teško potvrditi. Stvara se u uređajima koji koriste goriva na osnovi ugljika, kao što su motorna vozila, grijači aparati (kombi bojleri), topionice i peći na drva. Nastaje nepotpunim izgaranjem organskih sastojaka i obično je sastavni dio plinova nastalih izgaranjima u kućanstvu, u neventiliranim prostorima uz nedostatnu prisutnost kisika. Moguće izvore CO u domaćinstvu prikazuje **Slika 1.**



Slika 1. Mogući izvori CO u domaćinstvu

Trovanje ugljičnim monoksidom može nastati i udisanjem razrjeđivača u ličenju koji sadrže metilen-klorid, koji se u jetri metabolizira u CO. Kada se udiše, CO se natječe sa kisikom u krvi, vežući se za hemoglobin (Hb) na mjestu za kisik i tako utječe na dostavu kisika tkivima. Afinitet CO za Hb je približno 200-300 x veći od afiniteta kisika, čineći tako vrlo učinkovit mehanizam za uklanjanje kisika. Kao komponenta onečišćenja atmosfere, CO je ubikvitaran. Pratilac je civilizacijskog napretka i razvitka tehnologije.

2. Otrovanje ugljičnim monoksidom

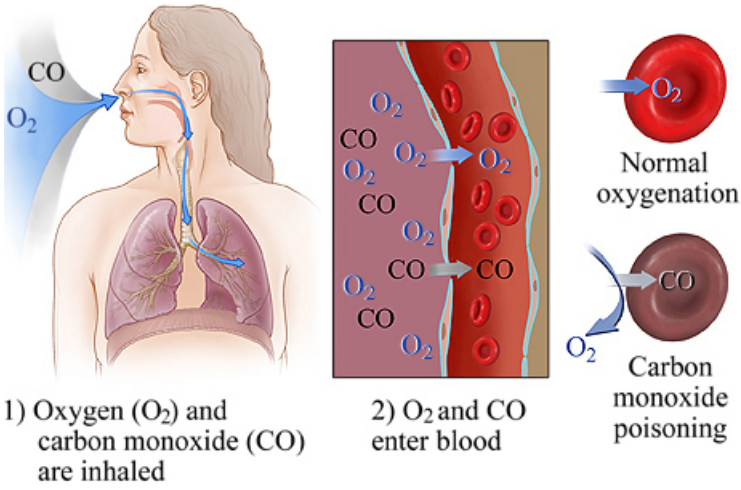
2.1. Incidencija (učestalost)

Otrovanja sa CO–om se nalaze na prvom mjestu uzroka smrti od akutnih otrovanja. S pravom se CO naziva "podmuklim ubojicom" jer ubija bez upozorenja. Prava učestalost otrovanja s CO-om je nepoznata jer se zbog različitih kliničkih manifestacija, mnogi slučajevi ne prepoznaju. Godišnje više od 200 Amerikanaca umre od trovanja ugljičnim monoksidom; čak 5 000 trovanih zahtijeva

bolničko liječenje. U Hrvatskoj ne postoje statistički podaci. U KBC Osijek godišnje ima manje od 10 slučajeva trovanja CO. Pojavnost je aktualizirana početkom sezone grijanja (upotreba plinskih kombi bojlera) u više od 90% slučajeva. Mali je broj smrtnih ishoda koji ni ne dođu do bolnice (1-2 godišnje). Rijetke su pojave suicidalnih trovanja ispušnim plinovima automobila u zatvorenim prostorima ili slučajnih trovanja u industrijskim postrojenjima. Svega nekoliko bolesnika zahtijeva oksigenaciju u hiperbaričnoj komori; za većinu slučajeva je dostatna hipeoksigenacija 100%-tnim kisikom na masku ili ventilacija sa endotrahealnim tubusom ako je bolesnik bez svijesti.

2.2. Patofiziologija otrovanja ugljičnim monoksidom

CO je lakši od zraka zbog čega mu je u zatvorenom prostoru koncentracija veća u višim dijelovima prostorija. CO je kumulativni otrov koji u organizam ulazi disanjem. Dugotrajno udisanje niskih koncentracija CO, dovesti će do manifesnog otrovanja. Afinitet vezanja CO za Hb je 200-300 puta veći nego kisika. CO brzo prelazi alveolo-kapilarnu membranu i reverzibilno se veže na 4 vezna mjesta hemoglobina stvarajući karboksihemoglobin, COHb, **Slika 2**.



Slika 2. Vezanje CO za hemoglobin u eritrocitu

Prisutnost CO u Hb, usporava otpuštanje kisika iz preostalih molekula hema u Hb, što otežava otpuštanje i dostavu kisika na razinu tkiva. Pri duljem izlaganju CO se veže za mitohondrijsku oksidazu, citokrom P-450 i peroksidaze. Na razini stanice inhibira iskorištenje kisika stvaranjem karboksicitokromoksidaze, koja djeluje kao toksin, a blokira staničnu proizvodnju energije i inhibiciju mitohondrijskog respiracijskog lanca. Četiri su potencijalna mehanizma toksičnosti CO:

1. smanjeni kapacitet za prenošenje kisika zbog COHb kompleksa
2. poremećene disocijacijske osobine kisika koje uvjetuju jače povezivanje kisika sa Hb i slabije otpuštanje, nastaje hipoksija
3. inhibicija staničnog disanja vezanjem CO za citokrom oksidazu i hiperoksidaze

4. vezanje CO za mioglobin, što izaziva disfunkciju srčanih i tjelesnih mišića.

Nakon izlaganja, CO disocira sa Hb i izlučuje se preko pluća. Smanjena dostava kisika mozgu stimulira receptore za disanje i ubrzava ga. Navedeno vodi ka još većem udisanju CO i nastaje respiratorna alkaloza. Tkivo središnjeg živčanog sustava je najosjetljivije na hipoksiju, pa se najprije javljaju neurološki simptomi. Nakon prolaznog gubitka svijesti obično nastupa lucidni period, a nakon 24-48 sati mogu se razviti progresivni neurološki ispadi zbog produljene hipoksije tzv. "kasni sindrom".

2.3. Klinička slika otrovanja ugljičnim monoksidom

Početni simptomi akutnog trovanja CO su glavobolja, letargija, mučnina, povraćanje i smetnje pamćenja, te smušenost. Dakle, otrovanje CO može oponašati mnoge druge bolesti i stanja, npr. običnu gripu. Mišićna slabost se razvija prije gubitka svijesti i uzrok je nedostatne samopomoći, zbog koje se unesrećeni često pronađe kraj vrata ili prozora. Djeca i kućni ljubimci često prvi pokazuju simptome porasta CO u okolnoj atmosferi. Rizik otrovanja je povećan u mlađih od 16 godina, starijih osoba i trudnica. Osobito je osjetljiv fetus jer njegov Hb ima veći afinitet za CO nego majčin, pa fetalna razina COHb raste i nakon prekida majčinog izlaganja CO i ima tendenciju porasta i do 10% veće koncentracije od majčine. Studije su pokazale da mortalitet fetusa može biti od 36-67% nakon majčinog izlaganja CO.

Ozbiljnost kliničke slike trovanja sa CO ovisi o koncentraciji CO kojoj je bolesnik bio izložen, trajanju izloženosti, frekvenciji i dubini disanja, srčanoj frekvenciji i vremenu koje je prošlo od pronalaženja osobe do dolaska u medicinsku ustanovu. Bolesnici su obično bez simptoma ako je COHb manji od 10%. Kako se koncentracija povećava na iznad 20%, razvija se nesvjestica, glavobolja, mučnina i konfuzija. Ako je koncentracija veća od 40 javlja se koma, grčevi i razvija se moždani edem. Pri koncentracijama COHb većim od 60% javlja se srčano-plućna disfunkcija i moguće smrt. Nastanak i ozbiljnost kliničkih simptoma toksičnosti CO, nisu uvijek u korelaciji sa koncentracijom COHb u krvi, npr. pušači koji puše preko 40 cigareta dnevno, mogu imati bazalnu COHb koncentraciju i 18% a bez vidljivih simptoma trovanja sa CO.

Akutno otrovani bolesnici sa CO mogu imati parenhimalni intesticijski edem, osobito na plućima, krvarenja uzrokovana hipoksičnim učinkom CO na srčano tkivo, što u konačnici izaziva zatajenje lijevog srca. Neotkriveno otrovanje CO-om daje sliku sindroma kroničnog trovanja. Najvažnije su posljedice na središnji živčani sustav sa neuropsihijatrijskim učincima koji se mogu javiti odmah nakon izlaganja CO, ali i odgođeno unutar 20 dana od izlaganja. Ove posljedice ne koreliraju sa koncentracijom COHb u krvi u vrijeme izlaganja već sa stanjem svijesti pri prijemu u bolnicu.

Simptomi su: razdražljivost, smušenost, kognitivne i promjene ličnosti, akinezija, parkinsonizam, psihička encelopatija, zaboravnost, apatija, pa čak i nesposobnost zadržavanja urina i stolice.

2.4. Dijagnoza

Postavlja se ne temelju dobivenih podataka o uvjetima gdje je osoba pronađena i kliničkim znakovima. Utvrđivanje razine CO u krvi može se utvrditi direktnim mjerenjem razine CO oslobođenog iz krvi ili mjerenjem CO sadržaja u izdahnutom zraku. U plinskim analizama krvi određuje se razina kisika u krvi i pH krvi, te razina mliječne kiseline (koja ukazuje na anaerobni metabolizam). Nažalost, pulsnim oksimetrom se ne može utvrditi zasićenost Hb kisikom (SaO2) jer i karboksihemoglobin (COHb) i oksihemoglobin apsorbiraju infracrveno svjetlo na 660 nm jednako, pa će rezultat SaO_2 biti lažno visok. Ostale analize uključuju testove na intoksikaciju lijekovima i alkohol, te biokemijske analize enzima, osobito jetre (CK, LDH, AST, ALT, γGT) i razinu glukoze u krvi. EEG, EKG, CT, MR i neuropsihijatrijsko testiranje korisni su u procjeni dinamike procesa i razvoja kliničke slike, osobito u osoba sa koncentracijama COHb >25%, čak i ako nisu imali toksične simptome pri prijemu.

2.5. Prva pomoć i liječenje

Prva pomoć bolesniku trovanom sa CO podrazumijeva:

1. što prije ga maknuti od izvora trovanja; držati ga što bliže zemlji (kisik je teži od CO).
2. pozvati Hitnu pomoć
3. u slučaju blažeg trovanja, dati bolesniku kavu ili jaki čaj, te dati pomirisati jaki miris (vatu natopljenu amonijakom ili parfemom)
4. u slučaju težeg trovanja mora se provesti oksigenacija putem maske s kisikom, osloboditi od odjeće koja otežava disanje, smjestiti ga u udoban položaj i ako ne diše započeti umjetno disanje, "usta na usta", 10-15 x u minuti.

Liječenje, nakon evakuacije, podrazumijeva davanje kisika u visokoj koncentraciji. Cilj je poboljšati sadržaj kisika u arterijskoj krvi povećavajući tlak kisika (PaO_2). Daje se 100% kisik koristeći dobro-prianjajuće maske za lice bez ventila za ponovno udisanje izdahnutog zraka. U slučajevima kada je bolesnik bez svijesti ili ne diše, potrebno ga je intubirati i ručno ventilirati 100% kisikom do bolnice.

U svih bolesnika koji su bili bez svijesti, u onih kojima je COHb bio >25%, u trudnica kod koji je COHb bio >20% u bilo kojem vremenu izloženosti, primjenjuje se hiperbarično (HBO) liječenje kisikom u barokomori. Hiperbarični 100%-tni O_2 se primjenjuje pri tlaku od 2-3 ATA. HBO povećava količinu otopljena kisika u krvi, dovodi do brže redukcija COHb u odnosu na

normobarični O_2. Bolesnici se obično tretiraju sa 2-3 tretmana pri čemu se kontrolira razina preostalog CO u krvi. Istraživanja su dokazala da HBO liječenje smanjuje spoznajne posljedice u razdoblju od 6 tjedana, ali i nakon 6 i 12 mjeseci u bolesnika sa akutnim, simptomatskim otrovanjem sa CO u odnosu na liječene normobaričnim kisikom.

3. Zaključak

Trovanje ugljičnim monoksidom nalazi se na prvom mjestu uzroka smrti od akutnih trovanja. Točan broj trovanja godišnje u RH nije poznat. Za Osječko-baranjsku županiju taj broj godišnje iznosi do desetak slučajeva. Smrtni ishod je iznimno rijedak ako se bolesnik živ dopremi u bolnicu i odmah započne liječenje. Nažalost, javljaju se i smrtni slučajevi u situacijama kada su žrtve prekasno pronađene. U našim uvjetima, više od 90% trovanja sa CO, uvjetovano je nepotpunim sagorijevanjem plina u plinskim bojlerima koji služe za zagrijavanje vode i grijanje stanova. U većini slučajeva, riječ je o neadekvatnim ventilacijskim otvorima na prostorijama u kojima se bojler nalazi, a ponekad je uzrok trovanja bio povezan i sa neadekvatnim odvodima plinova (dimnjacima). Vrlo rijetko je trovanje bilo izazvano samoubilačkim namjerama (upaljen automobil u garaži).

Stalna edukacija građana o provjeri i servisu uređaja koji se koriste za grijanje i kuhanje (plin, nafta ili drva), edukacija o ventilacijskim otvorima u prostorijama u kojima se ti uređaji nalaze, neophodna je da bi se broj nesretnih slučajeva, a naročito onih sa smrtnim ishodom, smanjio. Medijska pozornost, prije započinjanja sezone grijanja, sa upozorenjima za stručnu provjeru, servisiranje uređaja u kućanstvu, kao i čišćenje dimnjaka pomogla bi u smanjenju slučajeva trovanja sa CO.

Dužnost je svakog čovjeka pomoći unesrećenom, trovanom sa CO, osnovnim mjerama zbrinjavanja, a ako je potrebno i davanjem umjetnog disanja dok ne stigne pomoć.

4. Literatura

[1] Nyakonu Schwake, B.; Tschida, SJ.: Toxic Inhalations. U: Fink, MP.; Abraham, E.; Vincent, J.; Kochanek, PM.: *Textbook of Critical Care*. Philadelphia: Elselvier Saunders, 2005, str. 1729-31.

[2] Takač, I.; Kvolik, S.; Rakipović-Stojanović, A.: Liječenje posebnih stanja u JIL-u. U: Jukić, M.; Gašparović, V.; Husedžinović, I.; Majerić-Kogler, V.; Perić, M.; Žunić, J.: *Intenzivna medicina*. Zagreb: Medicinska naklada, 2008, str. 974-77.

[3] Rorison, DG.; McPherson, SJ.: Acute toxic inhalations. *Emerg Med Clin North Am* 1992; 10: 409-35.

[4] Grogan, H.; Hopkins, PM.: Heat stroke. Implications for critical care and anaesthesia. *Br J Anaesth* 2002; 88: 700-7.

[5] Alarie, Y.: Toxicity of fire smoke. *Crit Rev ToxiCol* 2002; 32: 259-89.

[6] Weaver, LK.; Hopkins,RQ.; Chan KJ.; i sur.: Hyperbaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning. *N Engl J Med* 2002; 347: 1057-67.

Povećanje radijusa domene prikupljanja biomase s ciljem podmirenja gubitka transporta
Increasing biomass collection domain radius due to transportation losses

H. Glavaš*, L. Józsa, T. Barić, P. Marić

Elektrotehnički fakultet Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku,
Kneza Trpimira 2b, HR-31000 Osijek, Hrvatska

* Autor za korespodenciju. E-mail: hrvoje.glavas@etfos.hr

Sažetak

U radu je prikazana realizacija podmirenja godišnjih potreba toplinskog konzuma prosječnog kućanstva uporabom biomase. Budući da je domena prikupljanja biomase udaljena od mjesta konzuma, transport biomase stvara gubitke koji analogno smanjuju energetsku vrijednost prikupljenog energenta. Optimizacijskim se tehnikama prikazanim u radu nastoje minimizirati gubici u transportu ekvivalentnim im povećanjem radijusa domene prikupljanja biomase. Nadalje s pomoću CLC baze su određene domene prikupljanja prema izračunatim potrebnim povećanjima radijusa za prikupljanje biomase.

Abstract

Paper presents an average household thermal consumption settlement using biomass. Since biomass collection domain is far away from the consumption point, biomass transportation makes household financial losses that can be interpreted as the biomass energy value decrease. Using optimization techniques described in the paper, biomass transportation losses are tend to minimize increasing collection domain radius. Further, according to increased collection domain radius values, collection domains are defined using the CLC base.

Ključne riječi: biomasa, domena prikupljanja, transportni gubitci, CLC

1. Uvod

Godišnje potrebe zamišljenog toplinskog konzuma niza obiteljskih kuća iznose $2738{,}19 \cdot 10^9$ [J]. Realizaciji podmirenja toplinskih potreba pristupilo se upotrebom biomase. Konzum je smješten u naseljenom području požeške kotline te je udaljen od domene prikupljanja biomase. Prosječni

godišnji prirast biomase navedenog područja iznosi 1,42 m^3/ha [2] Potrebna količina biomase LHV 15GJ/t nasipne gustoće 345kg/m^3 za podmirenje potreba iznosi 182,53 t tj. 529,07 m^3[1].

2. Potrebno povećanje radijusa domene prikupljanja biomase s ciljem podmirenja gubitka transporta

2.1. Površina domene prikupljanja biomase

Površina domene prikupljanja definirana potrebnim godišnjim volumenom biomase po prirastu na domeni prikupljanja iznosi:

$$\Omega_0 = \frac{V_0}{\text{prirast}} = \frac{529,07}{1,42} = 372,59 \text{ [ha]}$$

Pripadajući radijus prikupljanja je:

$$r_o = \sqrt{\frac{\Omega_0}{\pi}} = \sqrt{\frac{372,59 \cdot 10^4}{3,14}} = 1089 \text{ [m]}$$

Uz pretpostavku da je toplinski konzum udaljen od domene prikupljanja, transport stvara gubitke koji smanjuju energetsku vrijednost prikupljene biomase. Koristeći izraz za pad energetskog potencijala [1] biomase :

$$E(r) = m_o\left(1 - \frac{t^{es} \cdot R_{es}}{t^p}\right) LHV \text{ [GJ]}$$

gdje su:

m_0 - količina biomase na sabirnom mjestu i transportirana do elektrane [tona],

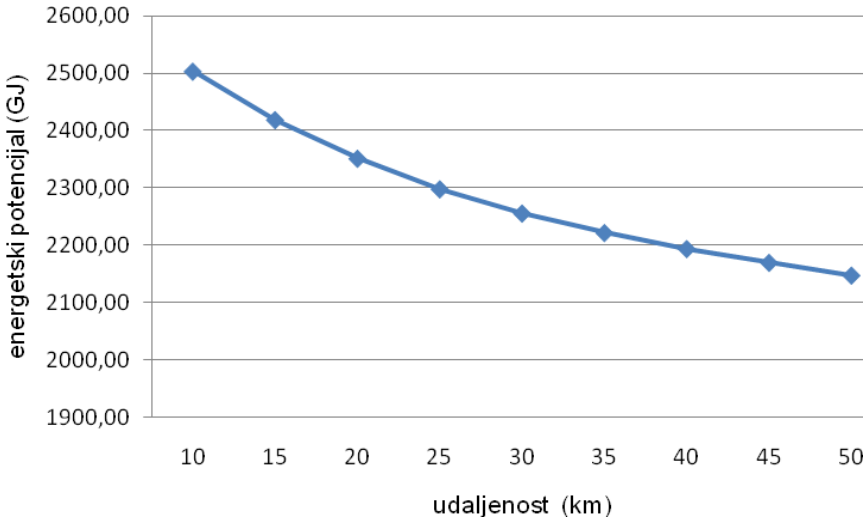
t^{es}- trošak transporta od sabirnog mjesta do elektrane [EUR/tona, km],

t^p - cijena biomase na sabirnom mjestu [EUR/tona],

$R_{es} = r$ - udaljenost između elektrane i sabirnog mjesta (mjesta prikupljanja) [km],

LHV - donja ogrjevna moć [GJ/tona].

dolazimo do slike 1 koja daje informaciju o padu energetskog potencijala prikupljene biomase u ovisnosti dužine transportnog puta.



Slika 1: Pad energetskog potencijala u ovisnosti o transportnoj udaljenosti

Gubitke koje stvara transport prikupljene drvne mase možemo iskazati i u obliku ekvivalentne izgubljene mase (tablica 1) tj. dodatne količine biomase koju moramo prikupiti s ciljem zadovoljenja energetske potrebe.

$$m^{\text{izgubljeno}} = \frac{t^{es} \cdot m_0 \cdot R_{es}}{t^{p}}$$

Tablica 1. Količina ekvivalentne izgubljene mase u ovisnosti transportne udaljenosti

udaljenost (km)	10	15	20	25	30	35	40	45	50
izgubljena masa (t)	15,65	21,29	25,78	29,34	32,16	34,42	36,29	37,90	39,38

Ukupna količina biomase neophodne za podmirenje konzuma se računa kao suma količine biomase potrebne za podmirenje godišnje potrebe i ekvivalentne izgubljene mase. Dobivene su vrijednosti prikazane u tablicama 2 i 3. Ukupna količina biomase koju moramo prikupiti da bi zadovoljili potrebe transporta označena je sa m.

$$m = m_0 + m^{\text{izgubljeno}}$$

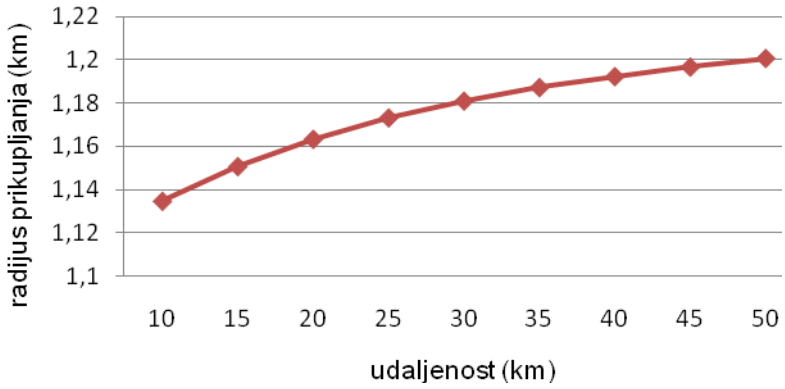
Tablica 2. Količina potrebne mase u ovisnosti transportne udaljenosti

udaljenost konzuma (km)	potrebna masa (t)	porast
10	198,18	7,90 %
15	203,82	10,44 %
20	208,31	12,38 %
25	211,87	13,85 %
30	214,69	14,98 %
35	216,95	15,87 %
40	218,82	16,58 %
45	220,43	17,19 %
50	221,91	17,75 %

Tablica 3. Potreban radijus prikupljanja u ovisnosti udaljenosti konzuma

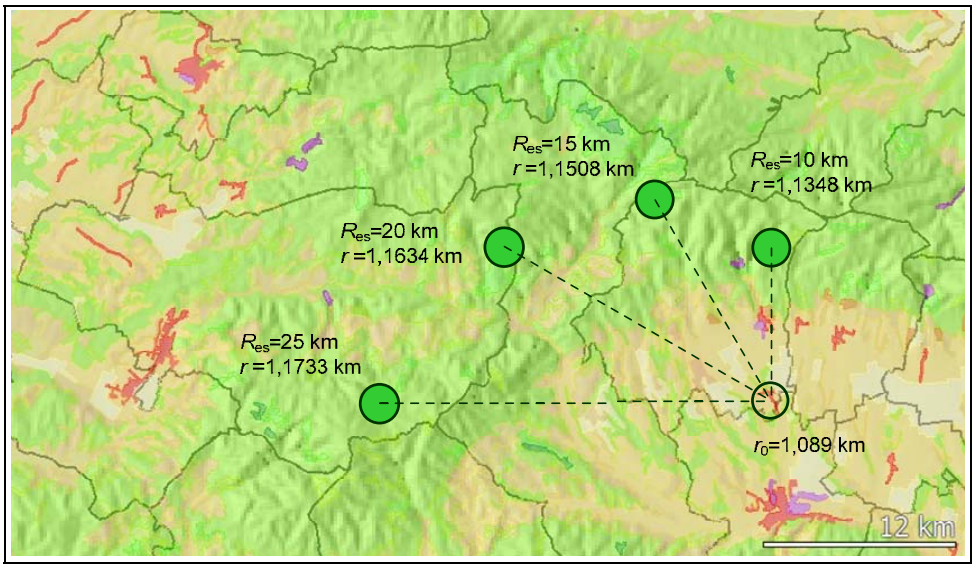
udaljenost konzuma (km)	radijus prikupljanja (km)
10	1,134756806
15	1,150780060
20	1,163388749
25	1,173284057
30	1,181072641
35	1,187283124
40	1,192376987
45	1,196755634
50	1,200764829

Slika 2 predstavlja vizualizaciju podataka iz tablice 3 :



Slika 2. Potreban radijus prikupljanja u ovisnosti udaljenosti konzuma

Uvažavajući potrebne radijuse prikupljanja uz pomoć CLC baze [4] možemo prostorno smjestiti domene prikupljanja na područja pokrivena šumom. Slika 3 prikazuje smještaj četiri domene sa pripadajućim transportnim udaljenostima i radijusima prikupljanja uz pretpostavku riješenih pravno- imovinskih pitanja i prava na prikupljanje biomase.



Slika 3. Radijusi mogućih domena prikupljanja na CLC prikazu

3. Zaključak

Biomasa, te posebice šumska biomasa predstavlja najznačajniji obnovljivi izvor Republike Hrvatske. Uporaba biomase van domene prikupljanja dovodi do gubitaka energije uslijed transporta. Primjer toplinskog konzuma koji se snabdijeva sa šumskom biomasom prikazuje potrebno povećanje radijusa domene prikupljanja s ciljem zadovoljenja energetskih potreba konzuma i gubitaka energije uslijed transporta. Domene prikupljanja šumske biomase na analiziranom primjeru su određene korištenjem CLC baza.

4. Literatura

[1] Glavaš, H: Modeliranje GIS-om opisanog energetskog potencijala biomase, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek, 2010.

[2] Ž. Sučić, Raspoloživi potencijal šumske biomase i kako ga koristiti, Toplifikacija naselja na obnovljive izvore energije, Sisak, 2008.

[3] bioen, Program korištenja biomase i otpada, Nove spoznaje i provedbe, EIHP, Zagreb 2001.

[4] http://corine.azo.hr

Sustav energetskih djelatnosti u Republici Hrvatskoj – stanje i perspektive
The system of the energetic services in the Republic of Croatia – condition and perspectives

Z. Tonković[1,*], A. Blagojević[2]

[1] HEP-Plin d.o.o., C. Hadrijana 7, HR-31000 Osijek, Hrvatska
[2] Pravni fakultet, Osijek, Radićeva 13, HR-31000 Osijek, Hrvatska

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

Sažetak:

U ovom radu analizira se sustav energetskih djelatnosti u Republici Hrvatskoj. Polazeći od normativnog definiranja, dakle od analize relevantnog zakonodavstva, preko analize Strategije energetskog razvitka iz 2009. i analize usklađenosti odnosnog područja s *acquis communautaire*-om, odnosno pravnom stečevinom Europske unije, autori dolaze do zaključka o daljnjim perspektivama, problemima i izazovima energetske politike i energetskog razvitka u Republici Hrvatskoj. Kao najvažniji cilj rada autori ističu odgovor na slijedeće pitanje: Ima li Republika Hrvatska u neizvjesnim uvjetima globalnog tržišta, s jedne strane, te uz oskudne domaće energetske resurse, s druge strane, šansu izgraditi održivi energetski sustav?

Ključne riječi: energetske djelatnosti, energetski razvoj, Republika Hrvatska

Abstract:

This paper analyses the system of the energetic services in the Republic of Croatia. Starting with the normative defininig, so with the relevant legislation analyses, over the 2009 Strategy of the energetic develeopment analyses and the analyses that concerns the compatibility of the respective areas with the *acquis communautaire* of the European Union, the authors come to the conclusion concerning further perspectives, problems and challenges of the energetic policy and energetic development in the Republic of Croatia. As the most important goal of this paper, the authors emphasize to answer following question: can Repubic of Croatia in aleatory conditions of the global market, on the one hand, and with deficient domestic energetic resources, on the other hand, establish sustainable energetic system?

Keywords: energy services, energy development, the Republic of Croatia

1. Uvod

U sistematizaciji javnog sektora, u kojemu sustave djelatnosti čine heterogene djelatnosti u društvenim, infrastrukturnim i komunalnim djelatnostima, energetske su djelatnosti našle svoje mjesto u okviru tzv. infrastrukturnih djelatnosti [1]. Pri tome, pod energetskim se djelatnostima, sukladno čl.15. Zakona o energiji, misli na slijedeće djelatnosti: proizvodnja električne energije, prijenos električne energije, distribucija električne energije, opskrba električnom energijom, vođenje elektroenergetskog sustava, organiziranje tržišta električnom energijom, dobava plina, transport plina, distribucija plina, proizvodnja naftnih derivata, transport nafte naftovodima i drugim oblicima transporta, trgovina na veliko naftnim derivatima, trgovina na malo naftnim derivatima, skladištenje nafte i naftnih derivata, proizvodnja toplinske energije, distribucija toplinske energije, opskrba toplinskom energijom, trgovanje, posredovanje i zastupanje na tržištu energije, transport i skladištenje ukapljenoga prirodnog plina, trgovina na veliko i malo ukapljenim naftnim plinom, te trgovina na veliko ukapljenim prirodnim plinom [2].

Kako se sustav energetskih djelatnosti, dakle, sastoji od čitavog niza manjih podsustava, koji su regulirani čitavim nizom zakona i podzakonskih akata, u sustavu energetskih djelatnosti uspostavljena je, Zakonom o regulaciji energetskih djelatnosti, Hrvatska energetska regulatorna agencija (u daljnjem tekstu: HERA), kao samostalna, neovisna i neprofitna javna ustanova osnovana radi uspostave i provođenja regulacije energetskih djelatnosti [3].

Kao zadaću ovog rada određujemo: analizirati relevantno zakonodavstvo Republike Hrvatske u odnosu na energetske djelatnosti, analizirati koliko je to zakonodavstvo usklađeno s pravnom stečevinom Europske unije ili tzv. *acquis communautaire*-om, te izvesti zaključke o daljnjim perspektivama, problemima i izazovima ove skupine djelatnosti u Republici Hrvatskoj.

2. Relevantno zakonodavstvo

Kao što je već uvodno napomenuto, sustav energetskih djelatnosti u Republici Hrvatskoj reguliran je s nizom relevantnih zakona i podzakonskih akata.

Temeljni su propisi koji se odnose na energetske djelatnosti slijedeći: Zakon o energiji, Zakon o tržištu električne energije, Zakon o tržištu plina, Zakon o proizvodnji, distribuciji i opskrbi toplinskom energijom, Zakon o tržištu nafte i naftnih derivata, Zakon o biogorivima za prijevoz i Zakon o regulaciji energetskih djelatnosti.

Ostali energetski propisi uključuju ponajprije Strategiju energetskog razvoja Republike Hrvatske, ali i različite pravilnike (kao što su: Pravilnik o organizaciji tržišta prirodnog plina, Pravilnik o energetskoj

bilanci), odluke (kao što su: Odluka o cijeni za dobavu plina dobavljaču plina za opskrbljivače tarifnih kupaca, Odluka o iznosu naknade za priključenje na elektroenergetsku mrežu i za povećanje priključne snage, itd.), uredbe (kao što su: Uredba o visini i načinu plaćanja naknade za koncesiju za distribuciju plina i koncesiju za izgradnju distribucijskog sustava, Uredba o sigurnosti opskrbe prirodnim plinom, itd.) i tarifne sustave (kao što su: Tarifni sustav za distribuciju prirodnog plina, bez visine tarifnih stavki, Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije).

U smislu Zakona o tržištu električne energije, energetske se djelatnosti obavljaju kao tržišne djelatnosti i kao regulirane djelatnosti [4]. Pod tržišnim se djelatnostima, dakle onima koje se obavljaju prema pravilima kojima se uređuju tržišni odnosi (odnosno, slobodno se dogovaraju količine i cijene isporučene električne energije, sklapanjem ugovora ili izravno na organiziranom tržištu) podrazumijevaju: proizvodnja električne energije za povlaštene kupce, opskrba električnom energijom za povlaštene kupce i trgovanje, posredovanje i zastupanje na tržištu energijom. S druge strane, pod reguliranim energetskim djelatnostima, koje se obavljaju kao javne usluge, podrazumijevaju se: proizvodnja električne energije za tarifne kupce, prijenos električne energije, distribucija električne energije, organiziranje tržišta električnom energijom i opskrba električnom energijom za tarifne kupce.

U smislu Zakona o tržištu plina, energetske se djelatnosti u sektoru plina također obavljaju kao tržišne djelatnosti ili kao regulirane djelatnosti [5]. Tržišne djelatnosti su slijedeće: proizvodnja plina, isporuka i prodaja prirodnog plina iz vlastite proizvodnje, opskrba plinom povlaštenoga kupca, posredovanje na tržištu plina i zastupanje na tržištu plina. Odnosni Zakon kao regulirane djelatnosti, koje se obavljaju kao javna usluga, razumijeva: transport plina, distribuciju plina, skladištenje plina, upravljanje terminalom za ukalupljeni prirodni plin, dobavu plina i opskrbu plinom tarifnog kupca.

Valja napomenuti kako je energetskim zakonima izražen poseban interes, odnosno interes Republike Hrvatske na području energetskih djelatnosti. Konkretno, prema Zakonu o energiji, od interesa je za Republiku Hrvatsku: izgradnja energetskih objekata, njihovo održavanje i korištenje, obavljanje energetske djelatnosti za učinkovito korištenje energije, te korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneracija. Sukladno Zakonu o proizvodnji, distribuciji i opskrbi toplinskom energijom, od posebnog je interesa za Republiku Hrvatsku: izgradnja energetskih objekata kogeneracije, njihovo održavanje i korištenje [6]. Od posebnog su interesa za Republiku Hrvatsku i poslovi HERA-e, koje ona obavlja na temelju javne ovlasti.

3. Hrvatska energetska regulatorna agencija – HERA

U sustavu energetskih djelatnosti djeluje HERA, kao samostalna, neovisna i neprofitna javna ustanova, osnovana Zakonom o regulaciji energetskih djelatnosti radi uspostave i provođenja regulacije energetskih djelatnosti. Normativni okvir rada i djelovanja HERA-e čine Zakon o energiji, Zakon o regulaciji energetskih djelatnosti, te zakoni i podzakonski propisi kojima se uređuje obavljanje pojedinih energetskih djelatnosti.

Temeljni su ciljevi regulacije energetskih djelatnosti slijedeći: osiguranje objektivnosti, razvidnosti i nepristranosti u obavljanju energetskih djelatnosti; briga o provedbi načela reguliranog pristupa mreži, odnosno sustavu; donošenje metodologija za utvrđivanje tarifnih stavaka tarifnih sustava; uspostavljanje učinkovitog tržišta energije i tržišnog natjecanja, te zaštita kupaca energije i energetskih subjekata. Zahvaljujući regulaciji energetskih djelatnosti, promiču se učinkovito i racionalno korištenje energije, poduzetništvo u području energetike, potom investiranje u odnosni energetski sektor i ne manje važna zaštita okoliša.

4. Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske

Na temelju čl.80. Ustava Republike Hrvatske i čl.5.st.3. Zakona o energiji, Hrvatski sabor usvojio je Strategiju energetskog razvoja Republike Hrvatske 2009. godine, odnosno čak i prije isteka Zakonom propisanoga desetogodišnjeg razdoblja od prethodne Strategije (one iz 2002.godine). Strategija je donesena za razdoblje do 2020. godine, što se poklapa s razdobljem za koje su doneseni strateški energetski dokumenti Europske unije, te se na taj način omogućava usporedba nacionalnih ciljeva s ciljevima Europske unije.

Sa svrhom definiranja razvoja energetskog sektora Republike Hrvatske za razdoblje do 2020. godine i temeljnim općim ciljem uspostave i izgradnje sustava uravnoteženog razvoja odnosa između sigurnosti opskrbe energijom, konkurentnosti i očuvanja okoliša koji će građanima i gospodarstvu omogućiti kvalitetnu, sigurnu, dostupnu i dostatnu opskrbu energijom, Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske slijedi tri temeljna energetska cilja: (1) sigurnost opskrbe energijom; (2) konkurentnost hrvatskoga energetskog sektora, te (3) održivost energetskog razvoja [7].

5. Strateški energetski dokumenti Europske unije

Relevantne direktive i uredbe Europske unije koje se odnose na regulaciju energetskog sektora uključuju: Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC; Regulation (EC) No 714/2009 of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 on conditions for access to the network for cross-border exchanges in electricity and repealing Regulation (EC) No 1228/2003; Directive 2009/73/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal

market in natural gas and repealing Directive 2003/55/EC; Regulation (EC) No 715/2009 of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 on conditions for acess to the natural gas transmission networks and repealing Regulation (EC) No 1775/2005; Regulation (EC) No 713/2009 of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 establishing an Agency for the Cooperation of Energy Regulators.

Iz strateških energetskih dokumenata Europske unije može se zaključiti kako je Unija prihvatila jedinstvenu dugoročnu politiku energetskog razvoja i politiku ublažavanja klimatskih promjena.

Kao temeljni ciljevi jedinstvene politike energetskog razvoja u Europskoj su uniji definirani: 20% smanjenje emisije stakleničkih plinova u 2020. godini u odnosu na 1990. godinu (odnosno 30% ako zemlje u razvoju prihvate obveze u skladu s njihovim gospodarskim mogućnostima); 20% obnovljivih izvora energije u bruto neposrednoj potrošnji u 2020. godini; 10% udio obnovljivih izvora energije u 2020. godini korištenih u svim oblicima prijevoza u odnosu na potrošnju benzina, dizelskog goriva, biogoriva u cestovnom i željezničkom prijevozu, te ukupne električne energije korištene u prijevozu; 9% smanjenje neposredne potrošnje energije u razdoblju do 2016. godine primjenom mjera energetske učinkovitosti; 20% smanjenje ukupne potrošnje energije u odnosu na temeljnu projekciju u 2020. godini.

6. Usklađenost hrvatskih energetskih zakona sa strateškim energetskim dokumentima Europske unije

Potpisivanjem Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju, 29.listopada 2001., i njegovim stupanjem na snagu, 1.veljače 2005., Republika Hrvatska preuzela je i odgovarajuće obveze u energetskom sektoru, pri čemu se ponajprije misli na obvezu preuzimanja pravne stečevine ili *acquis communautaire*–a Unije u području energetike. Kao buduća članica Europske unije, Hrvatska je prihvatila zajedničku europsku energetsku politiku i obvezu usklađivanja svoga zakonodavnog, regulatornog, institucionalnog i administrativnog okvira s pravnom stečevinom Unije, što je vidljivo iz Strategije energetskog razvoja, koja je odgovorila zahtjevima zajedničke europske energetske politike.

Dodatno, valja napomenuti kako su u listopadu 2005. Europska unija i devet zemalja jugoistočne Europa, a među njima i Hrvatska, potpisale Ugovor o Energetskoj zajednici, koji je stupio na snagu 1.srpnja 2006. godine. Odnosna je Energetska zajednica uspostavljena sa zadaćom uspostave suradnje između zemalja potpisnica i stvaranja stabilnoga regulatornog i tržišnog energetskog okvira.

7. Zaključna razmatranja ili perspektive energetskog razvoja Republike Hrvatske

Kako ostvariti temeljne ciljeve vezane uz sigurnost opskrbe, konkurentnost energetskog sektora i održivi razvoj, a sve to u možda više nego ikada do sada neizvjesnim uvjetima globalnog tržišta, s jedne strane, te uz oskudne domaće energetske resurse, s druge strane?

Neupitno je kako sva tri područja – sigurnost, konkurentnost i održivi razvoj – treba unaprijediti. Jasno, to je veliki izazov, koji zapravo zahtijeva promjenu dosadašnjeg shvaćanja energetike. Stoga, kao neke prve, ali iznimno važne korake ka boljoj perspektivi energetskog razvoja Hrvatske predlažemo: (1) promijeniti dosadašnje poimanje energetskih djelatnosti kao infrastrukturnih djelatnosti – ovo područje jeste infrastrukturno, ali i vrlo izgledno poduzetničko, a samim time i konkurentno; (2) energetski sektor treba se temeljiti na tržišnim načelima – jasno, uloga države u energetici je neprocjenjiva, no valja dobro razlučiti kada država treba intervenirati u tržišne procese; (3) nužno je razviti raznoliku energetsku strukturu; (4) nužno je bolje korištenje geopolitičkog položaja (dakle, položaja potencijalno tranzitne zemlje za naftu, prirodni plin, električnu energiju) i prostornih prednosti (dakle, prednosti pomorske zemlje i zemlje s dobrim lokacijama za izgradnju energetskih objekata. Jasno, svi se ovi koraci trebaju poduzimati uz strogo pridržavanje ciljeva i mjera zaštite okoliša.

8. Literatura

[1] Ivanda, S: Ustrojstvo i djelovanje javnog sektora, Opći dio, Grafika, Osijek, 2009.

[2] Zakon o energiji, Narodne novine (NN), br. 68/01, 177/04, 76/07, 152/08.

[3] Zakon o regulaciji energetskih djelatnosti, NN, br. 177/04, 76/07.

[4] Zakon o tržištu električne energije, NN, br. 177/04, 76/07, 152/08.

[5] Zakon o tržištu plina, NN, br. 40/07, 152/08, 83/09.

[6] Zakon o proizvodnji, distribuciji i opskrbi toplinskom energijom, NN, br.42/05.

[7] Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske, NN br. 130/09.

DONOŠENJE ODLUKE O REHABILITACIJI PLINSKE DISTRIBUTIVNE MREŽE PREMA TEHNIČKOM PRAVILU G 401

DECISION MAKING ON THE GAS DISTRIBUTION NETWORK REHBILATION IN ACCORDING TO TECHNICAL RULE G 401

Ibrahim Karahodžić

KJKP Sarajevogas d.o.o., Muhameda ef. Pandže 4, BiH-71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

* Autor za korespodenciju. E-mail: ibrahimk@sarajevogas.ba

Sažetak

Za donošenje odluka o rehabilitaciji plinske distributivne mreže postoje kriteriji koji se dijele na:

- tehničke kriterije;
- ekonomske kriterije i kriterije specifične za određeno preduzeće i
- vanjske utjecaje.

Mjerljivi tehnički kriteriji orjentišu se prema odredbama iz tehničkih propisa, normi i smjernica. Stanje mreže se karakteriše određivanjem oštećenja i slabih mjesta, a takođe se mora procijeniti i sa aspekta funkcionalnosti, kao i sa aspekta izbjegavanja ugrožavanja drugih postrojenja. Ocjena stanja distributivnih plinskih mreža mora posebno uzeti u obzir sljedeće tačke: slaba mjesta na spojevima; armature (npr. zaptivanje vretena, funkcija zatvaranja); oštećene vanjske obloge cijevi; vanjska korozija; taloženja; sklonost pucanju; smanjena propusna moć (kapacitet). Stopa oštećenja se izvodi iz što detaljnije statistike oštećenja (uzimajući u obzir radni list G 465 /I) koja se odnosi na grupe vodova i mrežu. Učestalost šteta na vodovima, armaturama, kućnim priključcima trebala bi se ocjenjivati prema internim kriterijima (propisima) specifičnim za dati materijal i dato preduzeće. Ekonomski kriteriji se karakterišu kroz visoke ili rastuće troškove servisiranja i opravki i mogu biti povod za mjere rehabilitacije na dijelovima plinske distributivne mreže, između ostalog kada se javljaju troškovi za kontrolu plinovoda i opravke i posebni troškovi držanja rezervnih dijelova (npr. kod nazivnih prečnika koji se više ne koriste ili kod materijala cijevi koji se više ne mogu nabaviti). Ostali ekonomski kriteriji za obnovu vodova mogu biti uštede na troškovima kod uvođenja mjera u sklopu nekih drugih radova na iskopavanju ili polaganja vodova ili kod mjera za povećanje kapaciteta plinske distributivne mreže. Vanjski uvjeti mogu biti povod za prijevremene mjere

rehabilitacije, npr.: mjere izgradnje ulica ili kanala; pomjeranje tla (npr. slijeganje tla, velika gradilišta); promet teretnih vozila; pošumljavanje; ugroženost od lutajućih struja.

Abstract

For the decisions making on the gas distribution network rehabilitations there are criteria divided as follows:

- technical criteria,
- economic criteria and specific criteria for defined companies, and
- external influences

Measurable technical criteria are orientated according to the provisions from technical roles, norms and guidelines. The network condition is characterized by the adjustment of damages and weak points, and it should be assessed from an aspect of the functionality, as well as from an aspect of avoidance of endangering of other installations. Assessment of the gas distributing networks conditions has to take into consideration following aspects: week places on the welded joins; valves (e.g. spindle sealing, function of closing); damaged outer pipe coverings; outer corrosion; sedimentations; cracking inclination; reduction of the permeability (capacity). Rate of impairment is derived from the as detailed as possible statistics (taking into consideration the operating list G 465/l) regarding the groups of lines and the network. Frequency of damages on the lines, valves, house connections should be assessed according to the internal criteria (regulations) specified for the given material and the given company. Economic criteria are characterized through the high or increasing costs of servicing and repairing and they can be reason for the measures of rehabilitations on the parts of the gas distributing network, among other things when appear costs for the gas line control and reparations and separate costs of the spare parts keeping (e.g. in the case of rated diameters which are out of usage or in the case of the pipe material that cannot be purchased anymore). Other economic criteria for rehabilitations of lines can be savings of costs in the case of implementation of measures in the scope of some other works on excavations or laying down of lines or in the case of increasing of the gas distributive network capacities. External circumstances can be motive for the early rehabilitation, e.g.: measures of the road or channel constructions; moving of the ground (e.g. settling of the ground, large building sites); traffic of the goods vehicles; forestation; being endangered form the stray currants.

1. Uvod

Plinske distributivne mreže moraju se dugoročno osigurati redovnim i kontinuiranim mjerama održavanja. To se priprema opsežnim planiranjem. Sigurnost snabdijevanja direktno zavisi od stanja plinskih distributivnih mreža. Rehabilitacija orjentirana na stanje mreže utiče na sigurnost snabdijevanja i ekonomičnost. Vrednovanje potrebnih kriterija za rehabilitaciju distributivnih plinskih mreža uzima u obzir postojeće izlazne uslove. Brojčane vrijednosti su iskustvene vrijednosti, tako da osnovu za vlastito planiranje trebaju činiti vrijednosti koje se odnose na dato preduzeće.

2. Kriteriji

Kriteriji za rehabilitaciju se dijele na:

- tehničke kriterije,
- ekonomske kriterije i kriterije specifične za određeno preduzeće,
- vanjske utjecaje.

2.1 Tehnički kriteriji

Mjerljivi tehnički kriteriji orjentišu se prema odredbama iz tehničkih propisa, normi i smjernica. Pri ocijeni stanja distributivnih plinskih mreža moraju se posebno uzeti u obzir sljedeće tačke:

- slaba mjesta na spojevima (npr. stezne spojnice),
- armature (npr. zaptivanje vretena, funkcija zatvaranja),
- oštećene vanjske obloge cijevi,
- vanjska korozija,
- taloženja,
- sklonost pucanju,
- smanjena propusna moć (kapacitet).

Stopa oštećenja se izvodi iz što detaljnije statistike oštećenja koja se odnose na dijelove plinske mreže i priključaka.

Učestalost šteta na distributivnoj plinskoj mreži i priključcima trebala bi se ocijenjivati i prema internim kriterijima (propisima) specifičnim za dati materijal i dato preduzeće.

2.2 Ekonomski kriteriji

Visoki ili rastući troškovi servisiranja i opravki mogu biti povod za mjere rehabilitacije na dijelovima plinske distributivne mreže, između ostalog kada se javljaju:

- troškovi za kontrolu cjevovoda i opravke,

- posebni troškovi držanja rezervnih dijelova (npr. kod nazivnih prečnika koji se više ne koriste ili kod materijala cijevi koji se više ne mogu nabaviti).

Ostali ekonomski kriteriji za obnovu vodova mogu biti uštede na troškovima kod uvođenja mjera u sklopu nekih drugih radova na iskopavanju ili polaganja vodova ili kod mjera za povećanje kapaciteta plinske distributivne mreže.

Uvažavajući specifične kriterije za određeno preduzeće mjere rehabilitacije mogu također izazvati i:

- učestalost i trajanje prekida snabdijevanja,
- često ili vrlo otežano iskopavanje na posebnim područjima (npr. pješačka zona, međugradske saobraćajnice),
- iskopavanja za planske radove vraćanja u prvobitno stanje na priključnim vodovima u ulicama,
- mogućnost polaganja sa drugim vodovima za snabdijevanje ili odvođenje,
- razne vrste šteta na cijevima koje imaju uticaja na javnost i uzrokuju troškove,
- promjenjen režim rada mreže (npr. povećanje tlaka).

2.3 Vanjski utjecaji

Vanjski uvjeti mogu biti povod za prijevremene mjere rehabilitacije, npr.:

- mjere izgradnje ulica ili kanala,
- pomjeranje tla (npr. slijeganje tla, velika gradilišta),
- promet teretnih vozila,
- pošumljavanje,
- ugroženost od lutajućih struja.

3. Planiranje i provođenje mjera rehabilitacije

Kvalifikovana rehabilitacija plinske distributivne mreže zahtijeva:

- detaljno poznavanje postojećeg stanja mreže,
- dugoročno definisanje strategije sa odredbama tehničkih/ekonomskih ciljeva,
- plansko provođenje prema utvrđenim osnovama,
- usaglašavanje sa planiranjem izgradnje.

3.1 Osnove za ocjenu stanja mreže

Saznanja i ocjene stanja plinske distributivne mreže zahtijevaju vođenje planiranja postojećeg stanja, kao i vođenje baza podataka o:

- vodovima za snabdijevanje,
- priključnim vodovima,

- armaturama,
- statistici oštećenja koje se odnose na određene vodove,
- dijagnozi vanjskog stanja vodova,
- rezultatima analize cjevovoda,
- troškovne karakteristike mjera održavanja.

3.2 Formiranje grupa vodova

Ocjene prema vrsti materijala, odnosno vezane za konstrukciju mogu dovesti do formiranja sljedećih grupnih podjela vodova:

- čelični cijevni vodovi prema vanjskoj oblozi cijevi,
- prema načinu spajanja,
- PVC- vodovi,
- PE-HD- vodovi prema generacijama,
- PE -Xa- vodovi.
- vodovi postavljani bez kopanja,
- sanirani vodovi.

Starost voda nije primarni kriterij za rehabilitciju. Međutim, starost voda može biti uzeta kao indirektni kriterij za ocjenu mjera rehabilitacije.

3.3 Strategijsko dugoročno planiranje

Cilj strategijskog dugoročnog planiranja za neki period od cca 10 - 20 godina je:

- odrediti ciljeve snabdijevanja,
- izvođenje svih potreba rehabilitacije poređenjem trenutnog i potrebnog stanja,
- određivanje potreba finansiranja,
- mjere, koje proizilaze iz tehničke/ekonomske analize mreže,
- procjenu srednjeg trajanja korištenja grupa vodova, koja je rezultat analize stanja mreže,
- procjeni optimiziranog pogonsko-ekonomskog trajanja korištenja.

Pojedinačni koraci u dugoročnom planiranju za svaku grupu vodova:

- analiza stanja slabih mjesta za čitavu plinsku cjevnu mrežu,
- određivanje tehničkih i ekonomskih ciljeva snadbijevanja,
- kontrola pridržavanja mjerljivih kriterija (tlak, stopa oštećenja),
- procjena dugogodišnje potrebe rehabilitacije prema stanju mreže i prema srednjem trajanju korištenja,

- utvrđivanje predviđene stope rehabilitacije utvrđivanjem vremenski ograničenih posebnih mjera izgradnje,
- utvrđivanje predviđene stope rehabilitacije izborom odgovarajućih postupaka za obnovu i saniranje,
- utvrđivanje predviđene stope rehabilitacije uspostavljanjem finansijskih planova za period ekonomskog planiranja u preduzeću.

3.4 Sprovođenje strategijskog planiranja

Strategijsko dugoročno planiranje sprovodi se u pojedinačnim godišnjim planovima. Cilj ovakvog pojedinačnog planiranja za svaku godinu jeste sljedeće:

- utvrđivanje prioriteta koji daju najveću očekivanu tehničku/ekonomsku korist nakon popravljanja slabih mjesta (npr. poboljšanje sigurnosti snabdijevanja, smanjenje troškova opravke i servisiranja),
- optimiziranje toka i provođenja u pogledu tehničkih i ekonomskih kriterija (izbor postupka, angažovanje sopstvenih ili vanjskih resursa, obim dopunskog snadbijevanja),
- usporedbom trenutnog i potrebno (željenog) stanja ispitati i osigurati tehničku / ekonomsku uspješnost,
- uzeti u obzir vanjske utjecaje na mjere rehabilitacije.

4. Izbor postupka rehabilitacije distributivnih plinskih mreža

Izbor i ocjena postupaka orijentišu se prema:

- tehničkim kriterijima,
- ekonomskim kriterijima,
- vanjskim kriterijima.

4.1. Tehnički kriterij za izbor postupaka rehabilitacije

Za postupak saniranja trebaju se ispitati npr. sljedeće tehničke pretpostavke:

- Da li će dimenzioniranje biti dovoljno i u budućnosti?
- Da li je osigurana zadovoljavajuća stabilnost postojeće cijevi i da li će se ona održati za željeno trajanje korištenja?
- Da li se može održati trasa voda?
- Da li postoje službena ograničenja, kao zabilješke o zabrani kopanja?
- Da li se treba računati sa predsaniranjem?

- Da li je pokrivanje voda zadovoljavajuće?
- Da li postoji dovoljna udaljenost od paralelno postavljanih vodova i udaljenost kod ukrštanja vodova?
- Postoje li naznake koje govore u prilog saniranju, npr:
  - ✓ zahtjevna (potrebna) visina nadsloja gornja površina,
  - ✓ drvored u vidu aleje,
  - ✓ interesi stanovništva (poslovnice, prijelazi).

Kod odvojenih (duplih) vodova potrebno je ispitati da li se može odreći jednog voda.

4. 2. Ekonomski aspekti za izbor postupaka rehabilitacije

Ekonomski aspekti već ograničavaju izbor odgovarajućih postupaka za saniranje ili obnovu. Ispitivanje troškova je presudno za konačni izbor postupka iz preostalih mogućnosti. Osim troškova postupka dodatno se trebaju uračunati:

- potrebni troškovi za podzemne i površinske radove,
- troškovi uvezivanja u postojeću mrežu,
- troškovi priključaka i preusmjeravanja priključnih vodova,
- godišnje uslovljeno dopusko snabdijevanje, ukoliko sam postupak to zahtijeva,
- budući kalkulacijski pogonski troškovi.

Osim toga, na odluku mogu uticati i nepredvidivi faktori kao:

- utrošeno vrijeme za saniranje/obnovu,
- ugrožavanje saobraćaja, uključujući i vlasnike zemlje (susjede i sl.),
- sposobnost ponuđača,
- certifikat/reference ponuđača,
- kvalitet izvedbe.

Kod postupka saniranja, koji po pravilu iziskuje veće pogonske troškove i za koje se predviđa relativno kraće trajanje korištenja, trebala bi se ostvariti ušteda troškova od najmanje 20 % u odnosu na troškove obnove vodova.

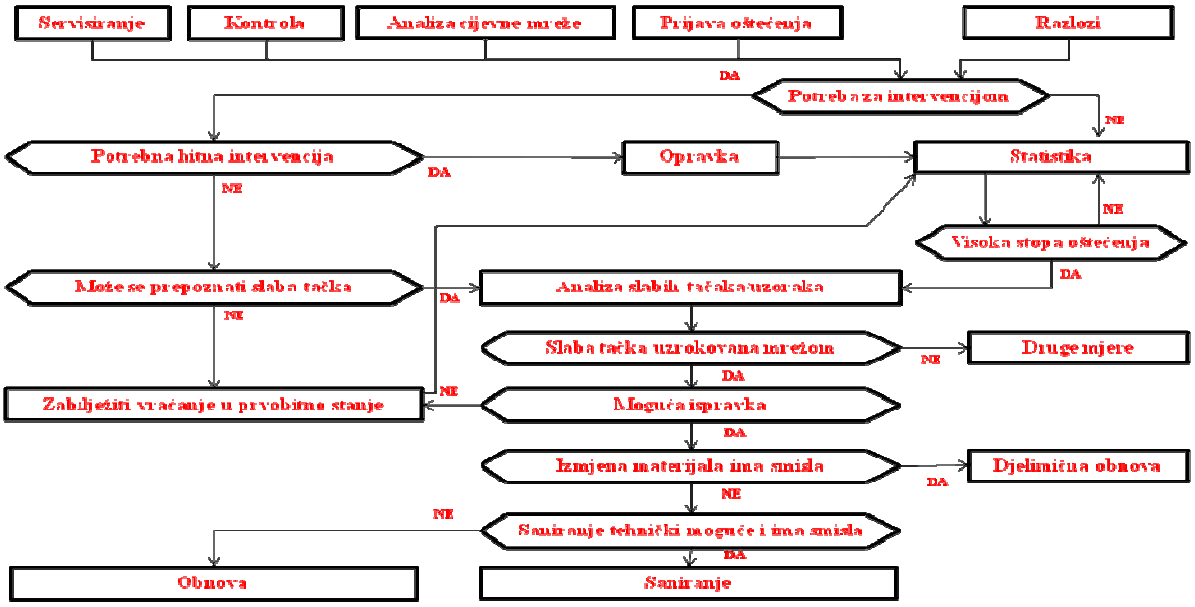
4. 3. Vanjski kriteriji za izbor postupaka rehabilitacije

Vanjski kriteriji koji utiču na izbor postupka rehabilitacije su:

- pomjeranje tla (slijeganje, odroni),
- bespravna gradnja iznad vodova.

5 Mjere rehabilitacije distributivne plinske mreže

Povod i proces odlučivanja za mjere rehabilitacije prikazan je slijedećim organigramom.

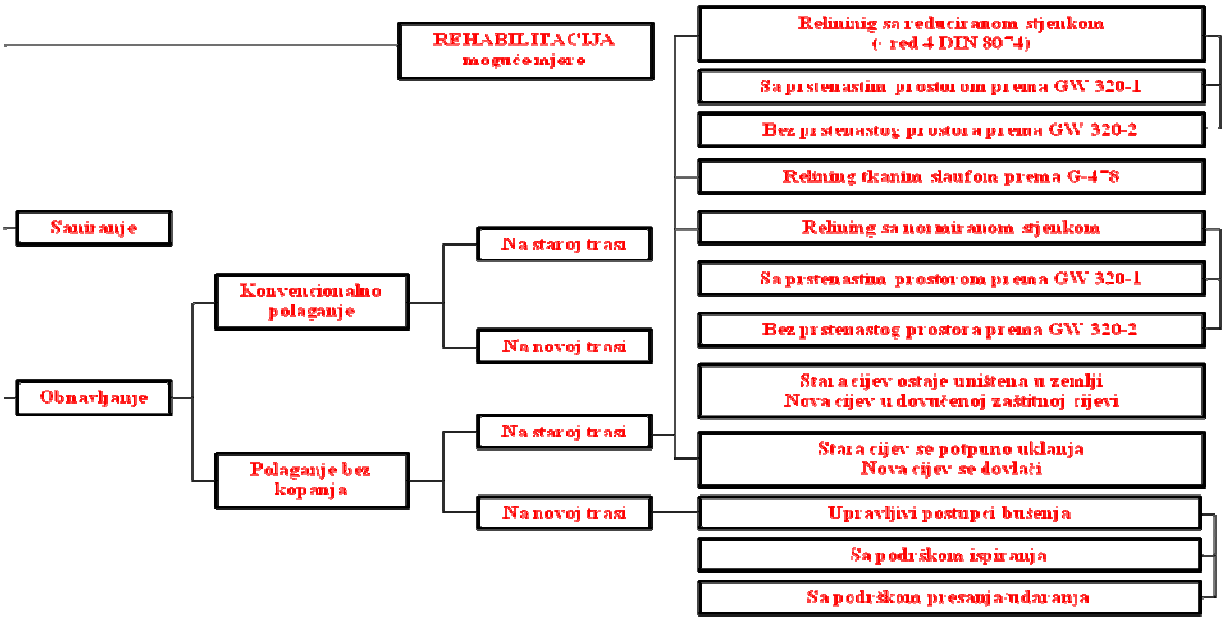


5.1 Postupci pri mjerama rehabilitacije

Mogući postupci rehabilitacije za plinske vodove dijele se na:

- postupke saniranja,
- postupke obnove,

a prikazani su slijedećim organigramom.



6. Zaključak

Ne sprovođenje mjere rehabilitacije ili mjere rehabilitacije koje nisu na vrijeme sprovedene dovode do ugrožavanja sistema za snadbijevanje, pa i do toga da se tehnički i ekonomski ne mogu kontrolisati kao i do znatnog gubitka imidža.

7. Literatura

[1] G 459-1 Kućni priključci plina za pogonski pritisak do 4 bar, projektovanje i izgradanja;

[2] G 465 -1 Kontrola plinovodne mreže sa pogonskim pritiskom do 4 bar;

[3] G 462 -1 Izgradnja plinovoda od čeličnih cijevi do 4 bar pogonskog pritiska;

[4] G 472 Plinovod od polietilena (PE 80, PE 100 i PE-Xa) do 10 bar pogonskog pritiska – izgradnja;

[5] G 478 Saniranje plinskog cjevovoda pomoću relininga tkanim crijevom Zahtjevi, obezbjeđenje kvaliteta i kontrola;

[6] GW 120 Planovi za cijevne mreže za javno snadbijevanje vodom i plinom;

[7] G 320-1 Rehabilitacija vodovodne i plinske cijevne instalacije sa PE- HD cijevima pomoću Relining- postupka sa prstenastim prostorom; zahtjevi, osiguranje kvaliteta i kontrola;

[8] G 320-2 Rehabilitacija vodovodnog i plinskog cjevovoda sa PE- HD cijevima pomoću Relining- postupka bez prstenastog prostora; zahtjevi, osiguranje kvaliteta i kontrola;

[9] G 321-1 Upravljivi postupci bušenja i ispiranja za plinske i vodovodne cijevi za snabdijevanje, zahtjevi, osiguranje kvaliteta i kontrola;

UZROCI OŠTEĆIVANJA TOPLOVODNIH CIJEVI
CAUSES OF DAMAGES HOT WATERPIPES

[1]A. Ravlić, [2]I.Vitez, [2]S.Aračić i [2]V.Marušić

[1]Brod – plin d.o.o. Služba toplinarstva, Tome Skalice 4, HR – 35000 Slavonski Brod,
[2]Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Trg I. B. Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska

Autor za korespodenciju. E-mail: antobplin@gmail.com

Sažetak

U radu su obrađeni i sistematizirani rezultati praćenja uzroka i oštećivanja elemenata energetskih postrojenja. Zaključeno je da oštećenja nastaju na graničnoj plohi odijeljenih faza daleko češće nego po cijeloj površini materijala i kod loše izoliranih toplovodnih cijevi. Analizirane su promjene svojstava osnovnih materijala uz pomoć službe održavanja i raspoloživih podataka kako o ugrađenom stanju, tako i o parametrima rada i njihovim promjenama tijekom uporabe.

Abstract

U This paper deals and systematizes watching causes and damages of thermopower plant elements. It was concluted that local damages spread over the entire surface of material most frequently and by badly insulated hot water pipes. Analysed are changes of basic material properties with the help of Maitenance Service Department and available data not anly in "as built" condition, but also relating to operational parameters and their changing during explaitation.

Ključne riječi: toplovodne cijevi, uzroci oštećivanja,, ispitivanje, kotlovi, predizolirane čelične cijevi

Key words: hot water pipes, causes of damages, testing, boilers, preinsulated steel pipes

1. Uvod

Svaki isporučeni proizvod mora imati takove performanse koje mu skupa s faktorima sigurnosti definiranim od strane konstruktora, omogućavaju funkcioniranje prema zadanim pogonskim uputama. Pri tome se korisnik opreme treba nužno pridržavati onoga što je u uputama propisano kao pravilno. Visoke radne temperature, tlakovi i često korozivni medij su parametri koji u kotlovima, izmjenjivačima topline i drugim elementima energetskih i procesnih postrojenja u uvjetima dugotrajne uporabe, mogu izazvati promjene koje smanjuju pouzdanost rada.

U cilju utvrđivanja uzroka lošeg funkcioniranja opreme prikupljeni su i detaljnije analizirane pojave pojedinih oštećenja toplovodnih cijevi.

2. PRISTUP UTVRĐIVANJA HAVARIJA I UZROKA OŠTEĆENJA

Karakteristike materijala, dijelova i energetskih postrojenja, te njihovo ponašanje u uporabi lakše je pratiti ako su poznati:

- polazno stanje: osnovni materijal, dimenzije, sastav i deklarirana mehanička svojstva, te tehnologija ugradnje,
- uvijeti i propisani parametri uporabe te pogotovo njihovo praćenje do uočavanja problema.

Elementi energetskih postrojenja uglavnom su u domeni sektora održavanja koja je u pravilu tek segment u okviru procesa (proizvodnje). Taj proces ima za cilj gotovi proizvod pri čemu je sve "pod kontrolom" dok se proces odvija. Veličina problema, u pravilu, do izražaja dolazi tek kad dođe do neplaniranog zastoja.

U pravilu kad dođe do havarije, biva angažirana stručna ekipa održavanja i utvrđuje obim oštećenja te eventualno predlaže način sanacije. To je naša stvarnost i dugogodišnja praksa: u završnom izvještaju predložene mjere, uvijek uz pravdanje "hitnošću" u najmanju ruku ne rezultiraju povratnom informacijom o prihvaćanju mjera, načinu sanacije i kontroli provedenih zahvata, pa se uporaba nastavlja do slijedeće havarije.

U nastavku rada analizirani su neki karakteristični primjeri havarija koji su poslužili za stvaranje baze podataka o najčešćim uzrocima oštećenja kotlovskih i toplovodnih cijevi. Radi lakšeg praćenja ta su oštećenja podijeljena na dimnu i vodenu stranu.

3. PRIMJERI OŠTEĆIVANJA CIJEVI

U ovom poglavlju obrađeno je pet primjera oštećenja kotlovskih i toplovodnih cijevi iz prakse [1].

3.1. Cijevi u kotlovima

Ako se ne izvrši otplinjavanje vode onda dolazi do korozije materijala cijevi s vodene strane. Kod temperatura iznad 65ºC dolazi do taloženja kamenca na stjenku kotla (cijevi i plašta). S dimne strane dolazi do taloženja čađi uslijed nepotpunih sagorijevanja u kotlu ili dolazi do koksiranja gorionika na plaštu kotla [1].

I. Primjer oštećene kotlovske cijevi iz kotla u kotlovnici "Slavonija 1" dan je na slici 1.

Kotlovska cijev je radila oko dvadeset godina. Oštećenje cijevi je krenulo s unutarnje (dimne) strane. Sanacija cijevi je izvršena tako da je cijev blindirana čeličnim limom (zavarena) od strane

radnika na održavanju. Također je trebalo demontirati i ugraditi nove cijevi. Sanaciju cijevi provela je ovlaštena firma iz "ĐĐ" kad je stala sezona grijanja.

Kotao sada radi u toplovodnom režimu, a ne više kao vrelovodni, pa se daljna sanacija provodi i bez obveze angažiranja inspektora parnih kotlova [1].

Slika 1. Oštećena kotlovska cijev iz kotla u kotlovnici "Slavonija 1"

Slika 2. Oštećena kotlovska cijev ϕ 70 mm kotlovnice "Slavonija 1"

II. Primjer oštećene kotlovske cijevi ϕ70 mm iz kotla u kotlovnici "Slavonija 1" dan je na slici 2. Cijev je bila od čelika oznake P235 G1TH (tj. Č1214 ili St 35.8 po DIN-u) i provela je u uporabi 25 godina (slika 2) [1].

3.2. Toplovodne cijevi

Kod toplovodnih cijevi može doći do oštećenja i s unutarnje i s vanjske strane. Do unutarnjeg oštećenja dolazi zbog ugradnje nekvalitetnih materijala (npr. ugradnje šavnih cijevi), ali još češće zbog neadekvatne pripreme napojne vode. Do vanjskih oštećenja dolazi zbog nekvalitetne zaštite cijevi, nekvalitetne izolacije ili ne ugradnje katodne zaštite ili lošeg zavarivanja. Npr. ako cijev nije dobro zavarena i loše je izolirana dolazi do popuštanja zavara i cijev korodira povremeno, te se nakon izvjesnog vremena pojavljuje pukotina i dolazi do većeg oštećenja i čak do pucanja toplovodne cijevi [1].

III. Primjer pucanje toplovodne cijevi koje je prouzročilo gubitke vode oko 1,5 m³/h. Te su toplovodne cijevi ugrađene prije tridesetak godina. Nakon vađenja i vizualnog pregleda te cijevi utvrđeno je da se radi o šavnoj, iako su po propisu trebale biti ugrađene bešavne cijevi. U šahtu je cijev bila spojena prirubničkim spojem kompenzatora i ventila. Prirubnica je bila u stalnom kontaktu s vodom što je dovelo do korozijskog oštećenja i smanjilo stijenku cijevi na ~1mm te je došlo do uzdužnog pucanja spoja cijevi i prirubnice (slika 3) [1].

Slika 3. Prirubnica na kojoj je došlo do oštećenja

Slika 4. Izgled oštećene toplovodne cijevi u naselju "Slavonja 1"

Sa slike 4. se vidi da je cijev bila oštećena na više mjesta, a do oštećenja je došlo zbog loše izolacije.

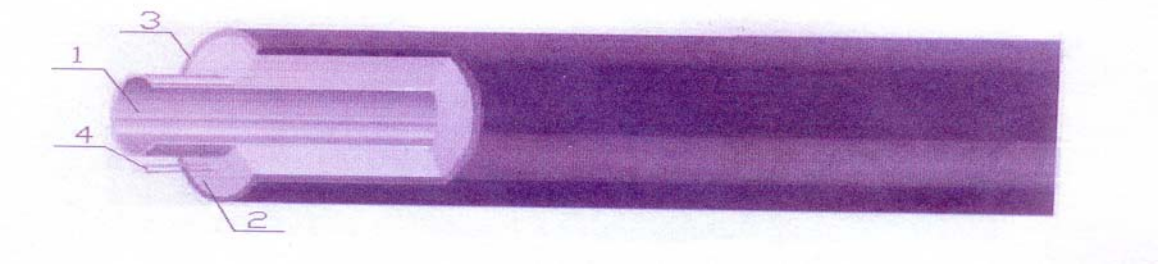
IV. Primjer je pucanje toplovodne cijevi, što je prouzročilo gubitke vode oko 1,2 m³/h. Te su toplovodne cijevi ugrađene prije tridesetak godina. Nakon vizualnog pregleda utvrđeno je da se navedene cijevi oštećene na više mjesta u dužini oko 10 m. Predizolirane toplovodne cijevi su oštećene blizu ulaza u šaht gdje se nalaze ventili toplovoda. Blizu šahta nalaze se slivnici od kanalizacije koji su često zaštopani i ne odvode podzemne vode. Te se podzemne vode zadržavaju u šahtu i ventili toplovodnih cijevi budu poplavljeni te voda ulazi u izolaciju predizoliranih cijevi i dolazi do oštećenja izolacije i toplovodnih cijevi.Slika 5. prikazuje oštećenu predizoliranu cijev ϕ 109 x 4 mm, a slika 6. oštećenu cijev sa skinutom izolacijom na toplovodu u naselju "Slavonija 2".

Slika 5. Oštećena predizolirana toplovodna cijev u naselju "Slavonija 2"[1].

Slika 6. Oštećena cijev sa skinutom izolacijom u naselju "Slavonija 2"

3.3. Predizolirane cijevi

Predizolirana cijev se sastoji od čelične cijevi, kroz koju protiče radni medij. Zaštitna cijev izrađena je od polietilena (PE) ili polivinilklorida (PVC). Prostor između cijevi je ispunjen krutom poliuretanskom pjenom (PUR) kao izolatorom visoke kvalitete, postojanom na temperaturama do 130 °C, a sustavom izocijanurata i do 150 °C. Kroz izolator su provučene bakrene žice koje služe za detekciju vlage (slika 7) [2]. Prilikom izgradnje toplovoda neophodno je izolirati zavarene spojeve. Dosadašnja iskustva su pokazala da u procesu održavanja vrelovoda najveće probleme stvara vlaga odnosno korozija. Stoga je naročito važno spriječiti prodor vlage u izolaciju cijevi. U tu svrhu se upotrebljavaju termostežuće spojnice kojima se ostvaruje čvrst i hidronepropustan spoj. Krajevi predizoliranih cijevi i predizoliranih fazonskih elemenata (lukovi, čvrste točke, kompenzatori itd.) ostave se slobodni oko 150-200 mm kako bi se cijevi mogle nesmetano zavarivati, a da se pri tome ne ošteti izolacija.



Slika 7. Nova predizolirana čelična cijev [2]

1. Čelična cijev P235 G1TH (Č1214 ili St 35.8)
2. Poliuretanska pjena (PUR),
3. Polietilenska (PE) zaštitna cijev,
4. Bakrena žica.

Nakon zavarivanja dio čelične cijevi oko zavara je bez ikakve zaštite. Zato je potrebno izolirati spojna mjesta kako bi svaka dionica cjevovoda imala iste mehaničke i toplinske karakteristike. Na mjesto zavarenog spoja navlači se termostežuća spojnica koja ima ulogu hidroizolatora. Nakon montaže termo stežuće spojnice obavlja se popunjavanje volumena između čelične i polietilenske cijevi. Za toplinsku izolaciju cijevi upotrebljava se poliuretanska pjena. Dvokomponentna smjesa se izmiješa i ulije u spojnicu. Smjesa ekspandira i popuni spojnicu, a višak koji izađe kroz uljevni otvor se ukloni. Uljevni otvor se zatvori čepom i hidroizolira odgovarajućom termostežućom

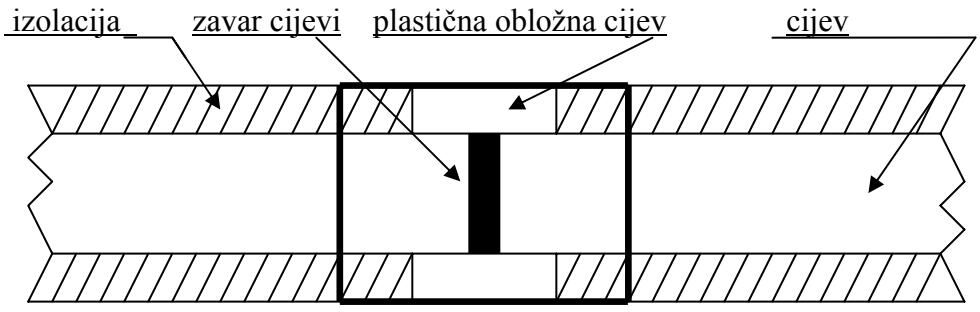
trakom. Na ovaj način predizolirani vrelovod i toplovod duž cijele trase ima zadovoljavajuću toplinsku i hidro zaštitu. [2].

4. ZAŠTITA TOPLOVODNIH CIJEVI OD KOROZIJE

Pregledom dostupnih podataka uočeno je da su na toplovodnim cijevima bili provedeni jedan od slijedeća tri načina zaštite od korozije:

1. Cijevi se prvo očiste, zatim oboje antikorozijskom bojom, potom se izoliraju staklenom vunom i oblažu aluminijskim limom, te se lim vijcima steže i postavlja u betonske kalote (kanale).
2. Cijevi se prvo očiste, zatim oboje antikorozijskom bojom, te se postavljaju u limeno korito i zalijevaju plubitom (katran zaštitom) i nakon toga prekrivaju pijeskom ili zemljom.
3. Postupak izrade predizolirane cijevi – cijevi prvo idu na pjeskarenje, zatim se oblažu plastičnom oblogom promjera većeg od promjera cijevi za oko 100 mm. Zatim se zalijevaju s pur-pen pjenom. Na svakom sastavu cijevi postavlja se plastična obloga i koja se također zalijeva pur-pen pjenom, te se tako pripremljene cijevi polažu u betonske kanale i potom zatvaraju betonskim pločama. Ovaj način izoliranja cijevi je najbolji, ali i najskuplji, s tim da je daleko bolji i dugotrajniji od prethodno navedena dva načina.

Na slici 8. prikazan je shematski prikaz predizolirane cijevi na mjestu zavarenog spoja.



Slika 8. Shematski prikaz predizolirane cijevi na mjestu zavarenog spoja

Na slici 8. vidljiv je prikaz predizolirane cijevi koje su spojene postupkom zavarivanja ručno - elektrolučno ili plinskim zavarivanjem. Po provedbi postupka zavarivanja cijev se očisti žičanom

četkom do metalnog sjaja, te se potom izvrši antikorozivna zaštita temeljnom bojom i postavlja polimerni komad cijevi s otvorom. Krajevi se zatvore s dekodorodal trakom i zagrijavaju plamenikom do temperature taljenja trake, potom se izvede punjenje izolacionim materijalom poliuretanom ili pur - pen pjenom. Dobiveni višak pjene se odsječe i ponovno zatvara dekodoral trakom zbog vodonepropusnosti. [1,2].

5. ZAKLJUČAK

U radu su analizirani najčešći slučajevi oštećenja cijevi u kotlovima (s unutarnje i vanjske strane cijevi), prikupljeni na temelju kad je korisnik uočio da je došlo do oštećenja. Mjere sanacije su obuhvaćale i prijedlog obima i načina sanacije pet obrađenih primjera te preporuke s uputama za nastavak rada saniranog objekta. Zaključeno je da oštećenja nastaju na graničnoj plohi odijeljenih faza daleko češće nego po cijeloj površini materijala i kod loše izoliranih toplovodnih cijevi. Donošenje konačnog zaključka bilo je moguće tek nakon sagledavanja rezultata kemijske analize, provjere mehaničkih svojstava, defektoskopskih i metalografskih ispitivanja [3,4,5].

Prihvaćajući postojeće stanje i uobzirujući dužinu eksploatacije objekta, pri čemu je kod većine projektirani vijek istekao ili je bio pri kraju, moguće je korisnicima opreme preporučiti slijedeće:

- čuvanje dokumentacije o ugrađenim materijalima, primjenjenim postupcima i uputama za rukovanje,
- kad god je to moguće, inzistirati na ugradnji "repera" na kojima bi se (bez utjecaja na nastavak redovite uporabe opreme-postrojenja) pratilo stanje ugrađenih materijala,
- redovito praćenje uvjeta uporabe s opisima uzroka zastoja i, provedbu preventivnih ispitivanja po potrebi.

U procesnoj industriji, gdje indirektni troškovi zbog zastoja često višestruko nadmašuju direktne (izrada novih dijelova i rad pri zamjeni) do posebnog izražaja dolazi pristup koji pomaže podizanju efikasnosti i brzine rješavanja problema.

6. LITERATURA

[1]. *Interni izvještaji o defektaži materijala i ponašanja objekata u uporabi* - Toplina d.o.o. Slavonski Brod, 2003.

[2]. *Priručnik s uputama ORIOTERM sistem izolacije na mjestu montaže,* Oriolik d.d., 35 250 Oriovac, 2006.

[3]. Ivan,Vitez: *Ispitivanje mehaničkih svojstava metalnih materijala,* Sveučilište Josipa Jurja Strosmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2006,

[4]. Vlatko,Marušić: *Tribologija u praksi*, Sveučilište Josipa Jurja Strosmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2008.

[5]. Stjepan,Aračić: *Površinska zaštita*, Sveučilište Josipa Jurja Strosmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2009.

Novine u Zakonu o zapaljivim tekućinama i plinovima („Narodne Novine“, broj: 108/95 i 56/10)
Novices in the Law Regulation of Flammable Liquids and Gases

[1*] T. Bukša
[1] MUP, Ilica 335, HR-10000 Zagreb

[*] Autor za korespodenciju. E-mail: tbuksa@mup.hr

S A Ž E T A K

Cilj ovog izlaganja je pokazivanje razloga za izmjene i dopune Zakona o zapaljivim tekućinama i plinovima te očekivanja u povećanju razine opće sigurnosti vezano za zaštitu od požara i tehnoloških eksplozija.

Nove zakonske odredbe točno određuju izraze; „sustav za upravljanje i nadziranje sigurnog odvijanja tehnološkog procesa“, „plinska instalacija“, „operator distribucijskog sustava“, „postupak i odgovornost za ispitivanje nepropusnosti i ispravnosti plinske instalacije“, čime se uklanjaju dvojbe u provedbi Zakona, što je posebno važno za tematiku 8. Skupa o prirodnom plinu.

Isto tako, nove zakonske odredbe odnose se na drugačije uređenje postupka odobravanja primjene stranih propisa i znanstvenih spoznaja, utvrđivanja posebnih uvjeta građenja i izdavanja odobrenja za uporabu građevina i postrojenja za zapaljive tekućine i/ili plinove.

Naglašena je odgovornost osoba s posebnim ovlasti u tvrtkama za provedbu cjelovitog osposobljavanja djelatnika za siguran rad sa zapaljivim tekućinama i/ili plinovima i postupanja u slučaju požara odnosno tehnološke eksplozije.

A B S T R A C T

The aim of this paper is to show the reasons for the amendment of the flammable liquids and gases, and expectations of increasing levels of public safety relating to fire protection and technological explosions.

New legal provisions determining the exact terms, "a system for managing and supervising the safe course of technological processes," "gas installation", "distribution system operator", "process and responsibility for testing tightness and regularity of gas installations", thus removing doubts in the implementation of the Law , which is especially important for the theme of 8. Conference on natural gas.

Also, new legal provisions relating to the different arrangement of the approval procedure of application of foreign regulations and scientific findings, special conditions of construction and issuance of approvals for use of buildings and facilities for flammable liquids and / or gases.

Stresses the responsibility of the person with special powers of the companies to implement comprehensive employee training for safe operation with flammable liquids and / or gas, and procedures in case of fire or explosion.

U V O D

Razlozi za donošenja posebnog zakona vezano za zaštitu od požara i tehnoloških eksplozija pri proizvodnji, skladištenju, transportu, pretakanju i uporabi zapaljivih tekućina i/ili plinova

Zakonom o zaštiti od požara (“Narodne novine”, broj 92/10) uređuju se načela sustava zaštite od požara i utvrđuju mjere i radnje u cilju:

- otklanjanja opasnosti od požara,
- ranog otkrivanja, obavješćivanja te sprječavanja širenja i učinkovito gašenje požara,

- sigurnog spašavanja ljudi i životinja ugroženih požarom,
- sprječavanja i smanjenja štetnih posljedica i
- utvrđivanja uzroka nastanka požara te otklanjanja njegovih posljedica.

U stavku 4. članka 1. Zakona o zaštiti od požara, utvrđena je obveza odgovarajuće primjene odredbi tog Zakona i za tehnološke eksplozije koje nastaju kao posljedica uporabe zapaljivih tekućina i plinova te ostalih gorivih tvari koje sa zrakom mogu stvoriti eksplozivnu atmosferu, ako to posebnim propisom nije drukčije određeno (slična zakonska rješenja bila su i Zakonu o zaštiti od požara ("Narodne novine", broj: 58/93, 33/05,107/07 i 38/09) .

Obzirom na složenost i posebnost problematike provedbe mjera zaštite od požara i tehnoloških eksplozija pri proizvodnji, skladištenju, transportu, pretakanju i uporabi zapaljivih tekućina i plinova, te povećanih rizika za nastanak i mogućih znatno većih posljedica od požara ili eksplozije, Zakonom o zapaljivim tekućinama i plinovima ("Narodne novine", broj: 108/95 i 56/10), kao posebnim propisom, uređuju se dodatna načela i specifične mjere zaštite od požara i tehnoloških eksplozija

To znači, da su oba zakona u korelaciji, te da se mjere zaštite od požara i tehnoloških eksplozija trebaju cjelovito provoditi kroz primjenu oba zakona.

Nakon punih 15 godina primjene i sagledavanja određenih manjkavosti kao i potrebnog usklađivanja s pravnim stečevinama EU, donijet je Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o zapaljivim tekućinama i plinovima ("Narodne novine", broj 56/10), što je i predmet ovog izlaganja.

ZAKON O ZAPALJIVIM TEKUĆINAMA I PLINOVIMA
(„Narodne Novine", broj: 108/95 i 56/10)
Integralni tekst - s naznačenim i podcrtanim tekstom izmjena i dopuna i komentarom u svezi s tim

I. TEMELJNE ODREDBE

Članak 1.

Ovim Zakonom utvrđuju se uvjeti za izgradnju građevina i postrojenja za držanje, skladištenje i promet zapaljivih tekućina i plinova, uvjeti držanja, skladištenja i prometa zapaljivim tekućinama i plinovima, uvjeti za obavljanje poslova skladištenja zapaljivih tekućina i plinova, načela za provedbu mjera zaštite od požara i eksplozija pri gradnji i uporabi građevina i postrojenja i držanju, skladištenju i prometu zapaljivim tekućinama i plinovima te provedba nadzora nad tim mjerama.

Članak 2.

Odredbe ovoga Zakona primjenjuju se i u oružanim snagama Hrvatske, osim ako posebnim propisima nije drugačije određeno.

Članak 3.

Izrazi koji se rabe u ovom Zakonu imaju sljedeće značenje:

- zapaljive tekućine su tvari koje imaju penetraciju veću od 300 jedinica penetracije (1/10 mm) određenu prema normi za ispitivanje bitumena i čiji je tlak pare na 323,15 K (50oC) manji od 300 kPa (3 bara), a dijele se prema temperaturi plamišta na upaljive (lako zapaljive) tekućine čija je temperatura plamišta jednaka ili manja 311,15 K (38oC) i gorive tekućine čija je temperatura plamišta iznad 311,15 K (38oC) sukladno hrvatskim normama. Upaljive (lako zapaljive) tekućine dodatno se dijele i prema temperaturi vrelišta sukladno hrvatskim normama,
- zapaljivi plinovi su stlačeni, tekući ili pod tlakom otopljeni plinovi koji imaju kritičnu temperaturu nižu od 323,15 K (50oC) ili na 323,15 K (50oC) tlak pare više od 300 kPa (3 bara) i koji se u smjesi sa zrakom mogu upaliti i/ili eksplodirati,
- promet zapaljivih tekućina i plinova je njihovo pretakanje, utovar ili istovar u prometna sredstva ili iz njih, rukovanje prilikom dopreme, otpreme i smještaja u skladištu i druge prostore, dopremu i otpremu pomoću naftovoda, plinovoda i produktovoda, prodaju, uporabu i druge radnje sa zapaljivim tekućinama i plinovima,
- skladište zapaljivih tekućina i/ili plinova je građevina ili dio građevine i/ili prostor u kojima se obavlja skladištenje zapaljivih tekućina i/ili plinova,
- skladištenje je trajno ili povremeno, na propisan način, smještanje zapaljivih tekućina ili plinova u posude i/ili spremnike čiji je ukupni obujam više od 2.000 l gorivih tekućina, odnosno 20 l upaljivih (lako zapaljivih) tekućina ili više od 30 kg zapaljivih plinova, ako posebnim propisima nije određeno drugačije,
- držanje zapaljivih tekućina i/ili plinova je čuvanje i/ili odlaganje zapaljivih tekućina i/ili plinova u građevinama, građevinskim dijelovima ili izvan njih u posudama čiji ukupni obujam ne prelazi 2.000 l gorivih tekućina odnosno 20 l upaljivih (lako zapaljivih) tekućina i ne prelazi 30 kg zapaljivih plinova na način predviđen ovim Zakonom, propisima donesenim na temelju zakona, hrvatskim normama i uputom proizvođača,
- građevine su građevinski objekti na određenoj lokaciji koji se sastoje od građevinskog dijela i ugrađene opreme što zajedno čine tehničko-tehnološku cjelinu kao što su naftovodi, plinovodi, produktovodi, spremnici, skladišta, pretakališta i druge građevine ili njeni dijelovi a namijenjeni su za skladištenje ili promet zapaljivih tekućina i/ili plinova,
- spremnici su stabilni, polustabilni ili prijenosni zatvoreni sudovi koji se postavljaju na posebno uređenu podlogu a u kojima se nalaze zapaljive tekućine ili plinovi obujma više od 250 l za zapaljive tekućine, odnosno više od 50 kg za zapaljive plinove, izrađeni prema propisima i hrvatskim normama,

- posude su zatvoreni sudovi koji sadrže zapaljive tekućine ili plinove obujma do 250 l za zapaljive tekućine, odnosno do 50 kg za zapaljive plinove izrađene prema propisima i hrvatskim normama,
- bočice su zatvoreni sudovi koji sadrže zapaljive tekućine ili plinove obujma manjeg ili jednakog 0,2 l (lakovi, alkohol, plin za upaljače, sprejevi punjeni butanom ili propanom i sl.),
- prodavaonice zapaljivih tekućina i/ili plinova su građevine, dijelovi građevine ili drugi prostori izgrađeni, odnosno prilagođeni prodaji zapaljivih tekućina i/ili plinova u posudama i bočicama sukladno ovom Zakonu, propisima donesenim na temelju zakona i hrvatskim normama,

- sustav za upravljanje i nadziranje sigurnog odvijanja tehnološkog procesa sastoji se od uređaja koji upozoravaju na prekoračenje ili pad dopuštenih vrijednosti tehnoloških parametara kada je potrebno automatski, poluautomatski ili ručno obaviti popravak tijeka ili zaustavljanja tehnološkog procesa radi sprječavanja nastanka požara ili eksplozija,

K o m e n t a r

Definiranjem izraza "sustav za upravljanje i nadziranje sigurnog odvijanja tehnološkog procesa" date su pretpostavke da se bez mogućih dvojbi u tumačenju zakona, pri projektiranju i pravilnom izboru najboljih raspoloživih tehnika, izvođenju i korištenju postrojenja za zapaljive tekućine i/ili plinove odnosno pri vođenju tehnoloških procesa, može postići optimalna razina sigurnosti.

Ova zakonska odredba je u suglasju sa Council Directive IPPC - Integrated Pollution Prevention and Control – 96/61/EC kodificirane sa svim prethodnim izmjenama Direktivom 2008/1/EC od 15. siječnja 2008., čiji je cilj cjelovit pristup u sprečavanju i kontroli onečišćenja koji treba rezultirati postizanju racionalnog korištenje energije, štednji resursa, smanjenju rizika od akcidenta, uključujući požare i tehnološke eksplozije i dr.

Direktivom se predlaže obveza izbora tzv. najbolje raspoložive tehnike "BAT" (Best avaliable techniques), što se treba dokazati u odgovarajućim postupcima izdavanja okolišne dozvole, odnosno drugih akata o pravu građenja i korištenja postrojenja za zapaljive tekućine i/ili plinove.

Treba naglasiti da se sustav za upravljanje i nadziranje sigurnog odvijanja tehnološkog procesa, u smislu Zakona, odnosi samo na elemente vezane za poremećaj i prekoračenje vrijednosti tehnoloških parametra čije veličine mogu dovesti do požara ili eksplozije (tlak, temperatura, protok, brzina kemijske reakcije, nadzirano provjetravanje, propusnost instalacija, reakcijskih posuda, spremnika i dr), a ne na iste ili druge elemente kod kojih vrijednosti prekoračenja tehnoloških parametra ne mogu dovesti do požara i tehnološke eksplozije (npr. kakvoća proizvoda, inhibiranje procesa i druga odstupanja od projektiranih vrijednosti)

* * *

- plinska instalacija je instalacija od glavnog zapora za zatvaranje na kraju priključka koji služi za prekid opskrbe plinom odnosno od spremnika plina do ispusta dimnih plinova, a sastoji se od plinskog cjevovoda s opremom, plinskih uređaja i trošila, uređaja ili otvora za opskrbu zrakom za izgaranje i odvod dimnih plinova,

K o m e n t a r

Posebno pojašnjenje izraza "plinska instalacija ", je neophodno zbog dosadašnjih različitih tumačenja ovog izraza u praksi, posebice u postupku kontrole nepropusnosti i ispravnosti.

Pri potrošnji plina, požari ili eksplozije mogu nastati zbog neispravnosti bilo kojeg elementa na plinskoj instalaciji.

Iz tog razloga, precizirani izraz "plinska instalacija", daje pretpostavke za cjelovitu provedbu postupka ispitivanja nepropusnosti i ispravnosti, čime se postiže optimalna sigurnost plinskih instalacija na svim njenim elementima, a rizik za nastanak požara i eksplozija, objektivno se svodi na najmanju moguću mjeru.

Statistički podaci, kao i podaci o pojedinačnim akcidentima na plinskim instalacijama, sa ili bez nastanka požara odnosno eksplozije, kreću se u granicama statističke vjerovatnoće i stanje nije zabrinjavajuće, što ukazuje da su i dosadašnja ispitivanja nepropusnosti i ispravnosti, u većini slučajeva dala pozitivne rezultate, a svi akcidenti u pravilu su nastali zbog nepropisnog ili nepotpunog postupka ispitivanja.

* * *

- postrojenje za zapaljive tekućine i/ili plinove je sustav koji se sastoji od spremnika ili posuda te instalacija i uređaja za proizvodnju, preradu, prijenos, pretakanje i/ili uporabu zapaljivih tekućina i/ili plinova, sustava za upravljanje i nadziranje sigurnog odvijanja tehnološkog procesa, stabilnih sustava za dojavu i gašenje požara i drugih instalacija i uređaja što zajedno čine tehnološku cjelinu, **(NAPOMENA UZ PRETHODNE STAVKE)**

- zona opasnosti je ugroženi prostor u građevini ili oko nje, dijela građevine ili prostora gdje se nalaze zapaljive tekućine i/ili plinovi, u kojem je prisutna ili se može očekivati prisutnost zapaljive smjese para i/ili plinova sa zrakom koja nakon paljenja izgara po čitavoj nepotrošenoj smjesi, određen i razvrstan sukladno propisima i hrvatskim normama,

- sigurnosna udaljenost je razdaljina u građevini ili oko nje ili dijela građevine preko koje se u slučaju požara ili eksplozije u ovisnosti o vrsti, količini i načinu uporabe zapaljivih tekućina i/ili plinova, tipa građevine i izvedenim mjerama zaštite, ne očekuje ugrožavanje susjednih dijelova građevine i drugih susjednih građevina i okoliša, a koja se određuje na temelju propisa i hrvatskih normi, odnosno pravila tehničke prakse, ako ne postoje propisi ili hrvatske norme sukladno propisima o normalizaciji,

- zapaljive tekućine općepoznatih značajki su goriva za prometna sredstva koja se prodaju na benzinskim postajama, ulje za loženje i tekućine za prehranu,

- zapaljivi plinovi općepoznatih značajki su zemni plin, propan-butan plin i gradski plin,

- oksidirajuće tvari su tvari koje se u dodiru s drugim tvarima razlažu i pritom mogu procesom oksidacije uzrokovati gorenje,

- reaktivne tvari su tvari koje u dodiru s drugim tvarima mogu spontano kemijski reagirati pri čemu može doći do razaranja drugih tvari, povećanja temperature i sl.,

- samozapaljive tvari su tvari koje se u dodiru sa zrakom ili vodom mogu spontano upaliti bez dovođenja izvora topline (otvorena vatra, iskra ili visoka temperatura),

-operator distribucijskog sustava (u daljnjem tekstu: operator) je pravna ili fizička osoba koja neposredno distribuira plin krajnjem kupcu, koji kupuje plin za vlastitu potrošnju (u daljnjem tekstu: potrošač), putem plinovoda ili dostavom u spremnik (npr. putem vagon-cisterni, autocisterni i dr.).

K o m e n t a r

Izraz: „operator distribucijskog sustava“ nije u suprotnosti s istim izrazom navedenim u Zakonu o tržištu plina („Narodne novine“, broj: 40/07 i 152/08), jer se ovim Zakonom uređuje obveza operatora distribucijskog sustava pri punjenju plinske instalacije krajnjeg kupca, sukladno članku 32. Mrežnih pravila plinskog distribucijskog sustava („Narodne novine“, broj 50/2009), gdje se kao temelj za postupak navodi Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima.

Isti izraz se koristi i za operatora koji distribuira UNP pri punjenju plinske instalacije potrošača UNP-om. Naime, intencija zakona je ujednačavanja postupaka kontrole ispravnosti i nepropusnosti plinskih instalacija kod potrošača, bilo da se radi prirodnom zemnom plinu (distribucija putem plinovoda) ili o ukapljenom naftnom plinu UNP (distribucija putem dostave u spremnik) ili nekom drugom zapaljivom plinu koji se koristi kao gorivo, te stoga nema razloga za uvođenjem posebnih izraza.

Izrazom potrošač pojednostavljeno je i pojašnjeno značenje koje se odnosi na krajnjeg kupca koji kupuje plin za vlastitu potrošnju i koji je u ugovornom odnosu s operatorom.

* * *

Članak 4.

(1) Skladištenje, držanje i promet zapaljivih tekućina i plinova mora se obavljati sukladno ovom Zakonu, propisima donjetim na temelju zakona, tehničkim normativima i normama, a uporaba i prema uputama proizvođača.

(2) Iznimno od stavka 1. ovoga članka, kao i u slučajevima nedostatka hrvatskih propisa, mogu se primijeniti strani propisi, tehnička pravila ili primijenjene znanstvene spoznaje, uz prethodno odobrenje Ministarstva unutarnjih poslova.

(3) O zahtjevu za izdavanje odobrenja iz prethodnog stavka odlučuje se rješenjem protiv kojeg nije dopuštena žalba, ali se može pokrenuti upravni spor.

(4) Prijevoz zapaljivih tekućina i plinova obavlja se sukladno propisima o prijevozu opasnih tvari.

K o m e n t a r

Dopunom odredbe članka 4. Zakona o zapaljivim tekućinama i plinovima omogućuje se primjena novih tehničko-tehnoloških saznanja i suvremenih dostignuća, uz postizanje potrebne razine sigurnosti, obzirom da važeći propisi ne uređuju u cijelosti područje proizvodnje, skladištenja, transporta, prerade i korištenja svih zapaljivih tekućina i/ili plinova ili propisi o tome ne postoje (npr. postrojenja u naftno-kemijskoj industriji, postrojenja i skladišta ukapljenog prirodnog plina i sl.) što je u interesu gospodarstva.

Postupak izdavanja odobrenja za primjenu stranih propisa, tehničkih pravila i znanstvenih spoznaja, provodi se sukladno Zakonu o općem upravnom postupku, tako da je svako izdavanje odobrenja potpuno transparentno i utemeljeno na stručnom sagledavanju dokaza i opravdanosti zahtjeva.

Sagledavanje suvremenih dostignuća tehničkoj regulativi kroz postupak izdavanja odobrenja, pomoći će i pri pripremi i donošenju propisa koje donosi ministar temeljem ovog Zakona.

Na temelju ovog Zakona donijeti su propisi koji uređuju područje zaštite od požara i tehnoloških eksplozija sa najčešćom primjenom zapaljivih tekućina i plinova (Pravilnik o zapaljivim tekućinama „Narodne novine“, broj: 54/99, Pravilnik o postajama za opskrbu prijevoznih sredstava gorivom „Narodne novine“, broj: 93/98, 116/07 i 141/08, Pravilnik o ukapljenom naftnom plinu „Narodne novine“, broj: 117/07), Pravilnik za opskrbu motornih vozila stlačenim prirodnim plinom (SPP-om) „Narodne novine“, broj: 134/09), tako da je područje u tom smislu uglavnom uređeno provedbenim propisima.

Primjena stranih propisa za izradu glavnog projekta može se utvrditi u postupku izdavanja lokacijske dozvole, odnosno kroz izdavanje akta o utvrđivanju posebnih uvjeta građenja iz područja zaštite od požara.

* * *

II. ZAPALJIVE TEKUĆINE

Članak 5.

(1) Prije stavljanja zapaljivih tekućina u promet, proizvođač, odnosno uvoznik obvezan je utvrditi grupu zapaljive tekućine prema temperaturi plamišta, kategoriju i stupanj opasnosti od požara prema hrvatskim normama te izraditi upute za sigurno skladištenje, držanje i prometovanje.

(2) Na posudama koje sadrže zapaljive tekućine, kad se stavljaju u prodaju, moraju biti ispisani podaci o vrsti i količini zapaljive tekućine na hrvatskom jeziku te podaci iz stavka 1. ovoga članka na kvalitetno otiskanoj i zalijepljenoj naljepnici ili otiskani na samoj posudi.

(3) Odredba stavka 2. ovoga članka ne odnosi se na posude koje sadrže zapaljive tekućine namijenjene prehrani.

(4) Posude koje sadrže zapaljive tekućine moraju biti izrađene od odgovarajućeg materijala i na način predviđen propisima i hrvatskim normama.

(5) Bočice koje sadrže upaljive (lako zapaljive) tekućine moraju biti izrađene od materijala otpornog na tekućinu koju sadrže i označene jasnim znakovima opasnosti od požara i tekstom upozorenja za sigurnu uporabu i držanje na hrvatskom jeziku.

(6) Kada se isporuka zapaljivih tekućina ne obavlja u posudama ili bočicama isporučitelj je dužan kupcu dati podatke i upute iz stavka 1. ovoga članka.

Članak 6.

(1) Pravne i fizičke osobe te tijela državne vlasti, tijela državne uprave, i jedinice lokalne samouprave i uprave koje obavljaju skladištenje, držanje i promet zapaljivih tekućina moraju za sve zapaljive tekućine koje skladište, drže ili kojima prometuju, a čije značajke nisu općepoznate, imati podatke o grupi zapaljive tekućine prema temperaturi plamišta i o kategoriji i stupnju opasnosti od požara, sukladno hrvatskim normama.

(2) Skladištenje, držanje i prometovanje zapaljivih tekućina obavlja se sukladno ovom Zakonu, propisima donesenim na temelju zakona i normi, odnosno uputom proizvođača pri čemu se moraju sačuvati od oštećenja podaci i oznake na postrojenjima, posudama i bočicama koje sadrže zapaljive tekućine sve do potpunog iskorištenja sadržaja, odnosno njihovog čišćenja od zapaljivih tekućina.

(3) Uvjete za izgradnju građevina i postrojenja za zapaljive tekućine, uvjete za skladištenje, držanje i promet zapaljivih tekućina te provedbu mjera zaštite od požara i eksplozija pri gradnji, skladištenju, držanju i prometu zapaljivih tekućina propisuje ministar unutarnjih poslova.

III. ZAPALJIVI PLINOVI

Članak 7.

(1) Prije stavljanja u promet zapaljivih plinova proizvođač, odnosno uvoznik obvezan je utvrditi kategoriju i stupanj opasnosti od požara prema hrvatskim normama te izraditi upute za sigurno skladištenje, držanje i promet.

(2) Pravne i fizičke osobe te tijela državne vlasti, tijela državne uprave i jedinice lokalne samouprave i uprave koje obavljaju skladištenje, držanje i promet zapaljivih plinova moraju za sve zapaljive plinove koje skladište, drže ili kojima prometuju, osim za zapaljive plinove općepoznatih značajki, imati podatke o vrsti i stupnju opasnosti od požara sukladno hrvatskim normama.

(3) Prilikom prodaje zapaljivih plinova, proizvođač, odnosno pravna osoba koja dobavlja plin (u daljnjem tekstu: dobavljač plina) dužan je, uz svaku posudu ili spremnik, dati pismenu uputu za sigurno sladištenje, držanje i uporabu s podacima o vrsti i količini, te o kategoriji i stupnju opasnosti od požara.

(4) Pravne i ftzičke osobe te tijela državne vlasti tijela državne uprave i jedinice lokalne samouprave i uprave obvezne su zapaljive plinove skladištiti, držati i rabiti sukladno propisima, odnosno uputama proizvođača.

(5) Propise o uvjetima za izgradnju građevina i postrojenja za zapaljive plinove, skladištenju, držanju i prometu zapaljivih plinova te provedbi mjere zaštite od požara i eksplozija pri gradnji i korištenju građevina i postrojenja, skladištenju, držanju i prometu zapaljivih plinova donosi ministar unutarnjih poslova.

Članak 8.

(1) Spremnici i posude koje sadrže zapaljive plinove moraju biti označene, obojene i izrađene od materijala na način određen propisima i hrvatskim normama.

(2) Spremnici i posude koje sadrže zapaljive plinove moraju se, prije i tijekom uporabe, kontrolirati na način i u rokovima određenim propisima o ispitivanju i kontroli ***»tlačne opreme«.***

K o m e n t a r: Ovom izmjenom se terminološki usklađuje Zakon s drugim propisima

(3) Bočice koje sadrže zapaljive plinove moraju biti izrađene od materijala otpornog na zapaljivi plin što ga sadrže i označene znakovima opasnosti od požara i tekstom upozorenja za sigurnu uporabu i držanje na hrvatskom jeziku.

Članak 9.

(1) Operator može puniti plinom plinsku instalaciju, samo na temelju ispitnog izvještaja o nepropusnosti i ispravnosti novoizgrađene ili obnovljene (rekonstruirane) plinske instalacije u građevini ili dijelu građevine sukladno tehničkoj dokumentaciji plinske instalacije.

(2) Operator, prilikom promjene ili umjeravanja plinomjera, produžuje ili uskraćuje isporuku plina samo na temelju ispitnog izvještaja o nepropusnosti i ispravnosti plinske instalacije u građevini ili dijelu građevine namijenjene za stanovanje, a najmanje jednom u 10 godina, ako drugim propisom nije određen kraći rok.

(3) Potrošač u građevini ili dijelu građevine javne namjene i građevine ili dijela građevine u kojoj se obavlja gospodarska djelatnost dužan je ispitati nepropusnost i ispravnost plinske instalacije najmanje jednom u 5 godina, a operator u tom roku produžuje ili uskraćuje isporuku plina samo na temelju ispitnog izvještaja, ako drugim propisom nije određen kraći rok.

(4) Potrošač, po prethodnoj najavi operatora ili ovlaštene pravne ili fizička osobe, dužan je omogućiti nesmetano ispitivanje plinske instalacije iz stavka 1., 2. i 3. ovoga članka u cilju dobivanja ispitnog izvještaja.

(5) Ispitivanje plinske instalacije iz stavka 1., 2. i 3. ovoga članka, po propisanom postupku od strane operatora, pored operatera, može obavljati i od njega ovlaštena pravna ili fizička osoba ili stručna služba potrošača o čemu se izdaje ispitni izvještaj.

(6) Ispitni izvještaj sadrži:

– naziv tvrtke koja je obavila ispitivanje,

– naziv vlasnika, odnosno korisnika plinske instalacije, datum ispitivanja i popis ispitivača,

– podatke o plinskoj instalaciji i podatke o prostorijama gdje je postavljena plinska instalacija (projektirano i nađeno stanje i datum zadnjeg izvještaja),

– tlocrt objekta s ucrtanom plinskom instalacijom i/ili shematski prikaz plinske instalacije,

– popis korištenih uređaja i metode ispitivanja,

– popis dokaza o održavanju u ispravnom stanju plinskih uređaja i trošila, uređaja ili otvora za opskrbu zrakom za izgaranje i odvod dimnih plinova, odnosno nalaza pri kontroli njihove ispravnosti od strane servisera i/ili dimnjačara,

– rezultate ispitivanja s navođenjem možebitno utvrđenih nedostataka,

– zaključak s utvrđenim rokom ponovnog ispitivanja.

(7) Jedan primjerak ispitnog izvještaja dostavlja se potrošaču, a drugi operatoru koji se čuva u evidenciji do ponovnog ispitivanja.

(8) Pravilnik o uvjetima i postupku ispitivanja nepropusnosti i ispravnosti plinskih instalacija te o osposobljavanju djelatnika koji neposredno obavljaju ta ispitivanja, mora se temeljiti na priznatim tehničkim pravilima, kao i uvjete za dobivanje i oduzimanje ovlaštenja iz stavka 5. ovoga članka na temelju praćenja kakvoće ispitivanja od strane ovlaštenih pravnih ili fizičkih osoba, propisuje operator uz suglasnost Ministarstva unutarnjih poslova.

(9) Operatori mogu sporazumno međusobno priznavati ispitne izvještaje.

(10) Cijena pružanja usluga ispitivanja nepropusnosti i ispravnosti plinskih instalacija iz stavka 1., 2. i 3. ovoga članka mora se javno objavljivati i biti usklađena s posebnim propisima.

K o m e n t a r

U Republici Hrvatskoj trenutno preko 40 operatora distribucijskog sustava zemnog plina i preko 10 „operatora distribucijskog sustava“ UNP-a obavljaju poslove ispitivanja nepropusnosti i ispravnosti plinskih instalacija na vrlo različitim stupnjevima kakvoće tih ispitivanja.

Izmijenjenim odredbama članka 9. važećeg Zakona uklonjene su nedorečenosti vezane za postupak ispitivanja nepropusnosti i ispravnosti plinskih instalacija tj. navedeni su svi sudionici u tom postupku kao i precizirana dokumentacija kojom se dokazuje kakvoća obavljenog postupka i odgovornost u svezi s tim.

Naglašena je obveza operatora da Pravilnik o uvjetima i postupku ispitivanja nepropusnosti i ispravnosti plinskih instalacija, te osposobljavanju djelatnika koji neposredno obavljaju ispitivanja, mora biti utemeljen na priznatim tehničkim pravilima, što se dokazuje u postupku izdavanja suglasnosti Ministarstva unutarnjih poslova, čime se također isključuje mogućnost nedorečenosti postupka ispitivanja i smanjuje mogućnost improvizacija u svezi s tim.

Izmjenama i dopunama Zakona ne povećavaju se troškovi operatora niti potrošača u odnosu na odredbe važećeg Zakona, a sve se treba pozitivno odraziti na opću sigurnost pri korištenju plina.

Postupak vezan za određivanje troškova pružanja usluga ispitivanja nepropusnosti i ispravnosti plinskih instalacija smanjuje mogućnost monopolskog ponašanja.

U zemljama EZ tehnička pravila o načinu kontrole ispravnosti i nepropusnosti plinskih instalacija, izvješće o tome kao i osposobljavanje djelatnika koji neposredno obavljaju kontrolu donose distributeri plina, npr. u SR Njemačkoj ta i druga tehnička pravila i saopćenja vezana za zapaljive plinove donosi Njemačko udruženje za plin i vodu – DVGW – Deutche Vereingung des Gas und Wasserfaches.

Obzirom na neujednačenost u pristupu pojedinih operatora distribucijskih sustava, bez nedvojbeno jedinstvenog stava, zakonom se nije mogla propisati obveza niti automatizam u primjeni propisa koje predlažu pojedini operatori, (iznimka prilagođeno Tehničko pravilo DVGW Radni list 600, samo ka dio sveukupne regulative koja se odnosi na prirodni plin).

* * *

Članak 10.

(1) Plinska instalacija u građevini ili dijelu građevine mora biti izvedena sukladno projektu plinske instalacije izrađenom prema propisima i hrvatskim normama, odnosno pravilima tehničke prakse sukladno propisima o normizaciji, do donošenja propisa i hrvatskih normi.

(2) Operator je dužan uskratiti isporuku plina potrošaču kod kojeg u propisanim rokovima nije obavljeno ispitivanje nepropusnosti i ispravnosti plinske instalacije ili je pri ispitivanju utvrđena propusnost ili neispravnost.

K o m e n t a r

Izmjenom odredbe članka 10. stavka 2. Zakona utvrđena je obveza i odgovornost dobavljača plina za uskraćivanje isporuke plina potrošaču bez odgode ako nisu u cijelosti ispunjene propisane zakonske pretpostavke za siguran rad plinske instalacije. Pored toga, izvršena su usklađivanja sa odredbama Zakona o tržištu plina („Narodne novine“, broj: 40/07, 152/08) te propisima donesenim na temelju tog Zakona.

* * *

IV. UVJETI GRAĐENJA

Članak 11.

(1) Građevine i postrojenja u kojima se obavlja skladištenje i promet zapaljivih tekućina i/ili plinova moraju se graditi na sigurnosnoj udaljenosti.

(2) Posebne uvjete građenja iz područja zaštite od požara i eksplozije u postupku izdavanja lokacijske dozvole za gradnju građevina i postrojenja iz stavka 1. ovoga članka utvrđuje nadležna policijska uprava.

(3) Kada lokacijsku dozvolu izdaje Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, posebne uvjete građenja iz područja zaštite od požara i eksplozije utvrđuje Ministarstvo unutarnjih poslova.

(4) Idejni projekt koji se odnosi na građevine i postrojenja iz stavka 1. ovoga članka, pored sadržaja utvrđenog propisima o gradnji, sadrži:

– situacijski nacrt u odgovarajućem omjeru, a najviše u omjeru 1:500 s ucrtanim planiranim i postojećim građevinama, postrojenjima, prometnicama, ogradama i sl., te predviđenim sigurnosnim udaljenostima i zonama opasnosti u tri dimenzije,

– popis vrsta i količina zapaljivih tekućina i/ili plinova koji se namjeravaju skladištiti ili s kojima će se obavljati promet,

– tehnički opis planirane građevine i/ili postrojenja, tehnološkog procesa i sustava za upravljanje i nadziranje sigurnog odvijanja tehnološkog procesa,

– tehnički opis planiranih sustava, sredstava i opreme za dojavu i gašenje požara.

(5) Kada se za skladištenje, odnosno za postavljanje postrojenja za zapaljive tekućine i/ili plinove, prema propisima o gradnji, ne izdaje lokacijska dozvola i potvrda projekta ili drugi akt o pravu građenja, nadležna policijska uprava izdat će odobrenje za skladištenje, odnosno za korištenje postrojenja za zapaljive tekućine i/ili plinove kada utvrdi da su ispunjeni uvjeti sigurnosnih udaljenosti i provedene propisima utvrđene mjere zaštite od požara i eksplozija.

(6) Odobrenje za skladištenje odnosno za korištenje postrojenja za zapaljive tekućine i/ili plinove izdaje se na temelju uvida u tehničku dokumentaciju, dokaze kakvoće izvedenih radova, ugrađenih materijala i opreme, potrebnih ispitivanja ispravnosti, kao i neposrednog uvida na licu mjesta iz čega je razvidno da sigurnosne udaljenosti kao i druge predviđene i izvedene mjere zaštite od požara i tehnoloških eksplozija ispunjavaju propisane uvjete.

K o m n t a r

Izmjene u odredbama članka 11. i 12. Zakona o zapaljivim tekućinama i plinovima odnose se na usklađivanje sa Zakonom prostornom uređenju („Narodne novine; broj: 76/07 i 38/09), te moguće izmjene tog zakona u budućnosti.

Također, izmjenama u odredbi članka 11. pojednostavljuje se postupak odobravanja skladištenja odnosno korištenja postrojenja za zapaljive tekućine i plinove kroz izdavanje jedinstvenog akta, bez prethodnog izdavanja akta o utvrđivanju posebnih uvjeta građenja.

* * *

Članak 12.

Građevna i uporabna dozvola ***ili drugi akt o pravu građenja i uporabe*** za građevinu ili postrojenje u kojima se obavlja skladištenje i promet zapaljivih tekućina i/ili plinova izdaje se sukladno odredbama posebnog zakona i Zakona o zaštiti od požara.

V. UVJETI ZA OBAVLJANJE POSLOVA SKLADIŠTENJA I PROMETA ZAPALJIVIH TEKUĆINA I PLINOVA I ODRŽAVANJE I NADZIRANJE POSTROJENJA

Članak 13.

(1) Poslove skladištenja i prometa zapaljivih tekućina i/ili plinova mogu obavljati fizičke osobe koje su osposobljene za obavljanje tih poslova i koje su upoznate s mjerama za sprečavanje nastanka i širenja požara i eksplozije te s postupcima za gašenje požara.

(2) Fizičke osobe koje neposredno obavljaju poslove iz stavka 1. ovoga članka dužne su u obavljanju tih poslova pridržavati se propisanih mjera zaštite od požara i eksplozija te uputa za siguran rad.

(3) U građevinama i na prostorima gdje se obavlja skladištenje i promet zapaljivih tekućina i/ili plinova na vidnim mjestima moraju se postaviti oznake u svezi sa zaštitom od požara i eksplozija, upute za siguran rad i postupanje u slučaju požara i eksplozije.

Članak 14.

(1) Osposobljavanje djelatnika za poslove skladištenja i prometa zapaljivih tekućina i/ili plinova i upoznavanje s mjerama za sprečavanje nastanka i širenja požara i eksplozije te postupcima za gašenje na njihovim radnim mjestima obavlja se prije zaposlenja prema uputama za siguran rad i postupanje u slučaju požara, koje moraju biti u razumljivom obliku prilagođene specifičnostima radnog mjesta i tehnološkog procesa.

(2) Teorijsko i praktično osposobljavanje djelatnika iz stavka 1. ovoga članka, kao i obveznu godišnju provjeru osposobljenosti, mogu obavljati osobe koje imaju posebne ovlasti i odgovornosti u stručnim službama korisnika.

(3) O osposobljavanju i godišnjoj provjeri osposobljenosti vodi se dokumentacija iz koje je vidljivo tko je, kada, kako i prema kojim uputama za siguran rad i postupanje u slučaju požara obavio osposobljavanje i godišnju provjeru osposobljenosti.

* * *

K o m e n t a r

Izmjenama odredbe članka 14. Zakona uređuje se pitanje neophodne kakvoće osposobljavanja djelatnika za rad sa zapaljivim tekućinama i plinovima, kao i odgovornost za učinkovitu provedbu osposobljavanja.

Osposobljavanje osoba koje obavljaju poslove skladištenja, proizvodnje, prerade, dopreme, pretakanja, prodaje, korištenja i drugih vidova prometa zapaljivih tekućina i/ili plinova, ima svrhu, pored strukovnog znanja djelatnika utvrđenog općim propisima obuhvatiti i pravilnu provedbu posebnih mjera za sprečavanje nastanka i širenja požara i eksplozije te postupka za gašenje prema specifičnostima radnih mjesta a posebice prema uputama za siguran rad i postupanje u slučaju požara sukladno članku 13. Zakona, koje ne smiju biti općenite nego moraju biti razrađene i detaljno prilagođene konkretnim radnim mjestima i mjesnim prilikama.

Vrlo različite tehničko-tehnološke i organizacijske mjesne prilike, obveze iz projekta, jamstva i upute proizvođača opreme i postrojenja za rad i održavanje, karakteristike građevina i dr. zahtijevaju aktivno uključivanje osoba s posebnim ovlastima i odgovornostima u stručnim službama kako bi se učinkovito provodilo osposobljavanje i unutarnja kontrola, a ne samo formalno preko vanjskih ustanova ili suradnika, što je ponekad bio slučaj.

Ovim se ne isključuje i sudjelovanje i ovlaštenih stručnih ustanova za osposobljavanje iz područja zaštite od požara u postupku osposobljavanja djelatnika, ali na način propisan ovim člankom.

* * *

Članak 15.

(1) Održavanje i nadziranje ispravnosti postrojenja za zapaljive tekućine i plinove obavlja se na način i u vremenskim razmacima određenim propisom, odnosno uputom proizvođača, o čemu mora postojati dokumentacija.

(2) Održavanje i nadziranje ispravnosti iz stavka 1. ovoga članka mogu obavljati samo osposobljene osobe.

VI. OPĆE MJERE ZAŠTITE OD POŽARA I EKSPLOZIJA

Članak 16.

Tehnološki procesi u kojima se uporabljuju zapaljive tekućine i/ili plinovi moraju imati ***sustave za upravljanje i nadziranje sigurnog odvijanja tehnološkog procesa***, kao i sustave za dojavu i gašenje požara prema propisima i hrvatskim normama i/ili inozemnim propisima i normama sukladno propisima o normizaciji.

K o m e n t a r

Ovom izmjenom usklađen je tekst s izrazom iz članka 2.

* * *

Članak 17.

U zonama opasnosti zabranjeno je:

1. držanje i uporaba alata, uređaja i opreme koji pri uporabi mogu iskriti,
2. pušenje i korištenje otvorene vatre u bilo kojem obliku,
3. držanje oksidirajućih, reaktivnih ili samozapaljivih tvari,
4. odlaganje zapaljivih i drugih tvari koje nisu namijenjene tehnološkom procesu,
5. pristup vozilima koja pri radu svog pogonskog uređaja mogu iskriti,
6. uporaba električnih uređaja koji nemaju protueksplozijsku zaštitu,
7. nošenje odjeće i obuće koja se može nabiti statičkim elektricitetom i uporaba uređaja i opreme koji nisu propisno zaštićeni od statičkog elektriciteta.

Članak 18.

(1) Zabranjeno je skladištenje i promet zapaljivih tekućina i plinova u građevinama, dijelovima građevine ili prostora koji nisu namijenjeni za skladištenje i/ili promet zapaljivih tekućina i/ili plinova.

(2) Zapaljive tekućine i/ili plinovi mogu se držati u građevinama, dijelovima građevine ili prostorima koji nisu namijenjeni za skladištenje ili promet zapaljivih tekućina i/ili plinova samo pod propisanim uvjetima.

(3) Uvjete iz stavka 2. ovoga članka propisuje ministar unutarnjih poslova.

(4) U skladištima i postrojenjima za zapaljive tekućine i/ili plinove zabranjeno je skladištenje i promet zapaljivih tekućina i/ili plinova u količinama većim od odobrenih kao i skladištenje i promet zapaljivih tekućina i/ili plinova, koji nisu odobreni.

VII. UVJETI ZA PRODAJU ZAPALJIVIH TEKUĆINA I PLINOVA

Članak 19.

(1) Prodaja upaljivih (lako zapaljivih) tekućina i/ili plinova u posudama dopuštena je samo u prodavaonicama zapaljivih tekućina i/ili plinova.

(2) U prodavaonicama mogu se prodavati upaljive (lako zapaljive) tekućine i/ili plinovi samo u originalnom i neoštećenom pakovanju.

Članak 20.

(1) Prodaja upaljivih (lako zapaljivih) tekućina i/ili zapaljivih plinova u bočicama može se obavljati izvan prodavaonica zapaljivih tekućina i/ili plinova, ako njihov ukupni obujam ne prelazi 20 l.

(2) Prodaja, držanje i skladištenje upaljivih (lako zapaljivih) tekućina i/ili zapaljivih plinova u bočicama kada ukupna količina prelazi 20 l mora se obavljati na način predviđen za posude koje sadrže upaljive (lako zapaljive) tekućine, odnosno zapaljive plinove.

Članak 21.

(1) Opskrba motornih vozila, plovila i drugih prometnih sredstava zapaljivim tekućinama i/ili plinovima (gorivom) mora se obavljati samo u građevinama i otvorenim prostorima koji ispunjavaju propisane uvjete.

(2) Uvjete za izgradnju i provedbu mjera zaštite od požara i eksplozija za građevine i otvorene prostore za opskrbu motornih vozila gorivom propisuje ministar unutarnjih poslova.

VIII. NADZOR

Članak 22.

(1) Upravni nadzor nad provedbom ovoga Zakona i propisa donijetih na temelju njega obavlja Ministarstvo unutarnjih poslova.

(2) Inspekcijski nadzor nad provedbom ovoga Zakona i propisa donijetih na temelju njega, sukladno Zakonu o zaštiti od požara provode inspektori zaštite od požara policijskih uprava i Ministarstva unutarnjih poslova.

(3) Ovlaštenja Ministarstva unutarnjih poslova iz Zakona o zaštiti od požara sukladno se primjenjuju i prilikom obavljanja upravnog i inspekcijskog nadzora nad provedbom ovoga Zakona i propisa donijetih na temelju ovoga Zakona.

IX. KAZNENE ODREDBE

Članak 23.

(1) Novčanom kaznom u iznosu od 10.000 do 40.000 kuna, kaznit će se za prekršaj pravna osoba ili obrtnik:

1. ako u prodaju stavi posudu sa zapaljivom tekućinom bez podataka na hrvatskom jeziku ili ne da propisane podatke i upute ili ako su ti podaci netočni (članak 5. stavak 2. i 6.),

2. ako u prodaju stavi posude sa zapaljivim tekućinama koje nisu izrađene od odgovarajućeg materijala i na način određen propisima i hrvatskim normama (članak 5. stavak 4.),

3. ako u prodaju stavi bočice koje sadrže upaljive (lako zapaljive) tekućine od neodgovarajućeg materijala ili bez znakova opasnosti ili teksta upozorenja za sigurnu uporabu i držanje na hrvatskom jeziku (članak 5. stavak 5.),

4. ako pri skladištenju, držanju ili prometu zapaljivih tekućina ne posjeduje propisane podatke ili ako zapaljive tekućine ne skladišti ili ne drži ili ne uporabljuje sukladno propisima, odnosno uputom proizvođača ili ako ošteti podatke na postrojenjima, posudama i bočicama, tako da one nisu više čitljive prije potpunog iskorištenja sadržaja, odnosno njihovog čišćenja od zapaljivih tekućina (članak 6. stavak 1. i 2.),

5. ako stavi u promet zapaljive plinove bez podataka ili uputa ili ako su ti podaci netočni (članak 7. stavak 1.),

6. ako pri skladištenju, držanju ili prometu zapaljivih plinova, osim plinova općepoznatih značajki, ne posjeduje propisane podatke (članak 7. stavak 2.),

7. ako kod prodaje ne da pismenu uputu s podacima o vrsti i količini te o kategoriji i stupnju opasnosti od požara (članak 7. stavak 3.),

8. ako zapaljive plinove ne skladišti ili ne drži ili ne rabi sukladno propisima, odnosno uputama proizvođača (članak 7. stavak 4.),

9. ako spremnici i posude koje sadrže zapaljive plinove nisu označene, obojene i izrađene od materijala i na način određen propisima i hrvatskim normama, odnosno ako ne obavlja kontrolu sukladno propisima o sudovima pod tlakom (članak 8. stavak 1. i 2.),

10. ako u prodaju stavi bočice koje sadrže zapaljive plinove od neodgovarajućeg materijala ili bez znakova opasnosti ili teksta upozorenja za sigurnu uporabu i držanje na hrvatskom jeziku (članak 8. stavak 3.),

11. ako ne obavlja ispitivanja ispravnosti i nepropusnosti plinskih instalacija u propisanim rokovima ***ili na način predviđen pravilnikom na koji je dana suglasnost Ministarstva unutarnjih poslova ili ne izdaje ili ne čuva ispitni izvještaj (članka 9. stavak 1., 2., 3., 5., 6. i 7.),***

12. ako ne omogući nesmetano ispitivanje plinskih instalacija (članak 9. stavak 4.),

13. ako ne uskrati isporuku plina potrošača kod kojeg su utvrđeni nedostaci (članak 10. stavak 2.),

14. ako građevine ili postrojenja ne gradi na sigurnosnoj udaljenosti (članak 11. stavak 1.),

15. ako poslove skladištenja i prometa zapaljivih tekućina i plinova povjeri fizičkoj osobi koja nije osposobljena ili nije upoznata s mjerama za sprečavanje nastanka i širenje požara, i postupcima za gašenje požara (članak 13. stavak 1.),

16. ako u građevinama i na prostorima gdje se obavlja skladištenje i promet zapaljivih tekućina i/ili plinova na vidnim mjestima ne postavi oznake u svezi sa zaštitom od požara ili eksplozija ili upute za siguran rad i postupanje u slučaju požara i eksplozije (članak 13. stavak 3.),

17. ako održavanje i nadziranje ispravnosti postrojenja za zapaljive tekućine i plinove ne obavlja na način i u vremenskim razmacima određenim propisom, odnosno uputom proizvođača ili o tome nema dokumentaciju (članak 15. stavak 1.),

18. ako održavanje i nadziranje ispravnosti postrojenja za zapaljive tekućine i plinove obavlja osoba koja nije osposobljena (članak 15. stavak 2.),

19. ako drži ili rabi alat, uređaje i opremu koji pri uporabi mogu iskriti (članak 17. točka l.),

20. ako u zoni opasnosti puši ili koristi otvorenu vatru u bilo kojem obliku (članak 17. točka 2.),

21. ako u zoni opasnosti drži oksidirajuće, reaktivne ili samozapaljive tvari (članak 17. točka 3.),

22. ako u zoni opasnosti odlaže zapaljive i druge tvari koje nisu namijenjene tehnološkom procesu (članak 17. točka 4.),

23. ako u zoni opasnosti dozvoli pristup vozilima koja pri radu svog pogonskog uređaja mogu iskriti (članak 17. točka 5.),

24. ako u zoni opasnosti rabi električne uređaje koji nemaju protueksplozijsku zaštitu (članak 17. točka 6.),

25. ako u zoni opasnosti nosi odjeću i obuću koja se može nabiti statičkim elektricitetom ili rabi uređaje ili opremu koji nisu propisno zaštićeni od statičkog elektriciteta (članak 17. točka 7.),

26. ako skladišti ili prometuje zapaljivim tekućinama i/ili plinovima u građevinama, građevinskim dijelovima ili prostorima koji nisu namijenjeni za skladištenje i/ili promet zapaljivih tekućina i/ili plinova (članak 18. stavak 1.),

27. ako zapaljive tekućine i/ili plinove drži u građevinama, dijelovima građevine ili prostorima koji nisu namijenjeni za skladištenje ili promet zapaljivih tekućina i/ili plinova suprotno propisanim uvjetima (članak 18. stavak 2.),

28. ako u skladištima i postrojenjima skladišti i prometuje zapaljivim tekućinama i/ili plinovima u količinama većim od odobrenih ili skladišti i prometuje zapaljivim tekućinama i/ili plinovima koji nisu odobreni (članak 18. stavak 4.),

29. ako prodaje upaljive (lako zapaljive) tekućine i/ili plinove u posudama izvan prodavaonica zapaljivih tekućina i/ili plinova (članak 19. stavak 1.),

30. ako u prodavaonicama prodaje upaljive (lako zapaljive) tekućine koje nisu u originalnom i neoštećenom pakovanju (članak 19. stavak 2.),

31. ako prodaju upaljivih (lako zapaljivih) tekućina i/ili zapaljivih plinova u bočicama obavlja izvan prodavaonica zapaljivih tekućina i/ili plinova a njihov ukupni obujam prelazi 20 l (članak 20. stavak 1.),

32. ako prodaju, držanje ili skladištenje upaljivih (lako zapaljivih) tekućina i/ili plinova u bočicama, kada ukupna količina prelazi 20 l, ne obavlja na način predviđen za posude koje sadrže upaljive (lako zapaljive) tekućine, odnosno zapaljive plinove (članak 20. stavak 2.),

33. ako opskrbu motornih vozila, plovila i drugih prometnih sredstava zapaljivim tekućinama i/ili plinovima (gorivom) obavlja u građevinama ili na prostorima koji ne ispunjavaju propisane uvjete (članak 21. stavak 1.).

(2) Za prekršaj iz stavka 1. ovoga članka kaznit će se novčanom kaznom u iznosu od 3.000 do 10.000 kuna i odgovorna osoba u pravnoj osobi, tijelu državne vlasti, tijela državne uprave i jedinice lokalne samouprave i uprave ili kod obrtnika.

Članak 24.

Novčanom kaznom u iznosu od 3.000 do 10.000 kuna kaznit će se za prekršaj fizička osoba:

1. ako pri skladištenju ili držanju ili prometu zapaljivih tekućina ne posjeduje propisane podatke ili ako zapaljive tekućine ne skladišti ili ne drži ili ne uporabljuje sukladno propisima, odnosno uputom proizvođača ili ako ošteti podatke na postrojenjima, posudama i bočicama, tako da one nisu više čitljive prije potpunog iskorištenja sadržaja, odnosno njihovog čišćenja od zapaljivih tekućina (članak 6. stavak l. i 2.),

2. ako zapaljive plinove ne skladišti ili ne drži ili ne rabi sukladno propisima, odnosno uputom proizvođača (članak 7. stavak 4.),

3. ako ne omogući nesmetano ispitivanje plinskih instalacija (članak 9. stavak 4.),

4. ako građevine ili postrojenja ne gradi na sigurnosnoj udaljenosti (članak 11. stavak 1.),

5. ako se prilikom obavljanja skladištenja i prometa zapaljivih tekućina i/ili plinova ne pridržava propisanih mjera zaštite od požara i eksplozija te uputa za siguran rad (članak 13. stavak 2.),

6. ako u zoni opasnosti puši ili koristi otvorenu vatru u bilo kojem obliku (članak 17. točka 2.),

7. ako skladišti ili prometuje zapaljivim tekućinama ili plinovima u građevinama, građevinskim dijelovima ili prostorima koji nisu namijenjeni za skladištenje i/ili promet zapaljivih tekućina i/ili plinova (članak 18. stavak 1.),

8. ako zapaljive tekućine i/ili plinove drži u građevinama, dijelovima građevine ili prostorima koji nisu namijenjeni za skladištenje ili promet zapaljivih tekućina i/ili plinova suprotno propisanim uvjetima (članak 18. stavak 2.),

9. ako prodaje upaljive (lako zapaljive) tekućine i/ili plinove u posudama izvan prodavaonica zapaljivih tekućina i/ili plinova (članak 19. stavak 1.).

X. PRIJELAZNE I ZAVRŠNE ODREDBE

Članak 25.

(1) Propise za čije je donošenje po ovom Zakonu ovlašten ministar unutarnjih poslova će donijeti u roku godine dana od dana stupanja na snagu ovoga Zakona.

(2) Ovlašćuje se ministar unutarnjih poslova da u propisima za čije je donošenje po ovom Zakonu ovlašten uređuje prekršaje i propisuje kazne za te prekršaje.

Članak 26.

Do stupanja na snagu propisa iz članka 25. ovoga Zakona ostaju na snazi propisi iz članka 25. Zakona o skladištenju i prometu zapaljivih tekućina i plinova ("Narodne novine", br. 24/76., 31/86., 47/89. i 26/93.)

Članak 27.

Na dan stupanja na snagu ovoga Zakona prestaje važiti Zakon o skladištenju i prometu zapaljivih tekućina i plinova ("Narodne novine", br. 24/76., 31/86., 41/89. i 26/93.).

Članak 28.

Ovaj Zakon stupa na snagu osmoga dana od dana objave u " Narodnim novinama".

Klasa: 214-01/95-01/03
Zagreb,13. prosinca 1995.
ZASTUPNIČKI DOM SABORA
REPUBLIKE HRVATSKE
Predsjednik Zastupničkog doma Sabora
akademik Vlatko Pavletić, v. r.

* * *

POSEBNE ODREDBE ZAKONA O IZMJENAMA I DOPUNAMA ZAKONA O ZAPALJIVIM TEKUĆINAMA I PLINOVIMA ("Narodne Novine", broj 56/10)

Članak 11.

Danom prijama Republike Hrvatske u punopravno članstvo u Europsku uniju, svojstva reakcije na požar i otpornost na požar u graditeljstvu navedena u propisima donesenim na temelju Zakona o zapaljivim tekućinama i plinovima određuju se prema hrvatskim normama kojima su preuzete europske norme, a dokazuju sukladno posebnim propisima.

Članak 12.

Operatori su dužni Pravilnik o uvjetima i postupku ispitivanja nepropusnosti i ispravnosti plinskih instalacija uskladiti s odredbama ovoga Zakona i ishoditi suglasnost Ministarstva unutarnjih poslova u roku od godinu dana od dana stupanja na snagu ovoga Zakona.

Članak 13.

Ovaj Zakon stupa na snagu osmoga dana od dana objave u »Narodnim novinama«.

Klasa: 214-01/10-01/01
Zagreb, 23. travnja 2010.
HRVATSKI SABOR
Predsjednik
Hrvatskoga sabora
Luka Bebić, v.r.

* * *

Z A G R E B, rujna 2010.

P R I P R E M I O
Tomislav Bukša, dik,
MUP RH, glavni policijski inspektor

Rekonstrukcija sustava centralnog grijanja

Reconstruction of central heating system

Goran Kolesarić[1,*], Danijel Đukić[2)], Roberto Lujić[1)]

[1] Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Trg I. B. Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska

[2] Energo-termoenergetika d.o.o. Sisak M.Cvetkovića bb 44 000 Sisak

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

Sažetak

U radu je prikazana mogućnost korištenja informatičke tehnologije za lakše upravljanje modernizacijom i rekonstrukcijom opće bolnice. Zahvaljujući rekonstrukciji došlo je do financijskih i energetskih ušteda korištenjem nisko energetskih uređaja (povećanja energetske učinkovitosti) , ali i poboljšanja ekoloških pokazatelja (smanjenja stakleničkih plinova, zagađenja okoliša…). Za primjer rekonstrukcije je uzeta opća bolnica kojem je za sustav grijanja i pripremu sanitarne vode potrebna toplinska snaga od oko 5 MW.

Ključne riječi: projekt, upravljanje projektom, energetska učinkovitost, zaštita okoliša.

Abstract

The article shows possibility of information technology for easier managing of modernisation and reconstruction of general hospital. Thought the reconstruction financial and energetic (energy efficiency) savings have been achieved. Ecological parameters (decreasing of greenhouse gases, pollution…) have been improved as well. For example is taken reconstruction of general hospital where is for heating system and preparation of water necessary thermal energy cca 5MW.

Keywords: project, project management, energy efficiency, environmental protection.

1. Uvod

Upravljanje projektima danas je postalo jedno od strateških područja ljudske djelatnosti. Ako se pogleda kroz povijest, mogu se primijetiti veliki, monumentalni projekti poduzimani s krajnjim ishodom ostvarenja predviđenog odnosno planiranog cilja. Mnogi povijesni projekti (građevine) su sadržavali plan po kojem će se izvršavati, procijene rokova ostvarivanja cilja, resurse i kapacitete s kojim će se predviđeno probati ostvariti pa se može govoriti o planiranju i vođenju istih.

Kako se od stručnjaka u poslovnim i proizvodnim sustavima traži da u što kraćem roku donese što pouzdanije odluke, može se zaključiti kako danas niti jedan ozbiljan projekt nije zamisliv bez kvalitetnog upravljanja projektima. Racionalno korištenje svih raspoloživih resursa (radne snage, opreme i druge tehnike) donose ogromne uštede.

Primjena alata i metoda za upravljanje projektima u proizvodnim sustavima dovodi ne samo do poboljšanja organizacijske strukture, nego i brži tijek proizvodno-tehnoloških informacija unutar tvrtke uz znatno smanjenje vremena pripreme proizvodnje, povećanja produktivnosti i minimalizacije troškova proizvodnje. Za ispunjenje ovakvih zahtjeva, nužna je primjena planiranja, praćenja i upravljanja na računalu (upotrebom odgovarajućeg softvera), čime se postižu ne samo znatne uštede u vremenu već racionalna iskorištenje ljudskih i materijalnih resursa.

Prilikom pokretanja projekta potrebno je definirati uz svaku aktivnosti koliko će djelatnika biti angažirano i na koje vrijeme, te koja će se sredstva za rad i resursi (materijali, oprema, trgovačka roba…) koristiti. Definiranjem ovih potreba omogućava se kvalitetna priprema projekta.

2. Upravljanje projektima

Upravljanje projektima, kao znanstvena disciplina, je priznata tek prije petnaestak godina.

Pri upravljanju projektima postalo je neophodno poznavanje projekta, poznavanje tehnika mrežnog planiranja, sposobnost planiranja, komunikativnost, kreativnost, tehnička obrazovanost, otvorenost suradnji i timskom radu, pravna i ekonomska znanja. Upravljanje projektima je vještina i znanje upravljanja ljudskim i materijalnim resursima kako bi se postigli zadani ciljevi u zadanim ograničenjima: opseg, vrijeme, odobrena (planirana) sredstva, kvaliteta, te zadovoljenje svih sudionika i njihovih potreba u projektu. [1]

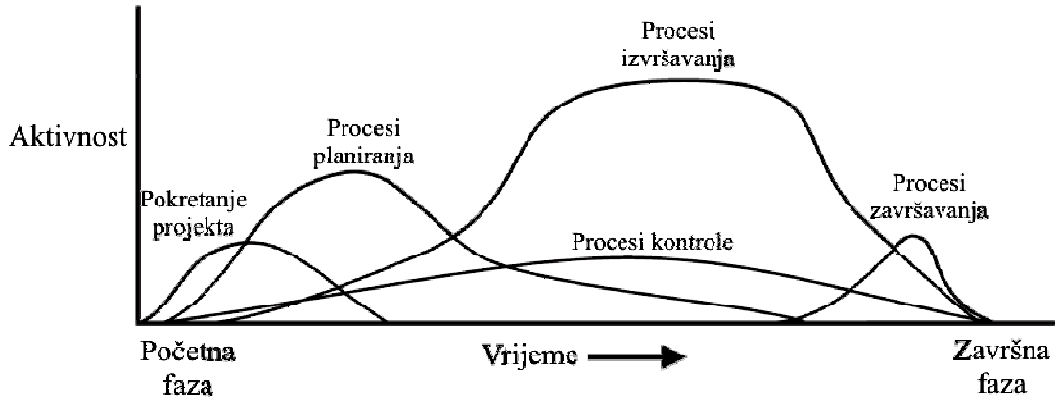
Postoje različite definicije projekta, ovisno o području na koje se on odnosi. Projekt je vremenski određeno nastojanje da se proizvede jedinstven proizvod ili usluga [2].

Glavni elementi za uspjeh projekta su [1]:

- strategija (**s**trategy),

- struktura (**s**tructure),
- sustavi (**s**ystem).
- zaposlenici (**s**taff).
- vještine (**s**kills),
- kultura (**s**til),
- interesno-utjecajne skupine (**s**takeholders).

Upravljanje projektom je koordinacija i usmjeravanje resursa (materijalnih i ljudskih) u cilju završavanja projekta u zadanim okvirima vremena, troškova i kvalitete.
Prilikom odvijanja procesa upravljanja projektom, dolazi do preklapanja određenih procesa uključenih u odvijanje projekta (slika 1) [3].



Slika 1. Životni vijek projekta po fazama

3. Izrada plana rekonstrukcije sustava centralnog grijanja Opće bolnice Sisak

Sustav centralnog grijanja Opće bolnice Sisak se sastoji od šest zasebnih cjelina koje su, putem podstanica (izmjenjivača), vezane na infrastrukturu Energane željezare Sisak. Tih šest podsustava su [4]:

- TS ginekologija,
- TS stara interna,
- TS pedijatrija,
- TS kirurgija
- TS upravna zgrada
- TS nova interna.

S obzirom na prioritete i mogućnosti izvođenja radova u tih šest podstanica (koji su načelno isti ali različiti u trajanju, potrebnim resursima i/ili materijalima) svaka se podstanica gleda zasebno.

- **TS Ginekologija**

  Prilikom demontaže opreme je potrebno demontirati i sve postojeće, nepotrebne cjevovode (uključivo i spremnike pitke tople vode – PTV sa dijelom cjevovoda) sve do priključnih ventila na razdjelnicima koji ostaju u funkciji. Prije početka montaže, potrebno je osigurati sve materijale koji su potrebni za bravarsku montažu podstanice na sustav centralnog grijanja i sanitarne tople vode.

- **TS Stara interna**

  Za vrijeme demontaže postojeće opreme i nepotrebnih cjevovoda u podstanici se uklanja sva postojeća oprema. Ostaju samo razvodni cjevovodi grijanja i PTV koji vode iz prostorije i postojeći priključak hladne vode. Prije početka montaže, moraju se osigurati potrebni materijali za montažu podstanice na sustav centralnog grijanja i sanitarne tople vode.

- **TS Pedijatrija**

  Prilikom demontaža postojeće opreme i nepotrebnih cjevovoda u podstanici treba se demontirati sva oprema osim:

  - razvodnog cjevovoda za patologiju (koji je nov i ostaje u funkciji),
  - razvodni cjevovodi grijanja i PTV koji vode iz prostorije,
  - postojeći priključak za hladnu vodu.

  Materijali potrebni za spajanje kompakt stanice na sustav grijanja i potrošne tople vode se osigurava prije početka izvođenja radova montaže (mora se osigurati tokom demontaže već postojeće opreme i cjevovoda.

- **TS Kirurgija**

  Postojeća oprema i nepotrebni cjevovodi se uklanjaju do priključnih ventila na razdjelnicima. Razdjelnici s opremom ostaju u funkciji kao i spremnici PTV s cjevovodom tople vode.

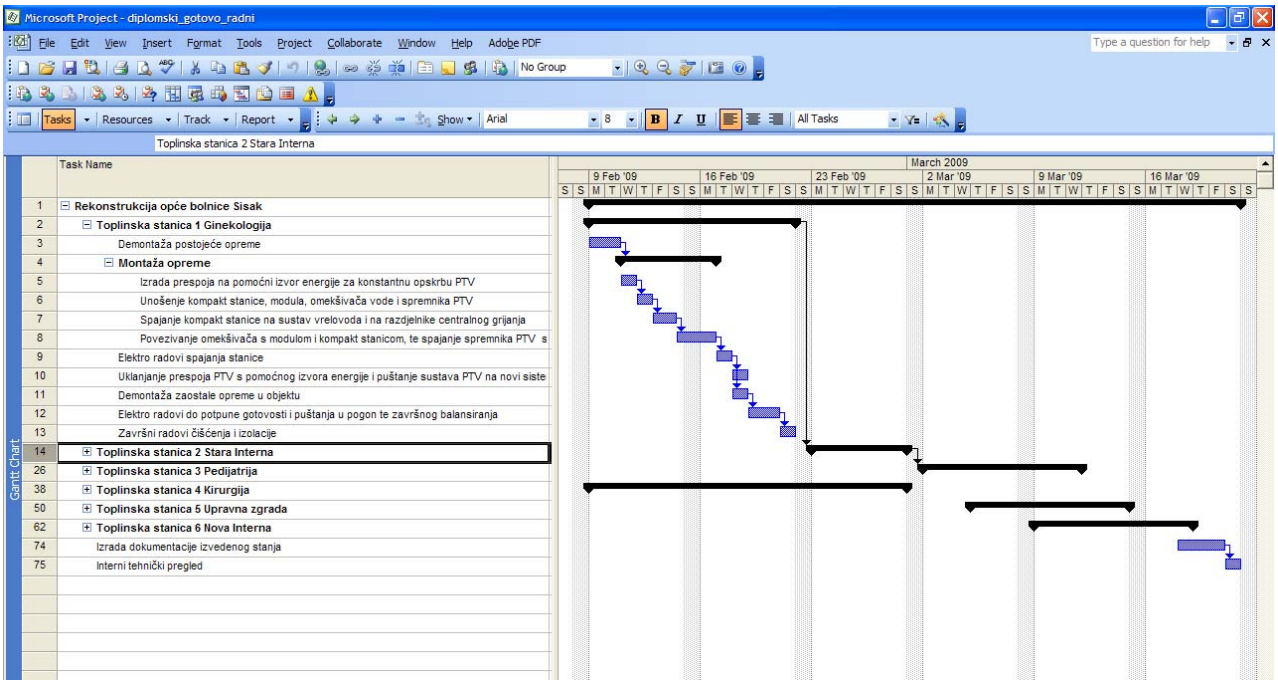
- **TS Upravna zgrada**

  Postavljanje toplinske podstanice u ovom objektu se vrši u novom prostoru (u podrumu upravne zgrade) gdje ne postoji oprema za grijanje. Postojeću opremu u starom prostoru treba ukloniti.

- **TS Nova interna**

  Pri demontaži postojeće opreme se demontira sva oprema do razdjelnih cjevovoda. Ostaju samo razvodni cjevovodi grijanja i PTV koji vode iz prostorije, kao i postojeći priključak hladne vode.

Slika 2. prikazuje dio gantograma [5] aktivnosti za navedenu rekonstrukciju i modernizaciju.



Slika 2. Gantogram aktivnosti plana sa detaljnim prikazom jedne podstanice

4. Zaključak

Razvojem tehnologije proizvodnje, alata i strojeva, računalne i programske podrške, planiranje i upravljanje projektima (zajedno sa porastom njihovog opsega i zahtjeva tržišta) sve više dobiva na važnosti i postaje sve složenije. Upravljanje projektima (pogotovo složenijih sustava) danas nije moguće bez računalne i programske podrške. Koliko god postoji nesnošljivost između djelatnika koji imaju dosta godina radnog iskustva i računala, neosporna je činjenica da je danas teško voditi ijedan projekt bez njih. Ali, isto tako, kao što je potrebna računalna i programska logistika, nemoguće je uspješno završiti ijedan projekt bez stručnog kadra, a pogotovo bez voditelja projekta sa širokim spektrom poznavanja raznih disciplina i vještina uključujući poznavanje i sociooloških, pravnih, ekonomskih i psiholoških čimbenika koji su sastavni elementi upravljanja projektom.

Upravljanje projektom započinje idejom, analizira se isplativosti projekta, donosi se odluka o pokretanju projekta, izrađuje projektni zadatak, planiraju se aktivnosti, izvođenje, kontrolira se i zatvara. Ono što je karakteristično za projekt je da je jedinstven, ograničen resursima, svojim trajanjem, predviđenim troškovima i sa krajnjim ciljem zadovoljenja potreba kupaca.

U radu su analizirani i korišteni materijali tvrtki HEP ESCO i Energo-termoenergetika d.o.o koje su bile projektanti i izvođači rekonstrukcije sustava centralnog grijanja Opće bolnice u Sisku. Pomoću informatičke podrške je napravljen plan i izvršeno praćenje izvođenja aktivnosti rekonstrukcije.

Definirane su aktivnosti, pripadajući kapaciteti i resursi sa cijenama te praćena realizacija aktivnosti kritičnih mjesta (zbog vremenskog kašnjenja, prekoračenja budžeta…).

Zahvaljujući lakom i efikasnom praćenju kritičnih mjesta prilikom izvođenja radova, a ukoliko i dođe do neplaniranih produženja, moglo su se poduzeti određene korektivne akcije kako se ne bi probili ugovoreni rokovi, što omogućuje sustavu stalno praćenje postupaka realizacije posla i donošenje preciznijih upravljačkih odluka u što je moguće kraćem vremenu.

Također je došlo do uštede u financijskom i energetskom smislu. U financijskom okviru došlo je do uštede od cca 30 % dok je energetska učinkovitost poboljšana za cca 25 %. Pretpostavljeno vrijeme povrata investicije je oko 10 godina dok je procijenjena emisija štetnih plinova smanjena preko 30 %.

5. Literatura

[1] Omazić, M. Ante; Baljkas, S.: Projektni menadžment, Zagreb, Sinergija nakladništvo, 2005, 358 str.

[2] Špundak, M.: Upravljanje projektima – definicije i metodologije, Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2006, kvalifikacijski doktorski članak, http://www.fer.hr/_download/repository/kvalifikacijski_clanak.pdf (27. travnja 2009.)

[3] Duncan, W. R.: A guide to the project management body of knowladge, Project Management Institute, 1996 Upper Darby, Pennsylvania, USA, Project Management Institute, 1996., 176 str.

[4] HEP ESCO d.o.o i Energo-termoenergetika d.o.o Sisak : Projekt Rekonstrukcije sustava centralnog grijanja opće bolnice Sisak. Interno izdanje. 2007.

[5] MS® Project professional programski paket, ver. 2003, 2007.

Izazovi izvedbenog projekta postrojenja za separaciju sirove nafte i plina

Challenges of design project for the plant for separation of crude oil and gas

B. Jurakić[1,*], T. Galeta[1], Ž. Užarević[2], M. Rondić[3]

[1] Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Trg I. B. Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska
[2] Inženjering za naftu i plin d.o.o., S. R. Njemačke 10, HR-10000 Zagreb, Hrvatska
[3] Artes-Inženjering d.o.o., Dr. Mile Budaka 1, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska

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

Sažetak

U radu smo prikazali metode rješavanja strojarskog dijela zahtjevnog izvedbenog projekta postrojenja za separaciju sirove nafte i plina Jihar Faza 2 u Siriji. Iz osnovnog dizajna postrojenja i procesnih dijagrama u roku od jedne godine je trebalo projektirati 15 posuda pod tlakom i 218 spojnih cjevovoda s popratnom konstrukcijom. Zbog toga smo za projektiranje koristili računalne programe za prostorno parametarsko modeliranje postrojenja uz specijalizirane programe za brzu pripremu izometrika cjevovoda te postavili mrežni poslužitelj za upravljanje dokumentima u timskom radu. Ukupna masa projektiranih strojarskih konstrukcija dosegla je 400 tona s više od 20 tisuća komponenti, dok je dužina cjevovoda dosegla 4 km. Zbog udaljenosti gradilišta od projektantskih ureda postavljen je Internet datotečni poslužitelj koji je omogućio voditeljima gradilišta pravovremen uvid u projektirane cjeline. Iskustva i znanja stečena u ovom projektu poslužila su autorima kao podloga za kvalitetno rješenje više narednih projekata.

Abstract

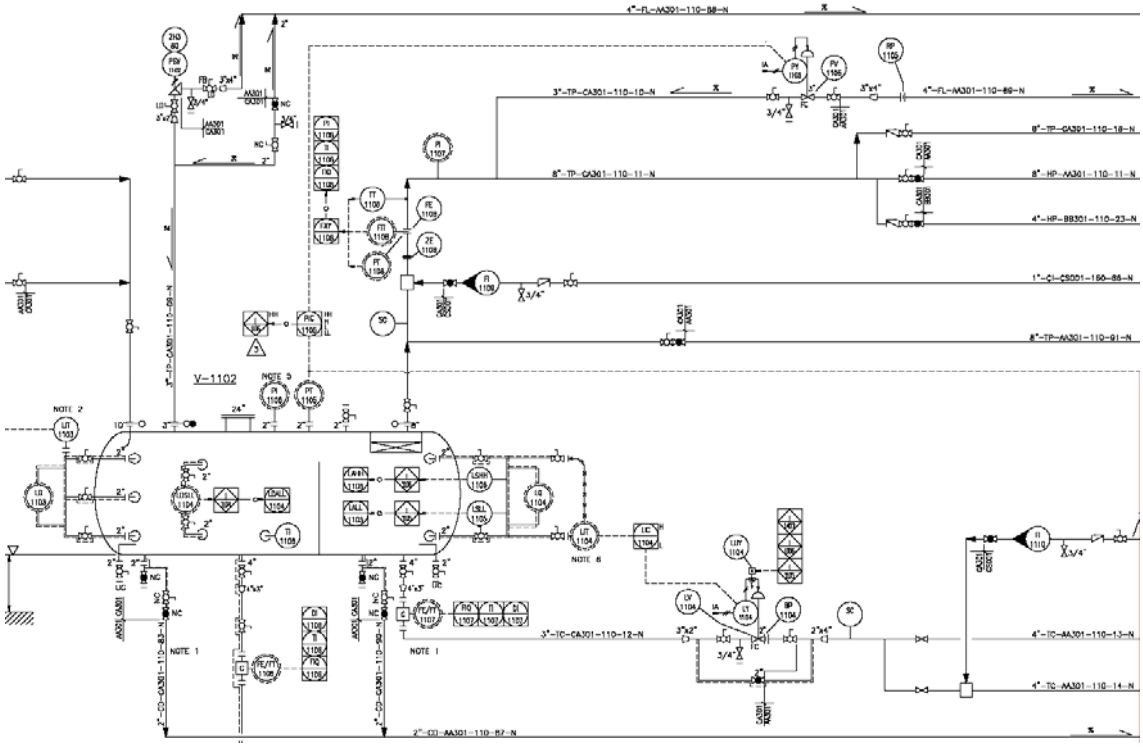
In this paper we presented methods used for mechanical engineering portion of the design project for the plant for separation of crude oil and gas Jihar Stage 2 in Syria. 15 pressure vessels and 218 connecting pipelines with supporting structure had to be designed from the basic design of the plant and from process diagrams and delivered within one year. Therefore, we used computer programs for spatial parametric modelling of the plant together with specialized program for the rapid preparation of pipelines' isometrics. We have also set up a network server for managing documents

in teamwork. The total mass of engineered mechanical structures have reached 400 tonnes, with more than 20 000 components, while the length of the pipeline has reached 4 km. Plant site far away from the designers' offices has been bridged with Internet file server that allowed a constant overview of all projected units to site managers. Experience and knowledge gained from this project, the authors used as a basis for a quality solution to several following projects.

Ključne riječi: cjevovod, posude, izvedbeni projekt, prostorno parametarsko modeliranje

1. Uvod

Projekt postrojenja za separaciju sirove nafte i plina Jihar Faza 2 u Siriji, zajednički je međunarodni pothvat tvrtki INA iz Hrvatske i Hayan Petroleum Company iz Sirije. Bazni projekt postrojenja je izradio Tecnimont KT odnosno tadašnji Technip KTI iz Italije. Sastoji se od dijagrama cjevovoda i instrumenata (engl. *Piping and Instrumentation Diagram - P&ID*), slika 1, te podataka o kapacitetu posuda i bitnim parametrima postrojenja.

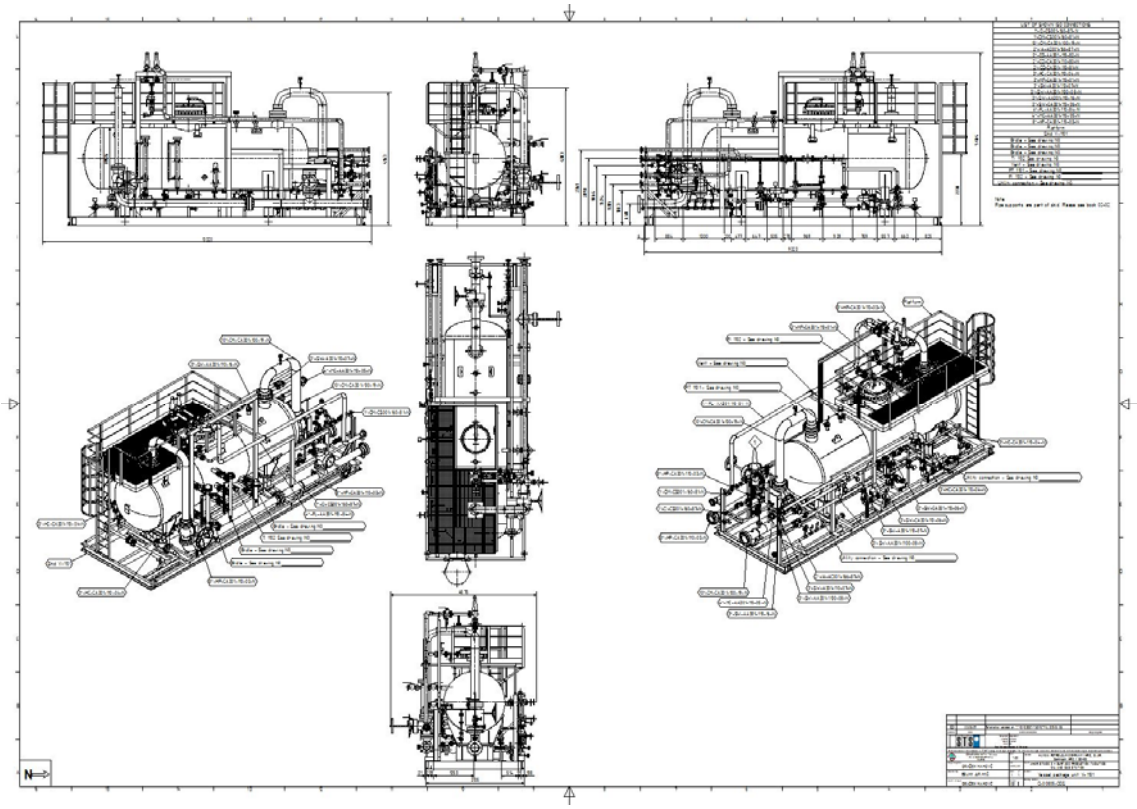


Slika 1. Isječak P&I dijagrama oko separatora V-1102 [1]

Dijagrami baznog projekta postrojenja prikazuju shematski prikaz cijevnih linija sa svim podacima potrebnim za izradu cjevovoda, njihovu međusobnom povezivanju i povezivanju na posude. Isto tako prikazani su položaji instrumenata na cijevnim linijama. Za posude se na temelju podataka o

kapacitetu, tlaku, broju i vrsti priključaka i radnim uvjetima izrađuju podloge koje služe za izradu prostornog modela i izvedbene dokumentacije.

Izvedbeni projekt postrojenja za separaciju sirove nafte i plina Jihar Faza 2 u Siriji je rađen na osnovu tendera izdanog od strane izvođača, tvrtke STSI - Integrirani tehnički servis u Zagreb. Izveli su ga zajedno projektanti Inženjeringa za naftu i plin (INP) iz Zagreba i Artes-Inženjeringa (Arting) iz Slavonskog Broda. Tvrtka INP je osiguravala podloge, kontrolu i stručno savjetovanje, a Arting izradu digitalnog prostornog parametarskog modela i kompletne dokumentacije za 15 posuda, slika 2, i cjevovode.



Slika 2. Crtež posude V-1101 s popratnom opremom

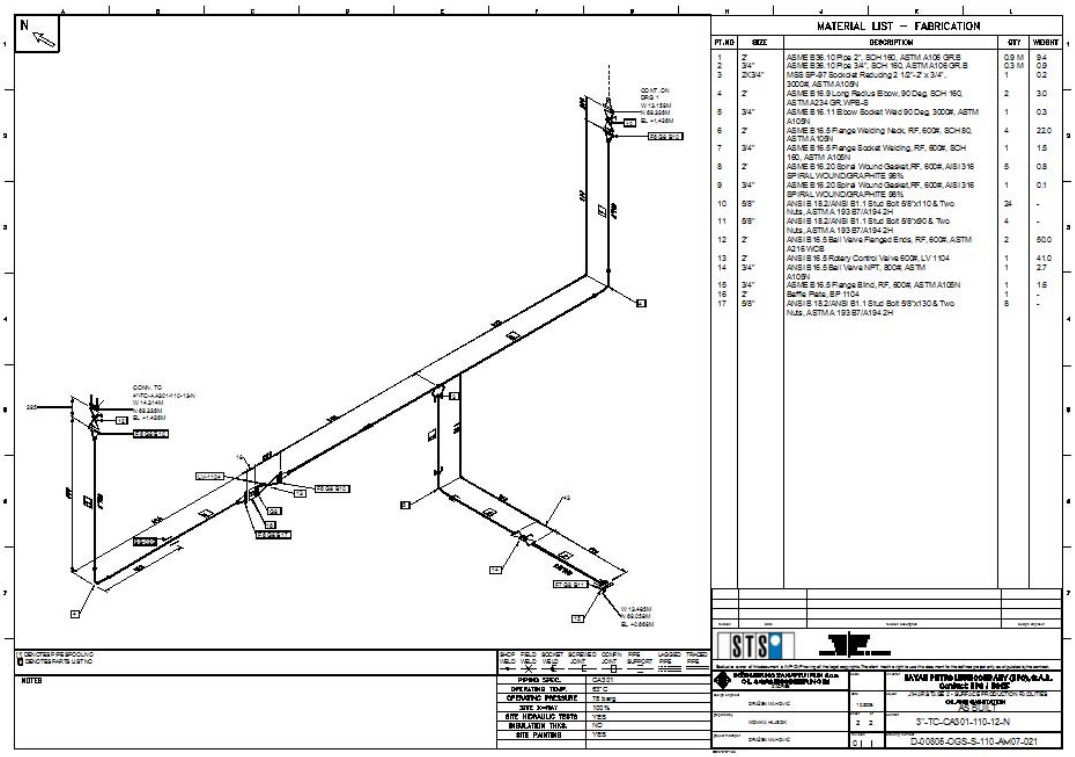
Postrojenje Jihar Faza 2 je projektirano za maksimalni kapacitet tretiranog plina od 689.700 Sm^3/dan uz zadovoljavanje tražene kvalitete i za maksimalni kapacitet tretirane nafte od 6.960 barela dnevno. Postrojenje je smješteno gotovo u središtu Sirije, u blizini grada Palmire, na površini od 9.360 m^2. Sirovina u postrojenje dolazi iz više bušotinskih izvora: Jihar-2, Jihar-6, Jihar-8 te Jazal-1 i 2. Uz postojeće izvore, na postrojenju je predviđen i dodatni ulaz za buduću uporabu.

Projektni zadatak je obuhvaćao izradu izvedbenog projekta i tehničkog dijela izvedbene dokumentacije za cjevovode i 15 posuda pod tlakom prema baznom projektu. Vrijeme dostupno za izradu projekta bila je 1 godina, u razdoblju od rujna 2008. do rujna 2009. što je za ovakvu vrstu

projekta znatno kraće od uobičajenog. Zbog kratkih rokova se paralelno vršilo projektiranje i izrada postrojenja uz intenzivnu komunikaciju projektanata i izvođača. Kako bi se ispunili rokovi i osigurao potpun uvid u aktualnu projektnu dokumentaciju, kompletno postrojenje je prethodno izrađeno u digitalnom prostornom modelu. Ovakav pristup omogućio je pravovremeni unos promjena i uočavanje grešaka prije izvođenja na postrojenju.

2. Metode i alati

Za izradu modela, tehničke dokumentacije i provjeru korišteno je više različitih računalnih programa, slika 3. Prostorni parametarski model je izrađen u računalnom programu za detaljno parametarsko 3D modeliranje dijelova i sklopova Autodesk Inventor 2009, slika 4.



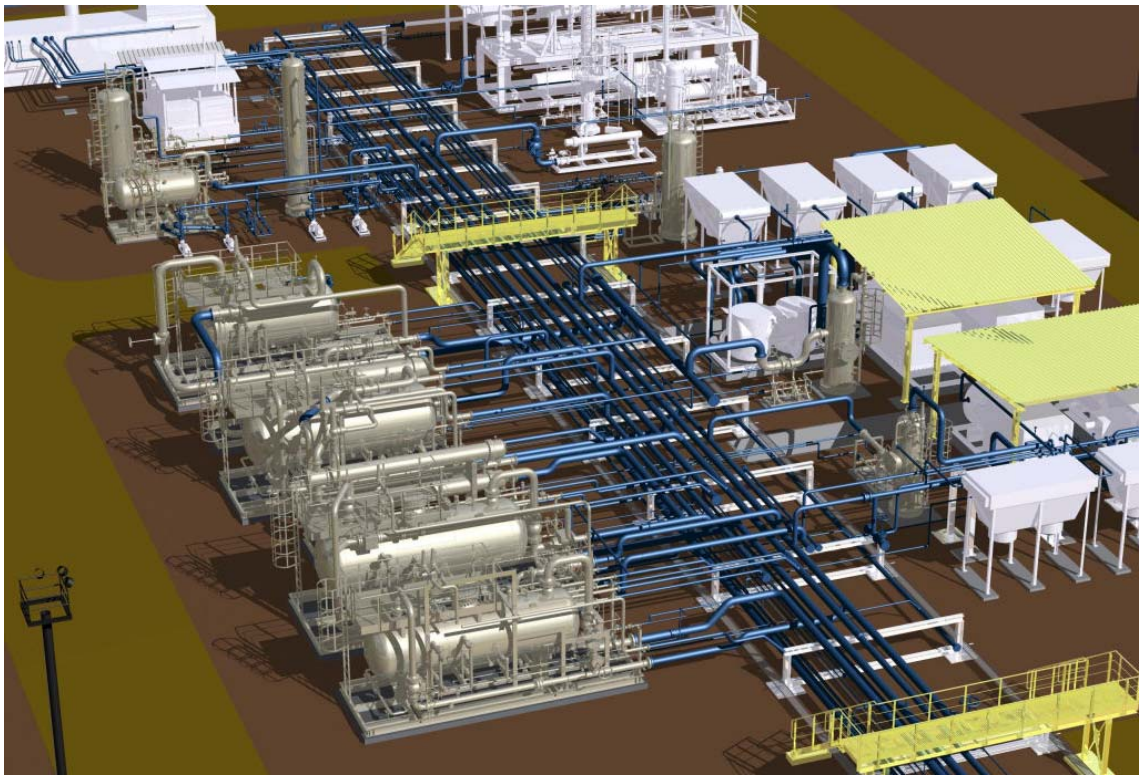
Slika 3. Izometrijski prikaz dijela cijevne linije 3"-TC-CA301-110-12-N

Provjera naprezanja i pomaka cijevnih linija prema međunarodnim kodeksima i standardima je obavljena pomoću računalnog programa Intergraph CAESAR II. Program je osigurao bojom kodirane modele naprezanja i animirane pomake za svaki slučaj naprezanja. Na osnovu rezultata analize rađene su nužne korekcije geometrije cjevovoda ili umetnuti kompenzatori gdje je neophodno.

Izometrici cijevnih linija su izrađivani u računalnom programu Intergraph SmartPlant Isometrics, utemeljenom na ISOGEN zapisu koji je nepisani standard u ovom području. Iz skicirane ili uvedene cijevne linije program proizvodi crteže izometrija cijevnih linija s potpunim popisom elemenata cijevne linije. Pri tome uključuje popis svih dijelova cijevne linije s pripadajućim standardom, količinom ili dužinom, materijalom i masom, te drugim dostupnim ili korisnički određenim informacijama.

Uz navedene računalne programe, u velikoj mjeri su korišteni: Autodesk AutoCAD 2009 za doradu tehničke dokumentacije; Autodesk Desing Review za pregled i označavanje grešaka; Autodesk Vault za kontrolu i upravljanje datotekama na serveru

Kako ovako veliki projekti zahtijevaju timove ljudi koji rade na različitim ili istim dijelovima postrojenja, vrše kontrolu i koriste rezultate, da bi se osiguralo da svi mogu nesmetano istovremeno raditi postavljen je program Autodesk Vault za središnje spremanje i čuvanje dijelova modela uz praćenje verzija i revizija.



Slika 4. Prikaz prostornog parametarskog modela postrojenja Jihar Faza 2 u Siriji

Zbog udaljenosti timova, komunikacija sa suradnicima između različitih firmi se odvijala svim dostupnim kanalima: elektronskom poštom, Internet telefonijom (program Skype) i klasičnom telefonijom. Manje datoteke su se razmjenjivale elektronskom poštom dok je za veće i brojnije

datoteke korišten datotečni server preko FTP protokola, čime je omogućeno brza kolanje dokumenata između svih suradnika na projektu.

3. Rezultati

Kao rezultat jednogodišnjeg rada, napravljena je kompletna tehnička dokumentacija 15 posuda pod tlakom, uključujući 2 izmjenjivača, 218 cijevnih linija s kompletnim popratnim konstrukcijama cijevnih mostova, prijelaza preko mostova i svim osloncima na cijevnim linijama.

Digitalni prostorni model postrojenja je izveden od preko 20 tisuća komponenti, pri čemu su sve posude prethodno pojedinačno modelirane s postavljenim pripadajućim lokalnim cjevovodima. Potom su posude postavljene u prostorni model kompletnog postrojenja i spojene na ulazni razdjelnik na cijevnom mostu. Tehnička dokumentacija za posude kao i za cjevovode je izvedena izravno iz prostornog parametarskog modela što je omogućilo brze izmjene i revizije.

4. Zaključak

Primjena računalnih tehnologija i odabir programa za izradu izvedbenog projekta postrojenja Jihar Faza 2, pomogla je u povećanju brzine izrade tehničke dokumentacije uz smanjenje broja pogrešaka. Greške koje su se pri tome ipak pojavile proizlazile su uglavnom zbog kratkog vremena upoznavanja sudionika s korištenim računalnim tehnologijama te se u narednim projektima mogu uspješno izbjeći. Dobar i detaljan odabir svih računalnih programa uz obavezno prethodno testiranje međusobne sukladnosti znatno olakšavaju dovršetak projekta i izbjegavanje pogrešaka.

Komunikacija preko Interneta omogućila je izravnu povezanost i rješavanje većine pitanja bez velike potrebe za putovanjem. Dodatna obuka sudionika i detaljno usklađivanje protokola komunikacije putem Interneta mogu donijeti znatne uštede u narednim projektima te su svakako vrijedni truda.

5. Zahvala

Autori zahvaljuju na podršci u sastavljanju rada tvrtkama Inženjering za naftu i plin iz Zagreba i Artes-Inženjering iz Slavonskog Broda, Hrvatska.

6. Literatura

[1] TECHNIP KTI S.p.A.: JIHAR Stage 2 - Surface Production Facilities, 2008.

Plinska optimizacija kao sredstvo za praćenje nominacija i upravljanje potrošnjom plina

Gas optimization as an instrument for nominations monitoring and gas consumption management

M. Križanec*, V. Đirlić , A. Bajek

Energo d.o.o., Dolac 14, 51000 Rijeka, Hrvatska

* Autor za korespodenciju. E-mail: marko.krizanec@energo.hr

Sažetak

Izrada nominacije utroška plina, sa stanovišta distributera plina jedna je od najvažnijih aktivnosti koje je potrebno dobro savladati na putu Hrvatske prema liberalizaciji tržišta plina i pristupanja Evropskoj uniji. Od 1.10.2010. ovaj će svakodnevni posao imati i financijsku težinu – svaki će distributer na osnovi svojih nominacija dobiti povratnu informaciju od voditelja bilančne skupine koliko je potrebno platiti njegov udio u cijeni energije uravnoteženja. U evropskim državama gdje je tržište plina slobodno, nominacije plina izrađuju se već godinama. Osim prognoziranja potrošnje plina, koje su osnova za izradu nominacija, razvili su se sustavi koji distributerima pomažu da im potrošnja plina ostane u nominiranim vrijednostima. Ovi sustavi nazivaju se moduli za plinsku optimizaciju. Ulaganje u razvoj ovakvih modula potaknut je cijenama koje su tamošnji distributeri plaćali za energiju uravnoteženja. Tvrtka Energo d.o.o., distributer i opskrbljivač plina na području Primorsko goranske županije, 2006. godine nabavila je SCADA sustav koji ima ugrađen modul za plinsku optimizaciju. Isti omogućava da se jednom predane nominacije plina sljedeći dan zaista uspješno i realiziraju. Time je moguće ostvariti značajnu financijsku uštedu i u situaciji kada točnost nominacije nije u željenim okvirima, jer je upravo tada optimizacija plina svojevrsni sigurnosni mehanizam za nominacije.

Summary

Calculating gas nominations, from the standpoint of gas distributors, is one of the most important activities that are needed to be learnt well, before Croatia completely opens gas market and enters EU. Starting with 01.10.2010 this day-to-day activity will become financially tangible - each distributor, based on its nominations, will get feedback from balancing group manager about how much is needed to be paid for its share of the balancing energy cost. In European countries where gas market is liberalized, gas nominations are being made for a number of years. Beside the prediction of gas consumption, which is the basis for nominations calculation, certain systems have been developed, which help distributors to keep the consumption within the nominated values. These systems are called gas optimization modules. Investing in the development of these modules has been driven by the prices local distributors were paying for balancing energy. Energo Ltd., the distributor and supplier of gas in Primorsko Goranska County, in 2006 has purchased a SCADA system that has gas optimization module as a part of it. It ensures that, once submitted nominations, next day has been successfully met and fulfilled. Thus, it becomes possible to achieve significant financial savings even when the accuracy of nominations is not in the preferred frame. Gas optimization represents a kind of security mechanism for the nominations.

Ključne riječi: plin**,** optimizacija, nominacije, SCADA, daljinski nadzor

Uvod

Razvoj hrvatskog plinskog gospodarstva i njegov zakonski okvir doveo je distributere i distributivne opskrbljivače krajnjih kupaca u situaciju u kojoj se u relativno kratkom vremenu moraju prilagoditi novom modelu tržišta plina. Područje Hrvatske je regulirano sa nekoliko sljedećih propisa:

- Zakon o energiji, Zakon o tržištu plina
- Pravilnik o organizaciji tržišta PP
- Opći uvjeti za opskrbu PP
- Metodologija za pružanje usluga uravnoteženja PP
- Prirodni plin d.o.o. – Ugovorni uvjeti za prodaju PP

Stupanjem na snagu novih pravila o ponašanju prema potrošnji plina distributeri moraju svakodnevno za dan unaprijed poslati zahtjeve o količini plina podijeljene na satnoj osnovi

voditelju bilančne skupine. VBS prema tim zahtjevima (nominacijama) rezervira kapacitete u plinskoj mreži za sve distributere u svojoj skupini. Sam distributer mora procijeniti godišnju potrošnju plina i prijaviti je VBS - u da bi mogao što točnije nominirati dnevne/mjesečne količine.

Naime distributer nominira ukupnu mjesečnu potrošnju plina za koju misli da će je iskoristiti, te se ta veličina dijeli na cijeli mjesec po danima gdje dalje dolazimo do dnevne nominacije na satnoj osnovi. Vrlo je važno dobro predviđati vršne potrošnje da ne dođe do manjka plina u mreži zbog premalog zakupljenog kapaciteta.

Plinska optimizacija omogućava nadgledanje i prognoziranje kapaciteta plinske mreže za određeno razdoblje i ujedno nudi optimalno rješenje (pomoć) distributerima koji žele imati potpuni nadzor nad potrošnjom plina i sukladno tome teže minimalnim odstupanjima od nominiranih vrijednosti.
Kao što smo ranije spomenuli od 1. listopada 2010.god. svaki će distributer ukoliko dođe po pogrešnih nominacija snositi određene financijske posljedice.

1. Izrada nominacija u Europi

Prema EU odlukama o uvjetima pristupa transportnom sustavu zahtjeva se uravnoteženost i dostupnost ispravnih informacija svim tržišnim partnerima. Time se povećava potreba i potražnja za uslugama mrežnih operatora što neposredno dovodi do zahtjeva za većom razinom automatizacije te primjenom suvremenih i sofisticiranih IT rješenja.
Opskrba krajnjeg potrošača se pojednostavila, ali je pritom napor i ulaganje distributera/opskrbljivača višestruko porastao. Glavno nastojanje regulatora tržišta plinom je uspostava približno istih cijena energenta za kupce u maloprodaji na cijelom tržišnom području uz istovremenu ravnomjernu raspodjelu energetskog doprinosa (energije uravnoteženja) na sve sudionike na tržištu, a samim time i na krajnje kupce.
Nominacije plina se u EU izrađuju već godinama, konačna ocjena ovakvog modela ponašanja tržišta očekuje se u tijeku primjene, a visina naknada ostaje u domeni regulatora tržišta.
Praktično to izgleda ovako:

- distributer do 12h prijavi predviđene potrošnje operatoru transportnog sustava koji do 13h prikupi i obradi sve prijavljene potrošnje svojih distributera i složi ih u jednu preciznu

nominaciju koju prijavljuje regulatoru te skupine (koji pak onda zakupljuje kapacitete i utvrđuje energiju i plan opterećenja)

- isti postupak se može raditi u 17h u smjeru od distributera prema transporteru i do 18h od transportera prema regulatoru (RENOMINACIJA – procjena i prilagodba potrebama na dan isporuke)

Regulator ne radi samoinicijativnu renominaciju za distributera već preračunava energiju uravnoteženja, a renominaciju rade isključivo distributeri. Regulator istovremeno prikuplja povratne informacije o utrošku energenta za prošli dan te izrađuje račun razlike koji se predstavlja kao energija uravnoteženja.

Osim prognoziranja potrošnje plina, koje su osnova za izradu nominacija, razvili su se sustavi koji distributerima pomažu da im potrošnja plina ostane u nominiranim vrijednostima, a koji uključuju korištenje spremnika, sustava automatizacije i sofisticiranih IT rješenja te posebne ugovore sa povlaštenim i velikim korisnicima. Ovi efikasni i napredni sustavi nazivaju se moduli za plinsku optimizaciju, a ulaganje u razvoj ovakvih modula i sustava potaknuto je cijenama koje su distributeri plaćali za energiju uravnoteženja.

2. Energo i nabava SCADA sustava

Energo d.o.o. iz Rijeke je tvrtka koja se bavi proizvodnjom i distribucijom plina i toplinske energije u Gradu Rijeci. Danas se, osim plinom, bavi toplinskom energijom, javnom rasvjetom i energetskom učinkovitošću općenito. Od 2007. godine distributivni sustav plina spojen je na magistralni plinovod prirodnog plina Pula-Karlovac čime počinje novo poglavlje u životu Energa.

U svrhu gospodarenja toplinskom energijom i plinskom mrežom, 2006. godine Energo je nabavio SCADA sustav koji prikuplja sve parametre nadziranih objekata, a kao dodatni softverski modul u sustavu nalazi se i Plinska optimizacija. Od inicijalne instalacije do danas Energo ima višegodišnje iskustvo u radu sa SCADA sustavima i sam širi vlastiti sustav.

IDS GmbH je njemačka tvrtka čije je rješenje Energo nabavio na međunarodnom javnom natječaju. Tvrtka IDS ima dugogodišnje iskustvo u izradi i implementaciji SCADA sustava u cijelom svijetu, a svi hardverski i softverski dijelovi sustava su njihov proizvod. Osim stručnog kadra iz plinskog sektora koji je sudjelovao u izradi modula za plinsku optimizaciju, imaju i stručne kadrove za sva ostala područja energetike i komunalne infrastrukture. Modul za plinsku optimizaciju inicijalno je razvijen za njemačko tržište plina gdje su već godinama na snazi propisi vrlo slični onima koji se

upravo uvode u Hrvatskoj. Modul je godinama razvijan i posebnu vrijednost sustava čini praktično iskustvo te implementacija specifičnih znanja stečenih u tržišno orijentiranom poslovanju u plinskom biznisu.

3. Nominacije i prognoza potrošnje plina

3.1. Nominacije

Sustav plinske optimizacije kao rezultat daje prognozu potrošnje plina podijeljenu prema satnim vrijednostima za sljedeći plinski dan. Takve vrijednosti se dalje mogu prepisati u tablicu za slanje kao gotova nominacija ili se vrijednosti mogu korigirati prema saznanjima distributera o predviđenom ili najavljenom ponašanju pojedinih potrošača.

3.2. Prognoza potrošnje plina

Prognoza se bazira na analizi povijesnih podataka. Takve se analize mogu izrađivati posebno za građane, industrijske korisnike ili izdvojene korisnike. Postoje tri modela prognoze:

- regresijska prognoza (Slika 1),
- satna prognoza i
- prognoza temeljena na neuronskim mrežama.

Ukoliko se prognoza radi za područje na čiju potrošnju pretežno djeluje temperatura okoliša, na primjer područje s velikim postotkom privatnih korisnika, tada se preporučuje korištenje regresijske prognoze.

Na osnovi posebnog modela čiji su parametri izračunati temeljem povijesnih vrijednosti i predviđene temperature okoliša, pretpostavlja se dnevna krivulja potrošnje. Tijekom korištenja u obzir se uzima razlika između stvarnih i pretpostavljenih vrijednosti što izravno rezultira ispravkom prijedloga korektivnih aktivnosti vezanih uz spremnike, isključivanje velikih korisnika i slično.

U slučaju kada je potreba za plinom uglavnom neovisna o temperaturi, na primjer na područjima s pretežnom industrijskom proizvodnjom, koristi se metoda satne prognoze. Kod ove se metode koriste pretpostavljene vrijednosti potrošnje, a korekcija prognoze se provodi kontinuirano, kako u sustav pristižu stvarne vrijednosti o potrošnji.

U slučajevima kada se radi o utrošku plina čija je povezanost složenija od nabrojene dvije, koristi se metoda neuronskih mreža. Njihovom upotrebom mogu se simulirati odnosi gotovo svih veličina koji mogu utjecati na utrošak plina, pod uvjetom da se podaci o njima nalaze u sustavu (vrijednosti

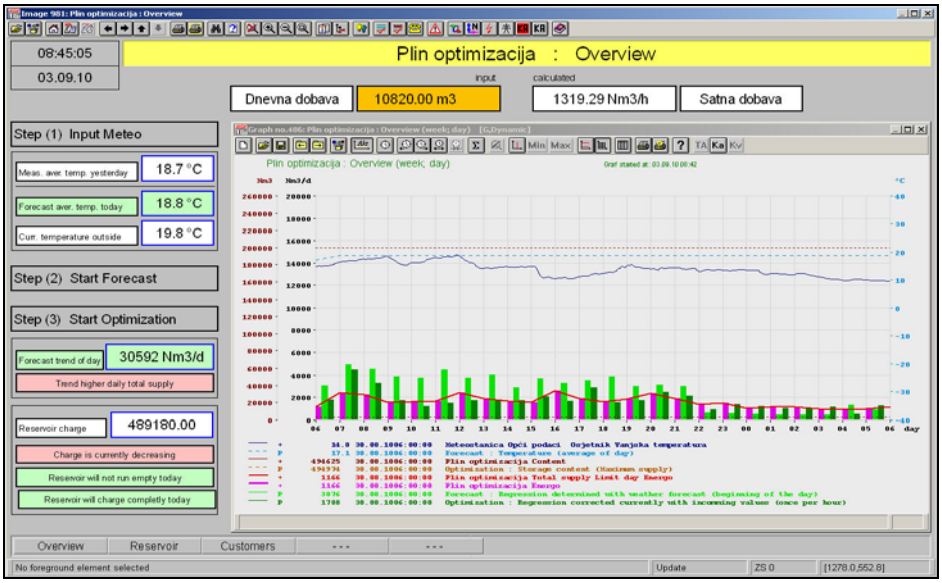
proteklog dana, posljednja izmjerena vrijednost, vanjska temperatura, vrijeme, sunčevo zračenje, tlak zraka, brzina vjetra, smjer vjetra, vlažnost).

4. Plinska optimizacija

Za optimalno upravljanje plinskim sustavom distributeri plina moraju osigurati preuzimanje ugovorenih količina plina uz uvjet da ne prijeđu postavljeni limit. To znači da je njihov trud usmjeren ka postizanju što većeg stupnja kontinuiteta u opskrbi plinom.

Tijekom ugovorenog obračunskog razdoblja (npr. dnevnog) povećana potrošnja može se nadoknaditi trošenjem vlastitih rezervi iz spremnika, dugih cijevi i slično ili pak kraćim isključivanjem velikih potrošača, dok se prilikom smanjene potrošnje ti spremnici mogu puniti.

Kako bi rezultat bio što bliži idealnom, potrebno je optimalno koristiti instalaciju i kroz vrijeme pravilno koordinirati aktivnosti. Upravo u tu svrhu koristi se modul za prognozu i optimizaciju utroška plina.



Slika 2. Plinska optimizacija (podaci prognoze i prikaz krivulja kretanja potrošnji i nominacije)

4.1. Optimizacija protoka plina

Optimizacija protoka plina uspostavlja ravnotežu između utroška korisnika plina i punjenja ili pražnjenja spremnika. Ova se optimizacija provodi kako bi se najbolje iskoristili kapaciteti spremnika koji su distributeru na raspolaganju s jedne, i isključivanja posebnih korisnika s druge strane. Podloga za rad ovog modula su prognoza utroška plina ili utrošak plina na vremenski

specifičan dan. Sustav sam detektira posebne korisnike odgovarajuće za isključivanje i na taj način smanjuje utrošak plina.

4.2. Isključivanje velikih korisnika

To su oni korisnici koji s distributerom imaju dogovoren prekid isporuke plina u situacijama povećane potrošnje. Ti korisnici u ovakvim slučajevima prelaze na alternativno gorivo ili isključuju trošila. Optimizacijski modul sam određuje najprikladnije korisnike i ukoliko je potrebno sam ih isključuje.

4.3. Spot količine

Ukoliko distributer plina ima sa svojim dobavljačem ugovorene posebne spot količine koje koristi u slučaju povećane potrošnje, sustav ih automatski uzima u obzir tijekom optimizacije. Ovakve spot količine vezane su uz korisnike kojima se ne smije prekinuti isporuka plina. Ostali parametri optimizacije koriste se kao i u prethodnim slučajevima.

5. Zaključak

Sustav koji je Energo nabavio po svojim svojstvima prati zadnja dostignuća na području automatizacije, informatičkih i komunikacijskih tehnologija. Prednosti koje donosi takav koncept očituju se u:

- sigurnosti rada, kako sustava tako i upravljanih postrojenja,
- otvorenosti sustava prema različitim automatizacijskim tehnologijama,
- mogućnosti veze prema različitim informatičkim sustavima unutar i izvan tvrtke - ovdje se prvenstveno misli na mogućnost prezentacije podataka iz sustava na Internet ili u poslovni informatički sustav tvrtke.

Otvaranje veze na Internet u segmentu procesnih podataka vrlo je važan napredak, jer se na taj način osigurava kompatibilnost sa najnovijim postignućima na tom području.

Modul za optimizaciju plina godinama je usavršavan na tržištu plina u Europskoj uniji te kao takav sadrži najbolju praksu iz tog područja poslovanja. U smislu približavanja i pristupanja Hrvatske Europskoj uniji i prilagodbe pravne regulative na tom području, modul zasigurno predstavlja gotovo nezamjenjivu pomoć u poslovanju distributera plina. To se naročito odnosi na prvo vrijeme prilagodbe kada je mogućnost greške najveća, a posljedice, pogotovo financijske - najbolnije. Kako su za što točniju prognozu utroška plina najvažniji povijesni podaci, preporučljivo bi bilo nabavku ovakvog modula obaviti godinu dana prije početka naplate energije uravnoteženja.

Komercijalne usluge koje Energo nudi distributerima plina u RH dijele se na tri modela prema obuhvatu nadzora i tipu korištenih resursa. Distributera se u sustavu vodi kao zasebnog korisnika, a pohrana i obrada podataka je odvojena od podataka ostalih korisnika sustava. U sva tri modela produkt je isti, a to je sustavni izvještaj sa prognozom potrošnje plina za naredni plinski dan. Razlika je u vizualizaciji, mogućnosti upravljanja te samostalnosti u kreiranju sistemskih postavki.

6. Literatura

[1] Autorsko djelo, rad nastao iz višegodišnjeg iskustva u radu sa SCADA sustavom, te na temelju usavršavanja u inozemstvu; Thüga AG, München, Njemačka

Possibilities of Cascade Thermal Water Utilization in Hungary

J. Pálné Schreiner[1,*]

[1].Pollack Mihály Faculty of Engineering University of Pécs, H-7624 Pécs, Boszorkány str. 2. Hungary

[*] E-mail: judit.schreiner@gmail.com

Abstract

Hungary has outstandingly good natural features considering its geology, geophysics and hydrogeology. The avarage geothermal gradient below the area of the country is 45 °C/km and the average heat flow is 90-100 mW/m^2. Heat, whose vehicles are subsurface waters, can be accessed with relative ease in Hungary compared to other areas of Europe. Thermal water (water which is warmer than 30 °C) is available in more than 70 % of the area of the country.

Environmental friendly and cheap district-heating systems were developed in some settlements in Hungary owing to the majority of the projects accomplished with the support of European Union resources. Nowadays, there are significant reserves available for drain-water heat utilization, the majority of which could be used for further purposes (domestic hot water, greenhouse heating, crop drying, balneology) with high efficiency and in large quantity. An intensive exploitation of thermal water heat can be increased by a more complex and cascade utilization and an analysis of the economical effectiveness of the utilization.

Keywords: geothermal energy, thermal water, Hungary, cascade utilization

1. Introduction

In March 2007, the Heads of States and Governments of the 27 EU Member States adopted a binding target of 20 % renewable energy from final energy consumption by 2020. Combined with the commitment to increase energy efficiency by 20 % until 2020, Europe's political leaders paved the way for a more sustainable energy future for the European Union and for future generations. At present, a number of financial opportunities exist in the European programmes concerning the promotion of indigenous and local energy resources, such as geothermal energy, for productive applications in rural and isolated agricultural communities. The use of geothermal resources appears to be particularly suitable for rural areas which are included in the target of the EU's regional policy instruments.

This paper presents possibilities of cascade thermal water utilization in Hungary and their positive impact on regional development.

2. Geothermal potential of Hungary

Hungary is located in Central and Eastern Europe, in the Carpatian-basin, on the continental area of the African and European tectonic plate. Due to late plate tectonic events in the geological time scale, quick subsidence of the surface occurred that led to the formation of a deep sea in the large sedimentary basin. During the infilling of the sedimentary basin, the sea became shallower and brackish. Later the sea was isolated from the ocean and finally it dried out completely, but in the place of the former sea and lake, a huge sedimentary basin remained with up to 6-7000 m thick sedimentary sequences (s.c. Pannonian-basin) (Szanyi, Kovács, 2009) (Fig 1.)

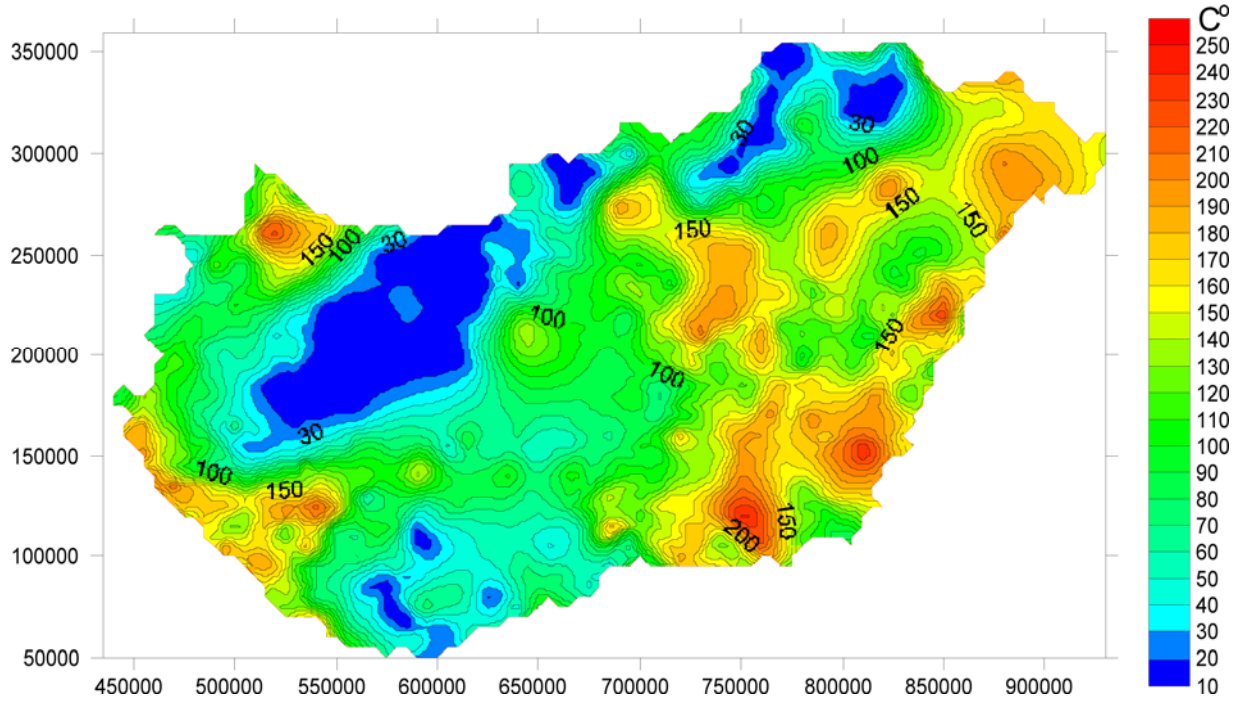


Figure 1. Temperature distribution at the basement of the Pannonian basin (From:Szanyi and Kovács,2009)

Hungary is well known as a country of ideal conditions in terms of its geothermal gradient higher than the World average. According to the results of different assessments (Boldizsár, 1967 and Bobok, 1988) of the geothermal reserves, Hungary has the biggest underground thermal water reserves and geothermal energy potential of low and medium enthalpy in Europe (Árpási, 2000).

3. Geothermal facilities

The very first thermal well of Hungary for shallow uplifted limestone reservoir was drilled in 1865 in Harkány. The first real deep drilling was made in Budapest between 1868 and 1878. The yield of the well was 1200 m3/d at that time until 73.8 °C thermal water was discovered in a borehole of 970 m depth. The balneological use of the Pannonian sandy thermal aquifers began in 1925, when 70 °C thermal water was discovered in a 1091 m deep well in Hajdúszoboszló (Szanyi, Kovács, 2009). The cascade system for direct heat use in Hódmezővásárhely started in 1998. Now this system is one of the most complex ones in Hungary. There are approximately more than 1400 deep wells with warm and hot thermal water in Hungary (Fig 2.), but only 950 are in production at present.

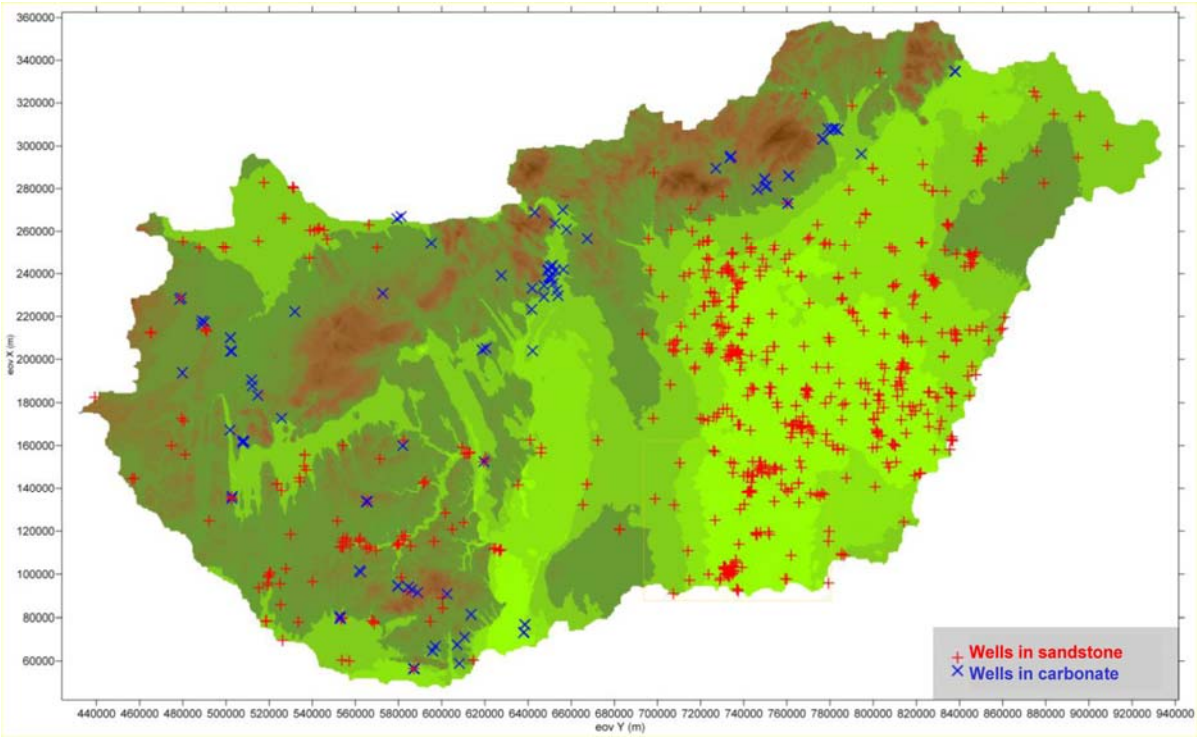


Figure 2. Location of thermal wells in Hungary (From: Szanyi and Kovács, 2009)

4. Cascade utilization of geothermal energy

Geothermal utilization is commonly divided into two categories, i.e. electricity production and direct application. Conventional electric power production is commonly limited to fluid temperatures above 150°C. Low and medium temperature resources (< 150 °C) are suited to many

different types of application. The main types are space heating, bathing and swimming (including balneology), horticulture (greenhouses and soil heating), industry and aquaculture. The classical Lindal diagram shows the possible uses of geothermal fluids at different temperatures (Fig 3.).

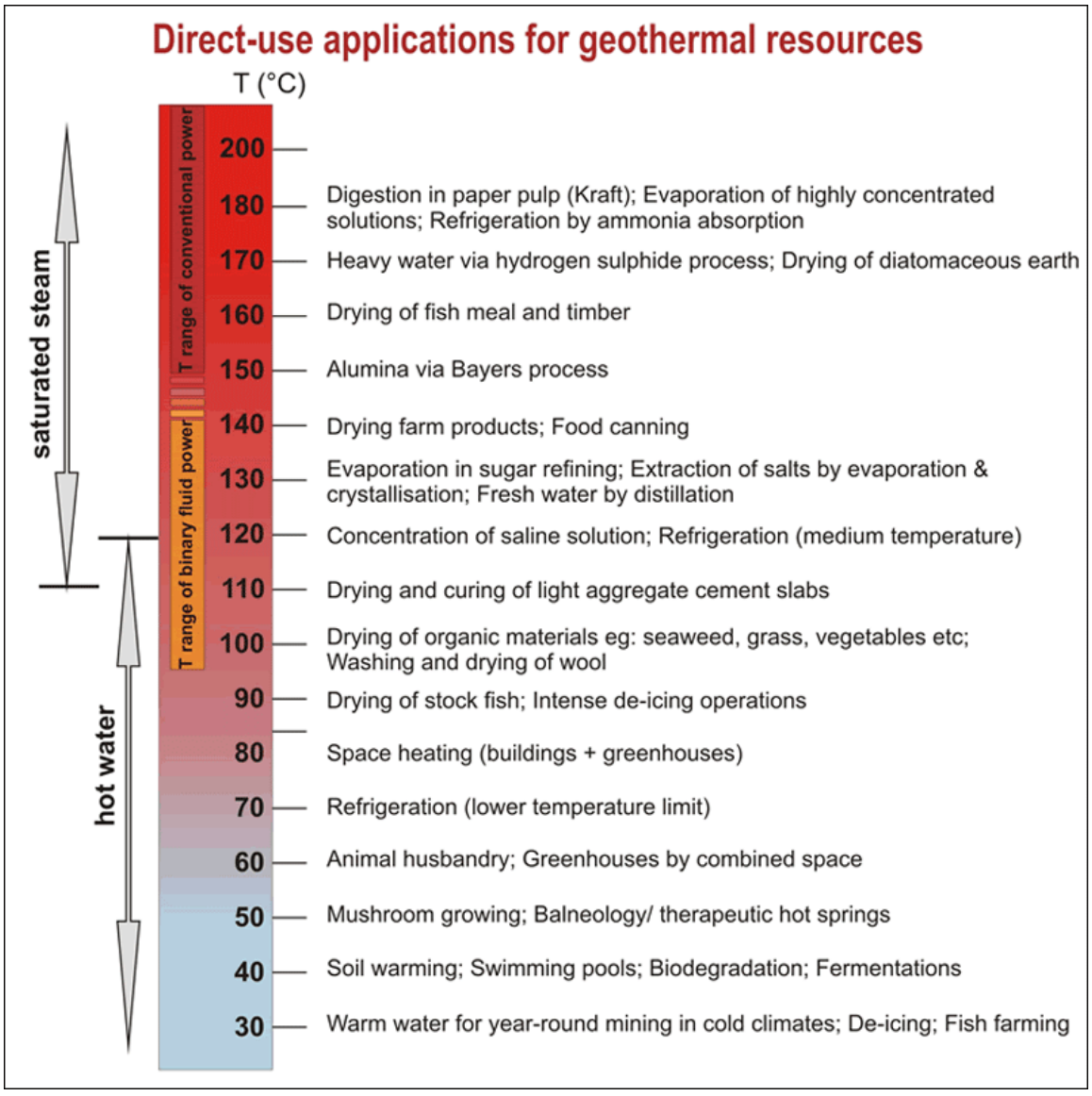


Figure 3. Lindal diagram, the utilization of geothermal resources (From Lindal, 1973)

Geothermal resources fill many needs. Some of the uses may not promise an attractive return on investment because of the high initial capital cost. The use of geothermal fluid several times may have to be considered to maximize benefits. This multi-stage utilization, where lower and lower water temperatures are used in successive steps, is called cascading or waste heat utilization(Fig 4.).

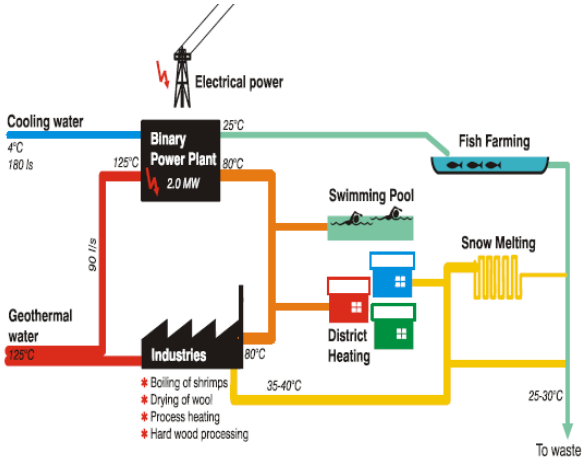


Figure 4. An idealized diagram showing cascaded uses of geothermal energy (From Dickson and Fanelli, 2004)

5. Examples of cascade utilization in Hungary

There is no geothermal power plant in Hungary, only direct heat utilization. In 2006, geothermal utilization made up only 0,26% of the national energy usage. Apparently, energy utilization takes less than half of the total water utilization. Usually, lower temperature thermal water is used for drinking water (29%), mainly under pressure. Balneology thermal waters (35 %) are supposed to be cooled without the mineral concentration decrease of those. 27 % of the thermal water is used in agriculture.The agricultural centres of geothermal energy utilization are in Csongrád County, mainly in the area of Szentes and Szeged but there are also smaller users in other areas of Southern Alföld. Water functions as an energy source here. The heat energy of the thermal well is used for fish hatching in Szarvas and for fish incubation in Biharugra. In Szarvas it is also used for heating barns and for drying crop. Drying crop is not economic as it is needed only in a short period of the year. However, drying can be well combined with other activities and usage solutions.

Árpád Agrár Ltd. in Szentes is one of the world's largest agricultural utilizers of thermal water. Its annual yield of water is 3,000,000 m^3, which is produced by 14 wells. The depths of the wells are between 1.800 and 2.400 meters and the temperature of the water brought to surface is between 74 ^oC and 96 ^oC. Water level of repose periods after the summer shutdown becomes positive, which means that the pressure measured by the wellheads changes between + 0.3 and 1.5 bars.

Water energy is utilized in four steps. Firstly, it is used for air heating in greenhouses, hatching plants and stock keeping buildings. Secondly, a so-called vegetation heating is provided, in which case water circulates in a pipeline also used as railing. Thirdly, from here the thermal water gets into a plastic pipe system recessed under ground level, which is the so-called ground heating. The

area of greenhouses is about 20 hectares, solely for plantations of vegetables, bell peppers, tomatoes and cucumber. The hatching plant hatches turkeys and in the stock keeping buildings, there are also cattle besides turkeys. Forthly, thermal water becomes additional heating in small farmers' foil houses. In this cascade system, water gradually conveys energy and cools down. The temperature of water entering for air heating is 84 - 85 ^{o}C, in the vegetation heating system it is 55 - 60 ^{o}C, the temperature of ground heating is about 45 ^{o}C. The thermal water is still being led in an underground pipe system and is 30 - 35 ^{o}C at the entrance points into foil houses.

After the above mentioned, the flow-off water is pumped into the reservoir pond. The temperature of the fluid reaching the reservoir is 18 - 25 ^{o}C and the temperature of the stored water in winter is about 6 ^{o}C. The area of the reservoir pond is 125 hectars and has an earth bed.

6. Conclusions

Geothermal energy, used in several forms, has several benefits for society, including positive externalities of private investments, reduction of CO_2 and other emissions, security of energy supply and local economic development. Furthermore, geothermal energy can help to improve the competitiveness of industries and agricultures, at least in the long run, and can have a positive impact on regional development and employment.

7. References

[1] Árpád Agrár Rt. http://www.arpad.hu/

[2] Árpási, M.; Szabó, Gy. (2000): Geothermal Development In Hungary Country Update Report 1995-1999, Hungarian Geothermal Association, Budapest, Hungary

[3] Boldizsár, T. (1967). Terrestrial Heat and Geothermal Resources in Hungary. Bull. Volcanologique XXX, pp. 221-227. Budapest, Hungary

[4] Bobok, E., Mating, B. and Navratil, L. (1988): Investigation of Different Methods for Geothermal Resources Assessment. Inl. Földt. Kut., Vol. 31 (1), pp.79-83. Budapest, Hungary

[5] Dickson, M. H., Fanelli, M. (2004): What is Geothermal Energy, Istituto di geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, Italy

[6] European Geothermal Energy Council http://www.egec.org/

[7] European Renewable Energy Council http://www.erec.org/

[8] Jenei, T. (2009): Geothermal Energy Applications in Agriculture, 4th Aspects and Visions of Applied Economics and Informatics, Debrecen, Hungary

[9] Szanyi, J.; Kovács, B.(2009): Experiences on reinjection at geothermal systems in South-East Hungary, Szeged, Hungary

Organizacija projektiranja složenih projekata
Organization Design complex projects

D. Sekulić[1]

[1] Meus d.o.o. Osijek, Vratnička 68

[*] elektronska adresa autora za korespodenciju: dragutin.sekulic@os.t-com.hr

Sažetak

Složeni sustavi zahtijevaju niz projekata raznih struka, koje treba objediniti u cjelovito rješenje bez preklapanja i neriješenih dijelova. U prošlosti su se izrađivali u velikim projektantskim organizacijama koje su imale po najmanje dva ovlaštena inženjera iz svake struke. Danas kod rada s projektantskim uredima i manjim d.o.o. potrebno je organizirati takvo projektiranje.

Abstract

Complex systems require a number of projects of various professions, to integrate the complete solution with no overlap and unresolved parts. In the past they were made in large designing organizations that had at least two qualified engineers from every field. Today, when working with architectural firms and smaller Ltd. it is necessary to organize such a design.

Ključne riječi: projektiranje, organizacija, složeni projekti

1. Uvod

Složeni sustavi sastoje se od skupa jednostavnih sa nizom međusobnih veza unutar pojedinih jednostavnog dijela, povezivanja jednostavnijih dijelova i veze s okolišem. Za rješavanje je potrebno znanje raznih struka i specijalnosti kako bi rješenje bilo cjelovito, bez preklapanja i neriješenih dijelova u projektu.

Njihova izrada u prošlosti bila je u velikim projektantskim organizacijama, čija registracija je bila moguć ako su za svaku struku imali najmanje dva ovlaštena projektanta i niz suradnika. U svakoj struci su bile mogućnosti učenja od starijih i prijenos iskustva na mlađe. Zajednički boravak omogućio je stalnu koordinaciju među strukama i smanjenje neriješenih područja uz izbjegnuta preklapanja.

Danas su to pojedinačni projektantski uredi ili manji d.o.o. gdje je obveza minimalno jedan ovlašteni projektant. Koordinacija među uredima je olakšana postojanjem računala i prijenosom podloga, te zajedničkim djelovanjem pod koordinacijom glavnog projektanta.
U radu će se obraditi taj slučaj preko definiranja područja rada pojedinih sudionika u procesu projektiranja, kako bi se postigla zadovoljavajuća kvaliteta rješenja.

2. Glavni projektant

Glavnog projektanta imenuje investitor i on je odgovoran za cjelovito rješenje složenog projekta što potvrđuje izjavom o usklađenju međusobno i usklađenosti sa propisima. Na njemu je velika odgovornost i svoj posao treba organizirati:

- utvrđivanjem projektanata pojedinih knjiga i izradom popisa knjiga,
- zajedničkim definiranjem cjelovitog projektnog zadatka,
- definiranjem dijelova projekata po strukama i knjigama s projektantima struka vodeći računa o cjelovitosti rješenja i sprečavanju preklapanja,
- posebnu pozornost mora obratiti na granična područja među strukama,
- izrađuje program projekta i međusobne obveze struka,
- zajedno s koordinatorom I iz zaštite na radu utvrđuje opasnosti, ugrožavanja i potrebna pravila zaštite na radu te zajednički kontrolira primjenu tih zahtjeva,
- zajedno s stručnjakom iz zaštite od požara i tehnoloških eksplozija definira zahtjeve mjera koje treba primijeniti i zajednički nadzire primjenu,
- koordinira slanje podloga među strukama u skladu s programom rada,
- zajednički s projektantima pojedinih struka nadzire međusobnu usklađenost rješenja i sukladnost s propisima,
- nadzire rokove realizacije i organizira potrebne susrete s investitorom, organima inspekcije i stručnim institucijama,
- ovjerava sve knjige projekata pojedinih struka,
- sudjeluje u radu konferencija kod zahtjeva za građevnu dozvolu ili potvrđivanje projekata i brani pojedina rješenja,
- organizira otklanjanje uočenih nedostataka radi prihvaćanja i odobrenja projekta.

3. Projektant knjige

Projektanta projekta pojedine struke koji se uvezuje u posebnu knjigu određuje ovlašteni inženjer u uredu ovlaštenog inženjera ili direktor d.o.o. rješenjem o imenovanju sa potrebnim dokazima o članstvu u odgovarajućoj komori.

U realizaciji projekta odgovara za svoj projekt i podatke dane drugim projektantima vezanim uz njegov projekt i obavlja:

- razradu projektnog zadatka s glavnim projektantom i projektantima s kojima surađuje u graničnim područjima,
- razrađuje koncepciju rješenja između više alternativa i određuje kriterije i mjerila izbora rješenja u projektu,
- analizira zahtjeve zaštite na radu, zaštite od požara i tehnoloških eksplozija i utvrđuje načine njihova rješavanja,,
- definira podloge za druge struke i svoj projekt,
- predaje podloge drugim projektantima i prima podloge od drugih te ih uklapa u svoja rješenja,
- zajednički s drugim projektantima analizira rubna područja radi cjelovitosti rješenja i otklona preklapanja,
- oblikuje dokumentaciju u skladu s pravilima struke i propisima,
- po potrebi sudjeluje u radu konferencije za dobivanje dozvole za gradnju ili potvrđivanja glavnog projekta.

4. Koordinator I iz zaštite na radu u fazi izrade projekta

To je novina u procesu projektiranja i njegova je dužnost izrada elaborata iz zaštite na radu. To je interdisciplinarna djelatnost koja zahtijeva znanja iz zaštite koordinirati sa svim projektantima u cilju primjene pravila zaštite u projektima. Iz uvida u cjelovito buduće rješenje u okviru elaborata obrađuje:

- analizu tehnološkog procesa, građevina, lokacije i priključaka na okoliš,
- analiza opasnosti, ugrožavanja i rizika u budućoj dokumentaciji,
- pregled primjene konkretnih pravila zaštite na konkretna rješenja i davanje podloga projektantima knjiga,
- analizira rješenja primijenjena u pojedinačnim projektima glede korištenih pravila zaštite na radu,
- usklađenje rješenja u graničnim područjima pojedinih dijelova projekta,

- izrada i opremanje Elaborata zaštite na radu kao posebne knjige ili separata u sklopu projekta,
- po potrebi sudjeluje u radu konferencije za dobivanje dozvole za gradnju ili potvrđivanja glavnog projekta na području zaštite na radu.

5. Stručnjak iz područja zaštite od požara i tehnoloških eksplozija

Do donošenja pratećih propisa kojima se regulira izrada Elaborata o zaštiti od požara izrađuju se Prikazi primijenjenih mjera zaštite od požara i tehnoloških eksplozija. I ovo je interdisciplinaran dio projekta koji se ostvaruje rješenjima u pojedinačnim projektima na osnovu zahtijevanih mjera, njihove provedbe i elaboriranja u prikazu.

Zadaci stručne osobe su:

- analiza mikro i makro lokacije smještaja budućeg projekta,
- analiza posebnih uvjeta policijske uprave,
- analiza tehnološkog procesa,
- definiranje mjera primarne, sekundarne i tercijarne prevencije i oblikovanje podloga pojedinim strukama za rješenja u njihovim projektima,
- usklađivanje rješenja posebno u graničnim područjima,
- izrada prikaza primijenjenih mjera zaštite od požara i tehnoloških eksplozija kao posebne knjige ili separata,
- po potrebi sudjeluje u radu konferencije za dobivanje dozvole za gradnju ili potvrđivanja glavnog projekta na području zaštite od požara i tehnoloških eksplozija.

6. Zaključak

Kvalitetnim organiziranjem moguće je i u ovim uvjetima stvoriti složene sustave jasnim utvrđivanjem zadaća pojedinih sudionika u projektiranju. Rad je posljedica sudjelovanja u složenim projektima i analizi uzroka neuspjeha te nepotrebnih dorada, a temelji se na magisteriju iz organizacije proizvodnje i položenim državnim ispitima iz projektiranja, zaštite na radu i vođenja timova na izradi procjena ugroženosti od požara i tehnoloških eksplozija.

Procjena preostalog životnog vijeka vitalnih dijelova parne turbine temeljem proračuna toplinskih i mehaničkih naprezanja

Assessment of Residual Lifetime of Steam Turbine Vital Parts Based on Calculation of Thermal and Mechanical Stress

Marko Katinić[1], Dražan Kozak[2], Željko Ivandić[2]
1 Petrokemija d.d. Kutina
2 Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku

* Autor za korespodenciju. E-mail: marko.katinic@petrokemija.hr

Sažetak

Procjena preostalog životnog vijeka postupak je koji omogućuje procjenu podobnosti parne turbine i njenih dijelova za daljnju eksploataciju, pruža preporuku o intervalima provođenja aktivnosti održavanja, i omogućuje donošenje odluka o eventualnom provođenju revitalizacije. Metodologija procjene preostalog životnog vijeka visokotemperaturnih dijelova turbine zahtijeva modeliranje procesa puzanja i niskocikličkog zamora, uz uzimanje u obzir i njihovog međusobnog djelovanja.
U ovom radu dan je prikaz jedne od inženjerskih metodologija procjene preostalog životnog vijeka, koji se temelji na procjeni životnog vijeka do pojave inicijalne pukotine i životnog vijeka propagacije inicijalne pukotine do njene kritične dimenzije. U radu je također prikazan primjer proračuna preostalog životnog vijeka za kućište brzozatvarajućeg ventila (BZV) parne turbine snage 35 MW u Petrokemiji d.d..

Ključne riječi: preostali životni vijek, parna turbina, puzanje, niskociklički zamor

Abstract

Assessment of residual lifetime is a procedure that allows assessment of suitability of steam turbine and its components for further exploitation, provides recommendation on enforcement activities of maintenance intervals, and allows decisions about the possible implementation of revitalization. Methodology of the residual lifetime assessment of high temperature turbine components requires modeling of creep and low cycle fatigue, taking into account their interaction.

This paper gives an overview of a methodology for assessment of residual lifetime, which is based on an assessment of the lifetime of the appearance of initial cracks and the lifetime of propagation of initial cracks until the critical dimensions. The paper also presents an example of remaining life calculation of main stop valve casing which belong to a steam turbine in Petrokemija d.d..

Key words: residual lifetime, steam turbine, creep, low cycle fatigue

1. Uvod

Procjena preostalog životnog vijeka parnih turbina ima važno ekonomsko značenje, pošto se danas većina njih približava svom projektiranom životnom vijeku ili ga je čak i nadmašila. Naime, prijevremena zamjena turbina ili pojedinih njihovih dijelova nije ni tehnički ni ekonomski opravdana. S druge strane, nepravovremena zamjena ili nepravovremena reparacija nekog od dijelova turbine može uzrokovati katastrofalnu havariju turbine, što u nekim situacijama, nažalost, može dovesti i do stradavanja osoblja koje upravlja turbinom. Upravo je procjena preostalog životnog vijeka postupak koji omogućuje procjenu podobnosti parne turbine i njenih dijelova za daljnju eksploataciju, pruža preporuku o intervalima provođenja održavalačkih aktivnosti, i omogućuje donošenje odluka o eventualnom provođenju revitalizacije.

Rotori visokog tlaka parnih turbina, vanjska i unutrašnja kućišta turbine, i brzozatvarajući ventili, koji dugotrajno rade pri visokim temperaturama, su najkritičniji elementi s obzirom na moguće kvarove u slučaju njihovog oštećenja ili loma. Iako su izrađeni od visokokvalitetnih čelika i čeličnih lijevova, ovi vitalni dijelovi parne turbine izloženi su degradaciji svojstava materijala uslijed procesa puzanja i niskocikličkog termičkog zamora.

Procjena preostalog životnog vijeka visokotemperaturnih dijelova turbine zahtijeva modeliranje puzanja i niskocikličkog termičkog zamora, uz uzimanje u obzir njihovog međusobnog djelovanja. Modeliranje procesa puzanja i niskocikličkog zamora zahtijeva proračun stanja naprezanja i deformacija u vitalnim dijelovima turbine u stacionarnim i nestacionarnim uvjetima rada. Analiza stanja naprezanja i deformacija temelji se danas na primjeni različitih numeričkih metoda proračuna, kao što su metoda konačnih diferencija, metoda konačnih elemenata i metoda kontrolnih volumena.

Osim proračuna stanja naprezanja i deformacija u različitim režimima rada, za procjenu preostalog životnog vijeka potrebno je poznavati povijest eksploatacije turbine (ukupni broj sati rada, broj

hladnih i toplih startova, način startanja i zaustavljanja). Na temelju toga se procjenjuje akumulirano oštećenje dijelova turbine i anticipira preostali životni vijek.

U ovom je radu opisana jednostavna inženjerska metodologija procjene preostalog životnog vijeka visokotemperaturnih dijelova turbine. Na kraju rada prikazan je primjer procjene preostalog životnog vijeka BZV-a turbine snage 35 MW.

2. Metodologija procjene preostalog životnog vijeka visokotemperaturnih dijelova turbine

Životni vijek vitalnog dijela turbine završava kada više ne postoji adekvatni faktor sigurnosti za njegov daljnji rad, ili kada iz ekonomskih razloga nije prihvatljiv produžetak rada toga dijela. Ukupni životni vijek određenog dijela turbine sastoji se od vremena do pojave inicijalne pukotine i vremena njene propagacije do kritičnih dimenzija. Prvi dio se obično izražava preko proračunskog broja ciklusa N ili preko proračunskog vremena τ do pojave pukotine, a drugi preko brzine rasta pukotine $da/d\tau$ ili da/dN.

Dijelovi parnih turbina koji rade pod utjecajem visokih temperatura izloženi su djelovanju puzanja i niskocikličkog termičkog zamora, koji uzrokuju degradaciju svojstava materijala, te na taj način utječu na smanjenje životnog vijeka i općenito povećavaju rizike nepredviđenih oštećenja ili čak otkaza. Proračunska procjena preostalog životnog vijeka vitalnog dijela turbine koji je izložen uzajamnom djelovanju puzanja i termičkog zamora zahtijeva prije svega proračun stanja naprezanja i deformacija u stacionarnom i nestacionarnom režimu rada turbine, koji se danas temelji na primjeni različitih numeričkih metoda proračuna. Za provedbu proračuna nekom od ovih metoda potrebno je prije svega izraditi matematički model, u kojem je se najkompleksnije i najmukotrpnije pokazalo definiranje rubnih uvjeta, i to naročito toplinskih za izračun nestacionarnih temperaturnih polja. Zadavanje rubnih koeficijenata konvektivnog prijelaza topline na opstrujavanim površinama kod uvjeta 3. vrste provodi se na temelju proračuna temperaturnog i hidrodinamičkog graničnog sloja ili poopćenih korelacijskih zavisnosti oblika [1]:

$$Nu = C\,Re^{m}\,Pr^{n}\,(Gr\,Pr)^{k}\left(\frac{T_f}{T_s}\right)^{i} \qquad (1)$$

gdje su: *Nu, Re, Pr, Gr* – brojevi Nusselta, Reynoldsa, Prandtla i Grashofa; *C, m, n, k, i* – koeficijenti i eksponenti koji ovise o geometriji i režimu strujanja; *f, s* – indeksi, koji označavaju fluid, odnosno krutu stijenku.

2.1. Životni vijek do pojave inicijalne pukotine

Iscrpljenost materijala uslijed puzanja izračunava se po slijedećem izrazu [2]:

$$I_p = \Sigma \frac{t_{ij}}{\tau_{ij}} \tag{2}$$

gdje je: I_p – iscrpljenost uslijed puzanja [-]; t_{ij} – vrijeme rada kod temperature „i“ i naprezanja „j“ [s]; τ_{ij} – izdržljivost materijala do pojave pukotine kod temperature „i“ i naprezanja „j“ [s]

Vrijeme rada t_{ij} se određuje iz povijesnih podataka o radu turbine i predstavlja ukupni broj sati rada turbine kod temperature „i“ i naprezanja „j“.

Ovisno o raspoloživim podacima o svojstvima materijala vrijednost τ_{ij} se može odrediti na nekoliko načina, a najčešće se koristi Larson-Milerov parametar i pripadajući dijagram [3].

Iscrpljenost materijala uslijed niskocikličkog zamora izračunava se po izrazu [2]:

$$I_z = \Sigma \frac{n_{ij}}{N_{ij}} \tag{3}$$

gdje je: I_z – iscrpljenost uslijed niskocikličkog zamora [-]; n_{ij} – ostvareni broj ciklusa kod temperature „i“ i naprezanja „j“ [broj ciklusa]; N_{ij} – izdržljivost materijala do pojave pukotine kod temperature „i“ i naprezanja „j“ [broj ciklusa]

Ostvareni broj ciklusa n_{ij} određuje se iz povijesnih podataka o radu turbine i uobičajeno predstavlja broj hladnih i toplih startova turbine.

Broj ciklusa N_{ij} do pojave inicijalne pukotine se određuje na temelju raspoloživih cikličkih svojstava materijala koji se uobičajeno prikazuju dijagramima naprezanje-broj ciklusa i deformacija-broj ciklusa ili su dati kao tablični podatci dobiveni testiranjem uzoraka [4].

Kako bi se iz raspoloživih cikličkih podataka o materijalu dobio broj ciklusa do pojave inicijalne pukotine potrebno je što točnije izračunati stanje naprezanja i deformacije, i koristiti metode koje daju što realniju sliku naprezanja i deformacija iznad granice plastičnosti [4].

Sumarna iscrpljenost materijala uslijed puzanja i niskocikličkog zamora računa se na osnovi linearne Palmgren-Minerove teorije sumacije oštećenja [5]:

$$I_u = I_p + I_z \leq 1 \tag{4}$$

2.2. Preostali životni vijek propagacije pukotine do kritične vrijednosti

Kritična veličina pukotine određuje se iz slijedećeg izraza [6]:

$$K_{Ic} = Y \cdot \sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot a_c} \tag{5}$$

gdje je: K_{Ic} – žilavost loma [MPa(m)$^{1/2}$]; σ – naprezanje [MPa]; a_c – kritična veličina pukotine [m]; Y – faktor geometrije pukotine

Brzina napredovanja pukotine uslijed puzanja može se odrediti po slijedećem izrazu [7]:

$$\frac{da}{d\tau} = A_p \cdot (C_t)^{m_p} \tag{6}$$

gdje je: $da/d\tau$ - brzina napredovanja dubine pukotine [m/s]; A_p i m_p – konstante materijala; C_t – parametar sile razvoja vrška pukotine [W/m^2]

Brzina napredovanja pukotine uslijed niskocikličkog zamora određuje se po slijedećem izrazu [2]:

$$\frac{da}{dN} = C_c \cdot (\Delta K)^{m_c} \tag{7}$$

gdje je: da/dN - brzina napredovanja dubine pukotine [m/broj ciklusa]; C_c i m_c – konstante materijala; ΔK – faktor promjene intenzivnosti naprezanja [MPa(m)$^{1/2}$]

Integriranjem jednadžbi (6) i (7) u granicama od početne dubine pukotine a_i do njene kritične veličine a_c (umanjene za faktor sigurnosti), dobije se vrijeme τ, odnosno broj ciklusa N propagacije pukotine do kritične veličine uslijed puzanja odnosno uslijed niskocikličkog zamora.

3. Primjer procjene preostalog životnog vijeka BZV-a turbine 35 MW

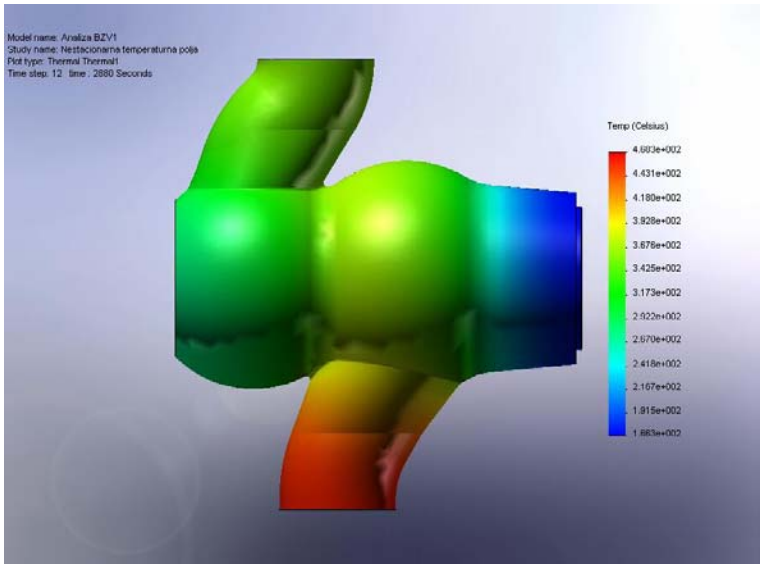
3.1. Procjena iscrpljenosti na niskociklički zamor

Proračun nestacionarnih temperaturnih polja, potrebnih za izračunavanja polja naprezanja, izvršen je numeričkom metodom konačnih elemenata, a korišten je programski paket Solidworks Simulation 2009. Za konvektivni prijelaz topline između pregrijane pare i unutrašnje stjenke kućišta ventila korišten je rubni uvjet 3. vrste, odnosno slijedeća poopćena korelacijska zavisnost [8]:

$$Nu = 0{,}046 Re^{0{,}8} Pr^{0{,}43} \tag{8}$$

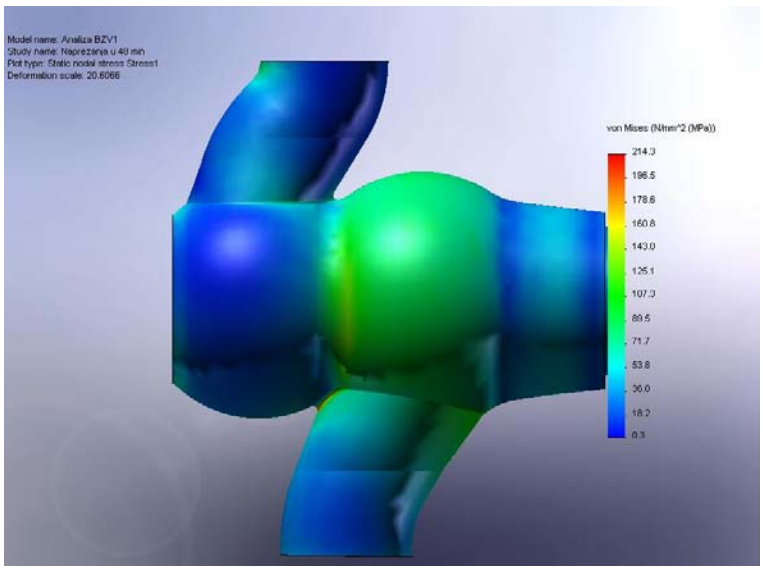
Za prijelaz topline od vanjske izolirane stjenke kućišta na okoliš postavljen je adijabatski rubni uvjet. Koeficijenti konvektivnog prijelaza topline prema izrazu (1) izračunati su za ulaznu i izlaznu komoru ventila u ovisnosti o tijeku upuštanja turbine u rad (vremenska ovisnost). Projektirana temperatura i tlak pregrijane pare su 540 °C i 12,1 MPa. Geometrijski model je trodimenzionalan, a diskretizacija je izvršena izoparmetarskim tetraedarskim elementima drugog reda. Ukupno vrijeme zagrijavanja BZV-a traje 200 minuta. Vremenski interval proračuna temperaturnih polja je svake 4

minute. Na slici 1 prikazana je (ne slučajno) raspodjela temperatura kod 48. minute zagrijavanja kućišta BZV-a.



Slika 1. Raspodjela temperatura kućišta ventila u 48. minuti zagrijavanja

Na slici 2 prikazana je raspodjela naprezanja kod 48. minute zagrijavanja kućišta BZV-a, jer se upravo u ovom trenutku prijelaznog režima rada pojavljuje maksimalno ukupno naprezanje od 214,3 MPa.



Slika 2. Raspodjela naprezanja u 48. minuti zagrijavanja kućišta BZV-a

Temperatura kućišta na mjestu maksimalnog naprezanja, prema proračunu raspodjele temperatura kućišta kod 48. minute zagrijavanja, je 380 °C (slika 1). Za materijal kućišta ventila GS

17CrMoV511 prema EN 10213-2:1995 granica plastičnosti $R_{p0,2}$ pri temperaturi 380 °C je oko 320 MPa. Pošto je izračunata vrijednost maksimalnog naprezanja niža od navedene vrijednosti granice plastičnosti, u području djelovanja maksimalnog naprezanja ne dolazi do lokalnog tečenja materijala, pa stoga materijal kućišta nije izložen djelovanju niskocikličkog termičkog zamora.

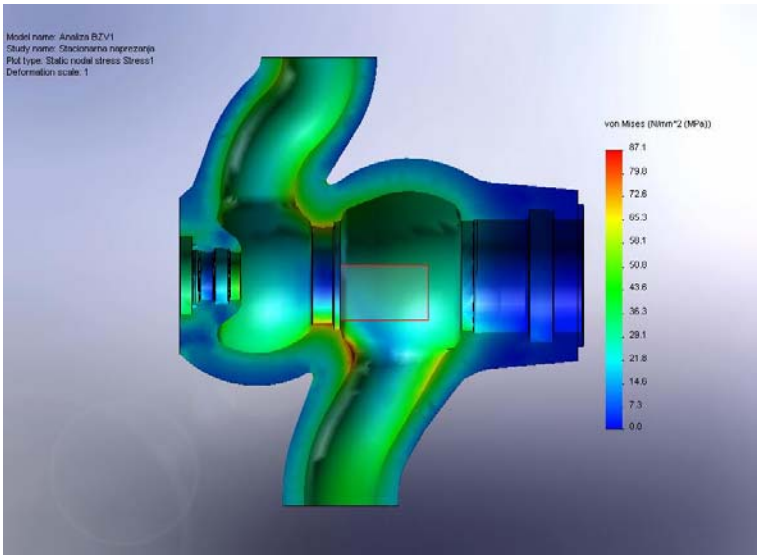
3.2. Procjena iscrpljenosti na puzanje

U cilju određivanja vrijednosti τ_{ij} u jednadžbi (2) korišteni su podaci o materijalu dani u EN 10213-2:1995. Korišteni su podaci o vremenskoj statičkoj čvrstoći kod maksimalne radne temperature za vremena 10^5 i $2*10^5$ sati rada, te izraz kako slijedi:

$$\log \tau_{ij} = 5 + \log 2 * \left[\log\left(\sigma / R_{10^5}\right) / \log\left(R_{2*10^5} / R_{10^5}\right)\right] \qquad (9)$$

gdje je: σ – naprezanje u dijelu uz određenu temperaturu [MPa]; $R_{10}{}^5$ – vremenska statička čvrstoća kod 100000 sati za određenu temperaturu [MPa]; $R_{2*10}{}^5$ – vremenska statička čvrstoća kod 200000 sati za određenu temperaturu [MPa]

U ovom slučaju imamo kod maksimalne radne temperature 540 °C maksimalno ekvivalentno naprezanje u ventilu σ = 87,1 MPa (slika 3).



Slika 3. Stacionarna naprezanja uslijed radnog tlaka pri radnoj temperaturi

Vrijeme izloženosti naprezanju σ = 87,1 MPa kod temperature 540 °C je t_{ij} = 110000 sati. Za materijal kućišta GS 17CrMoV511 kod temperature 540 °C, prema EN 10213-2:1995 je: $R_{10}{}^5$ = 111 MPa i $R_{2*10}{}^5$ = 97,8 MPa. Uvrštavanjem zadanih vrijednosti u izraz (9) dobije se vremenska

izdržljivost materijala do pojave inicijalne pukotine kod temperature 540 °C i naprezanja 87,1 MPa: τ_{ij} = 379577 sati. Iscrpljenost na puzanje prema izrazu (2) iznosi 28,9 %, te je usvojena ukupna iscrpljenost materijala uslijed puzanja 30 %.

4. Zaključak

Prikazana metodologija procjene životnog vijeka visokotemperaturnih dijelova parne turbine predstavlja analitičku metodu, koja se temelji na numeričkom proračunu naprezanja i deformacija dijelova koji su izloženi djelovanju puzanja i niskocikličkog termičkog zamora. Primjena ove metodologije u kombinaciji s metodama nerazornih ispitivanja (penetranti, ultrazvuk, replika test i sl.) može dati pouzdane rezultate potrebne za realizaciju strategije produženja životnog vijeka parne turbine i osiguranje visoke pouzdanosti i efikasnosti njenog rada.

Literatura:

[1] *Z. Guzović, B. Matijašević, I. Novko*: Prikaz problema definiranja rubnih uvjeta kod modeliranja temperaturnih polja u elementima parnih turbina, Energetska i procesna postrojenja, Dubrovnik, 1996.

[2] *K. Saito, A. Sakuma, M. Fukuda*: Recent life assessment technology for existing steam turbines, JSME International Journal, Series B, Vol. 49, No. 2, 2006

[3] *A. Hohn*: The useful life of steam turbine parts, Brow Boveri Rev.2-76, 1976

[4] *M. Butković, B. Orčić, M. Tevčić*: Safety criteria for mechanical structures stressed over Yield Strength and calculated with the non-linear FE method, Annual of the Croatian Academy of Engineering, 2000

[5] *M. H. Sabour, R. B. Baht*: Liftime prediction in creep-fatigue enviroment, Materials Science-Poland, Vol.26, No. 3., 2008

[6] *M. Husnjak*: Mehanika loma, Inženjerski priručnik IP1, Zagreb, 1997

[7] *A. Saxena*: Creep crack growth in CrMoV rotor steels, EPRI reprot RP2481-5, EPRI, Palo Alto, CA, 2000

[8] *Z. Guzović*: Ocjena upotrebljivosti korelacija za određivanje prijelaza topline kod toplinskih turbostrojeva, Doktorska disertacija, FSB, Zagreb, 1998

Sustav za izradu nominacija potrošnje prirodnog plina temeljen na umjetnim neuronskim mrežama
Natural gas consumption forecast system based on artificial neural networks

M. Fistonić[1], B.Vukadinović[2], M. Bilandžija[2]
[1] PTMG d.o.o., Gornjostupnička 18, 10255 Gornji Stupnik, Hrvatska
[2] Duplico d.o.o., Gornjostupnička 27b, 10255 Gornji Stupnik, Hrvatska

Autor za korespodenciju. E-mail: milan.fistonic@ptmg.hr

Sažetak

Pravilnikom o organizaciji tržišta prirodnog plina predviđeno je da opskrbljivači na distributivnom sustavu svakodnevno opskrbljivaču (dobavljaču) dostavljaju potrebne dnevne količine prirodnog plina u MJ/dan, odnosno u m^3/dan, razrađene za svaki sat. Krajnji kupci priključeni na distribucijski sustav, a koji godišnje troše više od 35 MJ ili imaju priključnu snagu veću od 10 MW, dužni su svakodnevno opskrbljivaču na distributivnom sustavu dostavljati planiranu potrošnju plina. Opskrbljivač je dužan svakodnevno nominirati potrošnju operatoru transportnog sustava.

Da bi predviđanje planirane potrošnje plina odnosno nominacije bile što točnije razvijeni su razni sustavi kojima se izračunava potrošnja plina za naredni dan. Suvremeni sustavi za izračun potrošnje plina koriste neuronske mreže. Kod primjene neuronskih mreža potrebno je odrediti što bolju strukturu neuronske mreže te odrediti elemente koji će se uzimati u obzir. Također treba pravilno odabrati način učenja neuronske mreže kao i način arhiviranja svih izmjerenih podataka.

Abstract

Rulebook of market organization of natural gas implies that suppliers in distribution system transfer data about needed daily quantity of natural gas to supplier (distributor) daily, in MJ/day, apropos m3/day, elaborated for every hour. End customers connected on distribution system that spend more than 35 MJ of gas per year, or have connection power more than 10MW, are obligated to inform supplier about planned gas consumption every day. Supplier is obligated to nominate consumption to operator of transport system every day.

There are several systems developed for improvement of calculations for following day's nominations. Modern systems are based on artificial neural network. When using neural networks it is necessary to determine best possible structure of neural network and to determine elements that

will be taken into account. It is also necessary to determine adequate neural network learning algorithm and way to archive all measured data.

Ključne riječi: prirodni plin, distribucijski sustav, predviđanje potrošnje, nominacija, umjetne neuronske mreže

Key words: natural gas, distribution system, consumption forecast, nomination, artaficial neural network

1. Uvod

Pravilnikom o organizaciji tržišta prirodnim plinom uvedene su značajne promjene za opskrbljivače na distributivnom sustavu Republike Hrvatske.

Temeljna promjena je uvođenje nominacija odnosno dostavljanja predviđenih satnih potrošnji plina za sljedeći plinski dan. U takve nominacije uključeni su samo mali potrošači, tj. oni čija godišnja potrošnja nije veća od 35 TJ ili imaju priključnu snagu manju od 10MW. Veliki potrošači su dužni samostalno izrađivati svoje nominacije i dostavljati ih opskrbljivaču svog distribucijskog područja. Cjelokupnu nominaciju, uključujući velike i male potrošače, opskrbljivač je dužan dostaviti operatoru transportnog sustava.

Zbog ovisnosti potrošnje plina o velikom broju parametara te potrebe za što točnijim nominacijama razvijeni su razni sustavi za izračunavanje potrošnje plina za naredne dane.

Iako su u svrhe predviđanja tradicionalno korišteni statistički i matematički modeli kod izrade sustava za izračun nominacija prirodnog plina koriste se neuronske mreže. Razlog tome je prevelika složenost i stohastičnost sustava potrošnje prirodnog plina da bi mu se mogao odrediti matematički model te mala količina povijesnih podataka, povećanje korisnika i redukcije koje imaju loš utjecaj na statističke modele. Neuronske mreže imaju svojstvo univerzalnog linearnog aproksimatora, zahtijevaju relativno malu količinu povijesnih podataka te imaju mogućnost adaptiranja čime su uklonjeni svi nedostaci tradicionalnih metoda.

Sustav za predviđanje potrošnje prirodnog plina mora omogućiti opskrbljivaču na distributivnom sustavu pravovremenu reakciju u slučaju prekoračenja planiranih vrijednosti potrošnje plina. Iz tog razloga opskrbljivač mora imati uvid u podatak o trenutačnoj potrošnji plina pri čemu je nužnost korištenje stabilne komunikacijske veze te odgovarajuće opreme za arhiviranje podataka.

2. Mjesta za preuzimanje podataka o potrošnji plina

Kako su distribucijska područja pojedinog opskrbljivača podjeljena prema mjerno-redukcijskim stanicama operatera transportnog sustava nužno je izvesti mjerenja potrošnje plina upravo na tim mjestima. Na taj način osigurana je usporedivost mjerenja sa onim operatera transportnog sustava i olakšana obrada pristiglih podataka za ulaz u sustav za izradu nominacija.

Prema pravilniku o organizaciji tržišta prirodnim plinom potrošači su podjeljeni na dvije skupine, velike (godišnja potrošnja veća od 35TJ ili priključna snaga od 10MW) i male. Veliki potrošači obvezni su prema pravilniku sami dojavljivati svoju predviđenu potrošnju opskrbljivaču te je na taj način riješen problem grešaka koje bi veliki potrošači unosili u sustav za izradu nominacija. Naime, potrošnja prirodnog plina velikih potrošača, većinom industrijskih pogona, ovisi prvenstveno o stanju proizvodnje, a ono se nikako ne može povezati sa predvidljivim čimbenicima potrošnje prirodnog plina. Stoga bi se na korektor svakog velikog potrošača spojio mjerni uređaj koji bi svakodnevno dostavljao velikom potrošaču i opskrbljivaču podatke o satnoj potrošnji. Na taj način velikom potrošaču bi se olakšao proces izrade nominacija.

Iako je zamišljeno da su mali potrošači kućanstva i time olakšan proračun nominacija stvarno stanje sustava distribucije prirodnog plina je drugačije. Zbog granice godišnje potrošnje od 35TJ mnogi industrijski pogoni smješteni su u razred malih potrošača. To se prvenstveno odnosi na sušare poljoprivrednih proizvoda (pšenica, duhan, kamilica...) te na proizvodne pogone kao što su asfaltne baze čija je potrošnja prirodnog plina ovisna o ljudskom faktoru. Takvi potrošači unose šum, grešku, u sustav za izradu nominacija. Kako bi se ta greška uklonila i povečala točnost nominacija predviđeno je da se na korektore takvih potrošača postave mjerni uređaji čija bi se očitanja dostavljala opskrbljivaču i samom potrošaču. Opskrbljivač bi takve podatke tada mogao izuzeti iz ukupnog očitanja dobivenih iz mjerno-redukcijskih stanica i ukloniti šum iz podataka, a potrošač bi prema svojem proizvodnom procesu i prije očitanoj potrošnji mogao izrađivati svoju nominaciju za sljedeći dan.

3. Način preuzimanja podataka

Da bi nominacije bilo što točnije potrebni su ažurni podaci o potrošnji plina i ostalim uvjetima kritičnim za potrošnju prirodnog plina te arhiviranje povijesnih podataka. Preuzimanja očitanja s mjernih mjesta i mjerno-redukcijskih stanica odvijaju se pomoću telemetrijskih stanica koje imaju mogućnost povezivanja u zatvorenu VPN mrežu sa statičkim IP adresama svake pojedine stanice. Povezivanje unutar VPN mreže realizira se preko GPRS/UMTS mreže mobilnog operatera čime se

izbjegava instalacija skupe telekomunikacijske opreme i ostvaruje siguran, brz i jeftin prijenos podataka. Korisnik, odnosno opskrbljivač prirodnim plinom je u svojem nadzorno upravljačkom centru 24 sata dnevno povezan s distribucijskim sustavom te prima podatke o potrošnji u vremenskim intervalima od 15 minuta.

Za uspješnu izradu nominacija potrebno poznavati meteorološke prilike koje su vladale prilikom određenog očitanja potrošnje prirodnog plina. Iz tog razloga na području opskrbljivača postavlja se automatizirana meteorološka stanica koja se povezuje u VPN mrežu te šalje svoja mjerenja u nadzorno-upravljački centar svakih sat vremena. Raspoloživa mjerenja meteorološke stanice su:

- Temperatura zraka
- Relativna vlažnost
- Smjer vjetra
- Brzina vjetra
- Količina oborina
- Osjet ugode
- Naoblaka

4. Faktori utjecaja na potrošnju plina

Potrošnja prirodnog plina je sustav čija dinamika ovisi o meteorološkim podacima, danu u tjednu, godišnjem dobu te rastu odnosno padu broja korisnika.

Od meteoroloških podataka mjerenih automatskom meteorološkom stanicom najveći utjecaj na potrošnju plina ima temperatura, manje oborine, naoblaka te brzina i smjer vjetra. Ovisno o geografskom području na kojem se nalazi opskrbljivač te o godišnjem dobu različite meteorološke veličine dobivaju ili gube na važnosti. Prema dosad prikupljenim i analiziranim podacima vidljivo je kako magla, odnosno niska naoblaka imaju veliku važnost za jutarnju potrošnju u zimskim danima dok s druge strane oborine imaju kritičan utjecaj na potrošnju plina u popodnevnim satima, naročito za dane vikenda.

Iako je temperatura temeljni faktor koji utječe na potrošnju plina iz povijesnih podataka vidljiva je razlika u potrošnji pri istim prosječnim temperaturama u danu koji pripada proljeću i danu koje pripada zimi. Razlog tome je toplina, odnosno hladnoća prijašnjih dana akomulirana u tlu, stambenim i poslovnim zgradama. Kako bi se izbjegao taj problem koristi se indeks dana u godini prema kojem se sustavu pokazuje u kojem se godišnjem dobu nalazi dan za koji se radi nominacija.

Kako bi imali što preciznije podatke o sutrašnjim meteorološkim prilikama na području distribucijskog sustava sustav za izradu nominacija povezan je s meteorološkim centrom koji svakodnevno u više navrata osvježava prognostičke podatke koji su zatim korišteni kao ulazni parametri sustava za izradu nominacija.

S obzirom na dan u tjednu mijenja se ukupna dnevna potrošnja kao i oblik potrošnje odnosno satna potrošnja. Stoga je napravljena podjela na radne dane, petak, vikend i praznik. Te četiri podjele pokazale su se kao optimalne s obzirom na broj varijabli i postignutu točnost nominacija.

5. Opis sustava za izradu nominacija

Građa sustava

Sustav za izradu nominacija čini pedeset neuronskih mreža, polinomske funkcije te skup neizrazitih pravila za odlučivanje.

Neuronske mreže su podijeljene po tipu, na MLP (engl. Multi Layer Perceptron) i RBF (engl. Radial Bias Function) i vrsti nominacije koje rade, na dnevne i satne.

RBF i MLP mreže razlikuju se po matematičkim funkcijama, strukturi i svojstvima. RBF mreža posjeduje svojstvo lokalizacije čime se rješava problem velikih i naglih odstupanja u ulaznim parametrima koji se pojavljuju zbog nenadanih skokova u potrošnji uzrokovanih nekom naglom potrošnjom potrošača kao npr. asfaltna baza. MLP ima veći utjecaj u sustavu za nominaciju u slučajevima kada su odstupanja u potrošnji plina uzrokovana nekim iznenadnim meteorološkim promjenama. Odstupanja u potrošnji mogu se okarakterizirati kao šum, ako se pojavljuju vrlo rijetko i nepravilno i u tom slučaju veći utjecaj na nominacije imat će RBF mreža. Ukoliko se odstupanja intenziviraju, možemo ih promatrati kao promjenu u potrošnji sustava (npr. novo naselje spojeno na distribucijsku mrežu ili promjena u strukturi potrošača). Na takva odstupanja će MLP mreža brže reagirati te će ona imati veći utjecaj na nominacije.

Druga podjela neuronskih mreža je po tipu nominacija koje rade. Za satne nominacije tako postoji po dvadeset i četiri neuronske mreže MLP tipa i dvadeset i četiri neuronske mreže RBF tipa. Svaka od tih mreže vrši nominaciju za određeni sat u danu.

Za izradu dnevnih nominacija postoje dvije mreže, jedna RBF tipa, a druga MLP. Zbog manjih grešaka u predviđanju prosječnih dnevnih meteoroloških prognoza manja je i greška dnevnih nominacija. Zbog toga se prosječne dnevne meteorološke prognoze u kombinaciji sa tipom dana koriste za izradu satnih nominacija .

Pomoću polinoma najmanjih kvadrata napravljena je numerička interpolacija i aproksimacija krivulja standardnog oblika dnevne potrošnje. S obzirom na podjele po tipu dana i temperaturnim intervalima postoji dvadeset krivulja. Kako je tip dana diskretna veličina lako je odrediti ovisnost krivulje o njemu, no temperaturni intervali nisu diskretni iz razloga što je osjećaj temperature za ljude nije podjednak pri istim temperaturama. Iz tog razloga se za odabir krivulje prema temperaturi koristi neizrazita logika pri čemu više krivulja sa različitom težinom utječe na formiranje konačne krivulje.

Raspodjelom dnevne nominacije po krivulji standardnog oblika računa se druga verzija satnih nominacija.

Procedura izrade nominacija

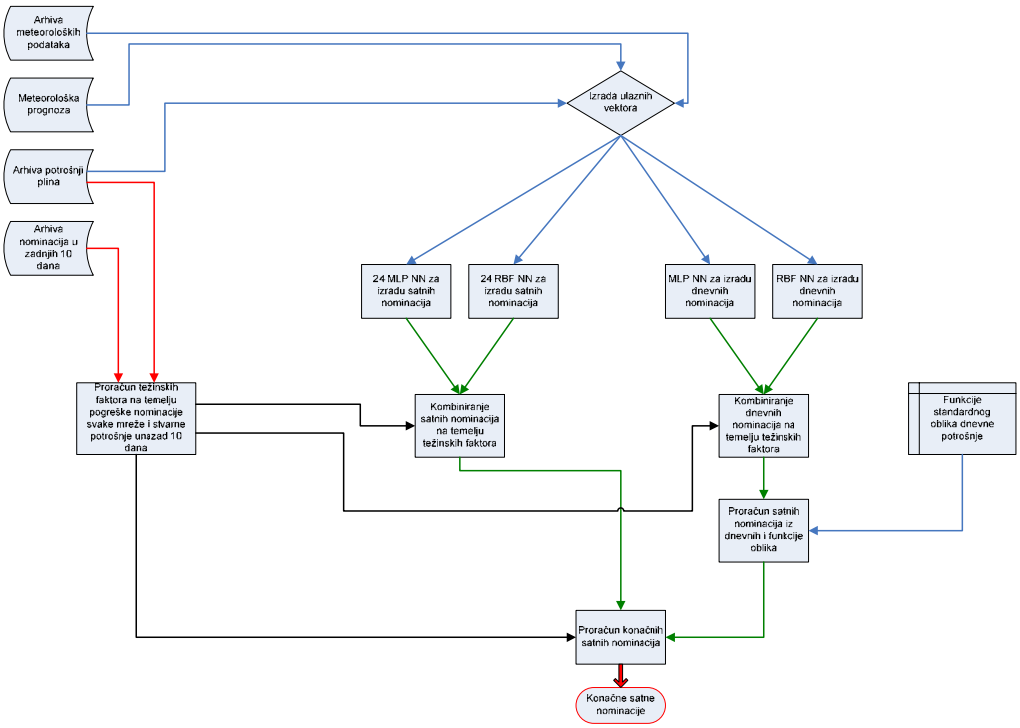
Na temelju prikupljenih podataka o potrošnji, meteoroloških podataka te meteoroloških prognozi sustav pokreće adaptaciju internih parametara neuronskih mreža te zatim izradu satnih nominacija pomoću dvadeset i četiri MLP i RBF mreže. Nakon toga proračunavaju se dnevne nominacije sa po jednom MLP i RBF mrežom.

Na temelju meteoroloških prognoza i tipa dana proračunava se neizrazitom logikom krivulja oblika dnevne potrošnje. Po toj krivulji se zatim raspoređuje dnevna nominacija dobivena MLP i RBF mrežama.

Tako je dobiveno ukupno četiri različite nominacije svakog pojedinog sata sutrašnjeg dana. Kako bi se one spojile u jedinstvenu nominaciju koriste se težinski faktori pridruženi svakoj nominaciji. Svaka pojedina nominacija za određeni sat pomnoži se sa svojim težinskim faktorom i zbroji sa odgovarajućom nominacijom iz druge neuronske mreže za taj sat, čineći tako konačnu nominaciju. Pomoću težinskih faktora ostvaruju se prednosti MLP i RBF mreža u reakciji na promjene u potrošnji.

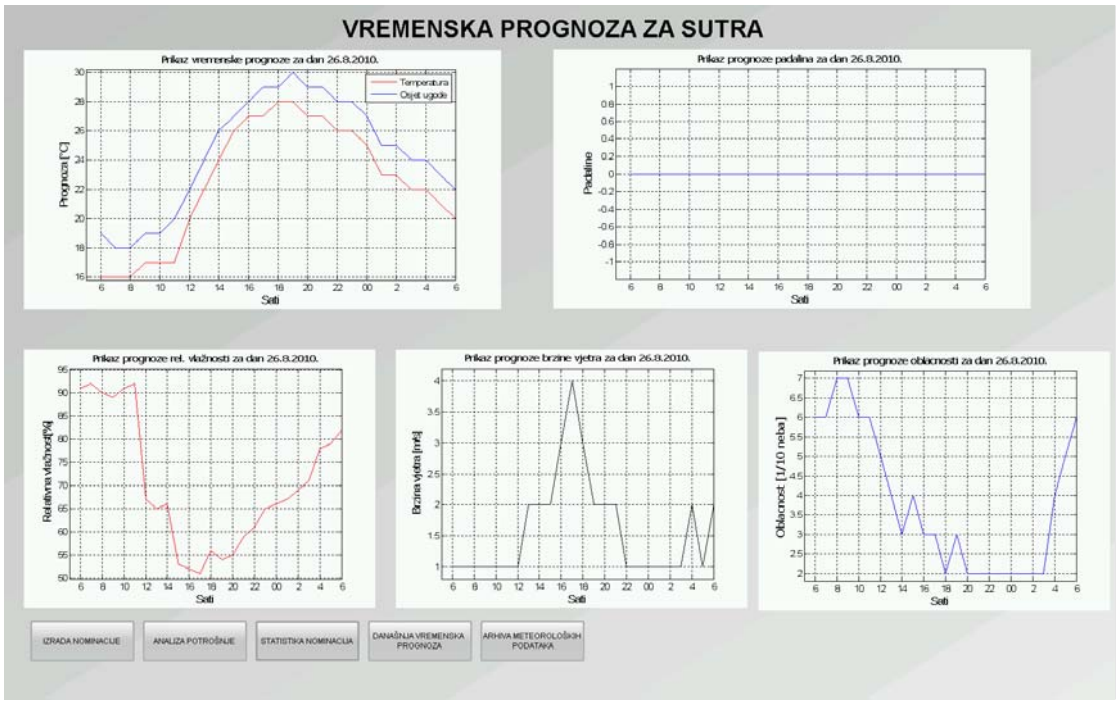
Težinski faktori proračunavaju se tako da se usporede stvarne potrošnje i nominacije dobivene svakom pojedinom metodom unazad deset dana i na temelju greške nominacije metode preko varijanci proračuna težinski faktor za svaki sat te metode.

Proces izrade nominacija grafički je prikazan na sljedećoj slici:

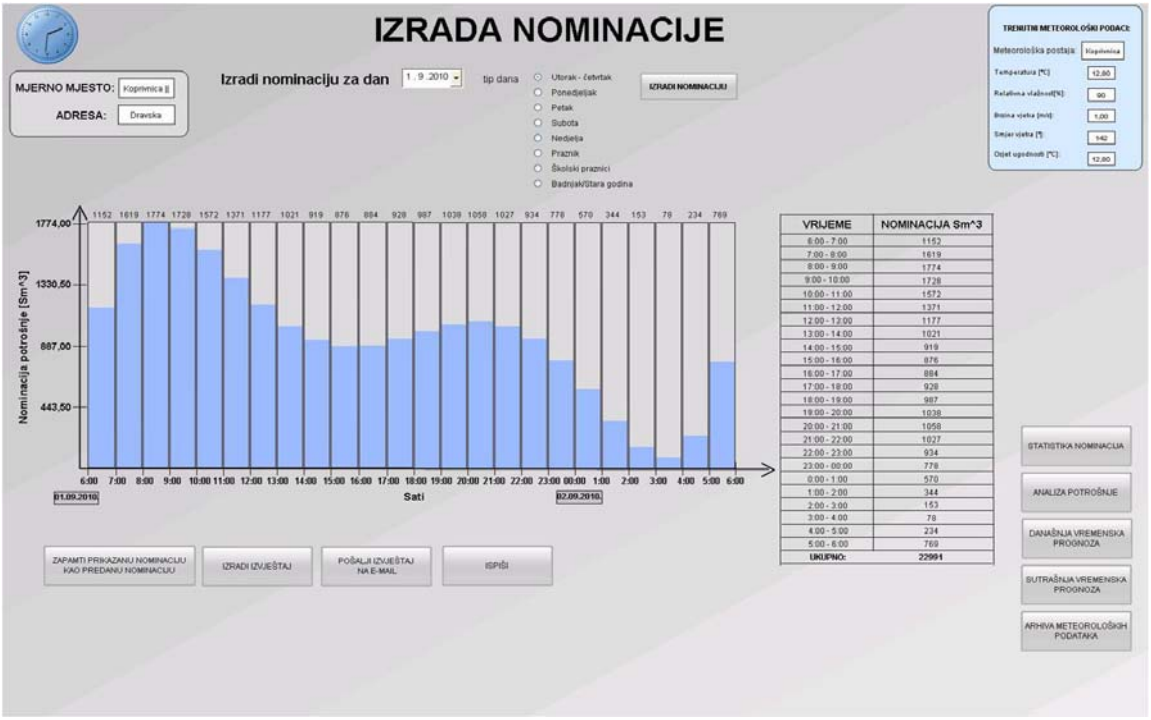


Slika 1. Shematski prikaz koraka u procesu izrade nominacija

Na sljedećim slikama prikazano je i objašnjeno korisničko sučelje sustava za izradu nominacija. Na slici 2 nalazi se prikaz svih prognoziranih meteoroloških prilika za sutrašnji dan. Jednak prikaz moguć je i za današnji dan.

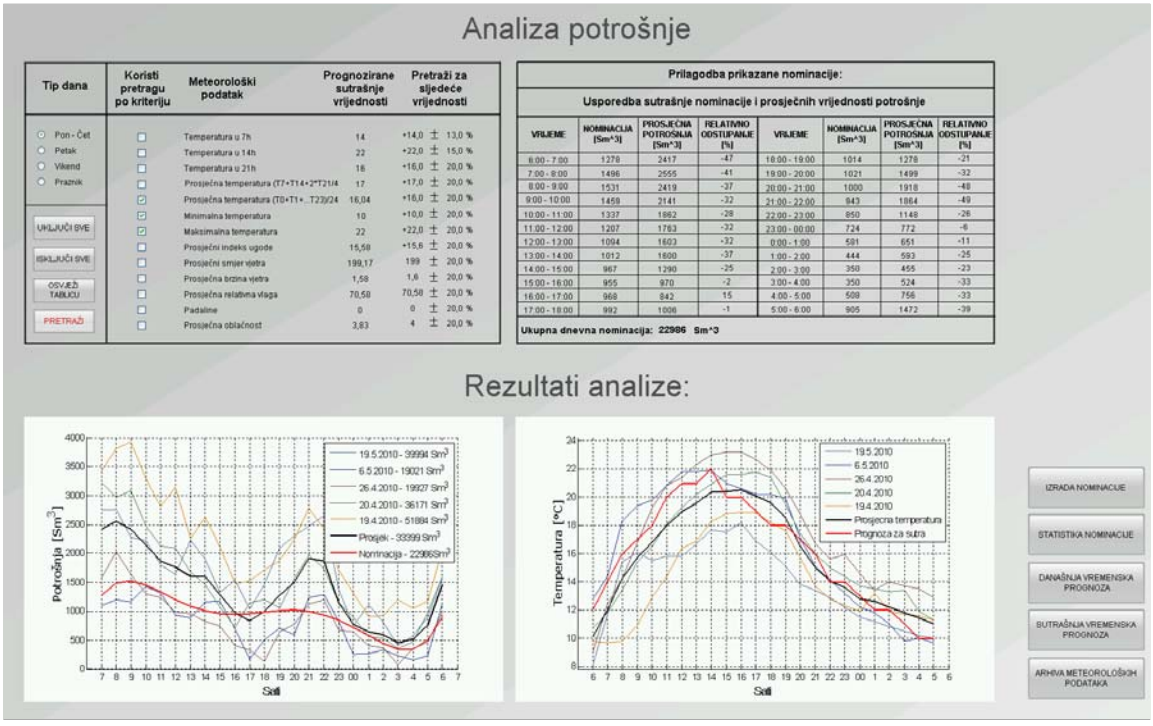


Slika 2. Ekran sa prikazom prognoziranih sutrašnjih meteoroloških prilika



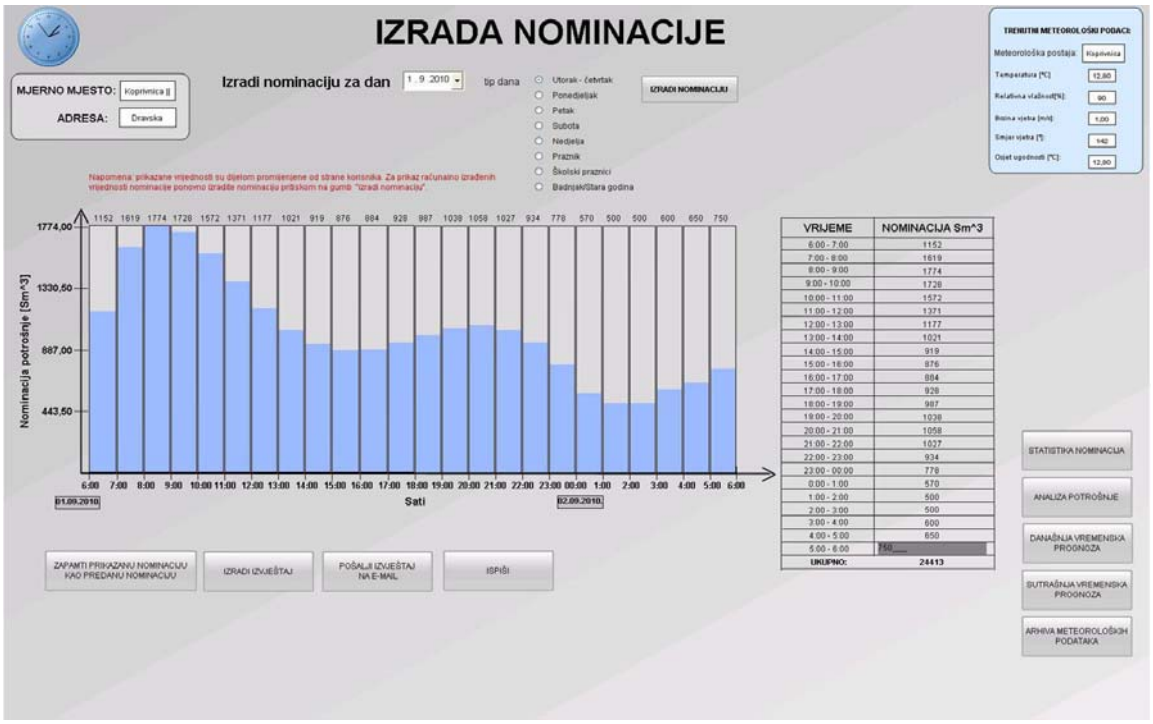
Slika 3. Ekran za izradu nominacija

Na slici 4 prikazan je ekran na kojem je moguća analiza povijesnih podataka o potrošnji i temperaturi uspoređena s nominacijom i prognozama za sljedeći dan u ovisnosti o traženim kriterijima. Kriterije prikaza odabire korisnik na izborniku u tablici koja se nalazi u gornjem lijevom dijelu ekrana.



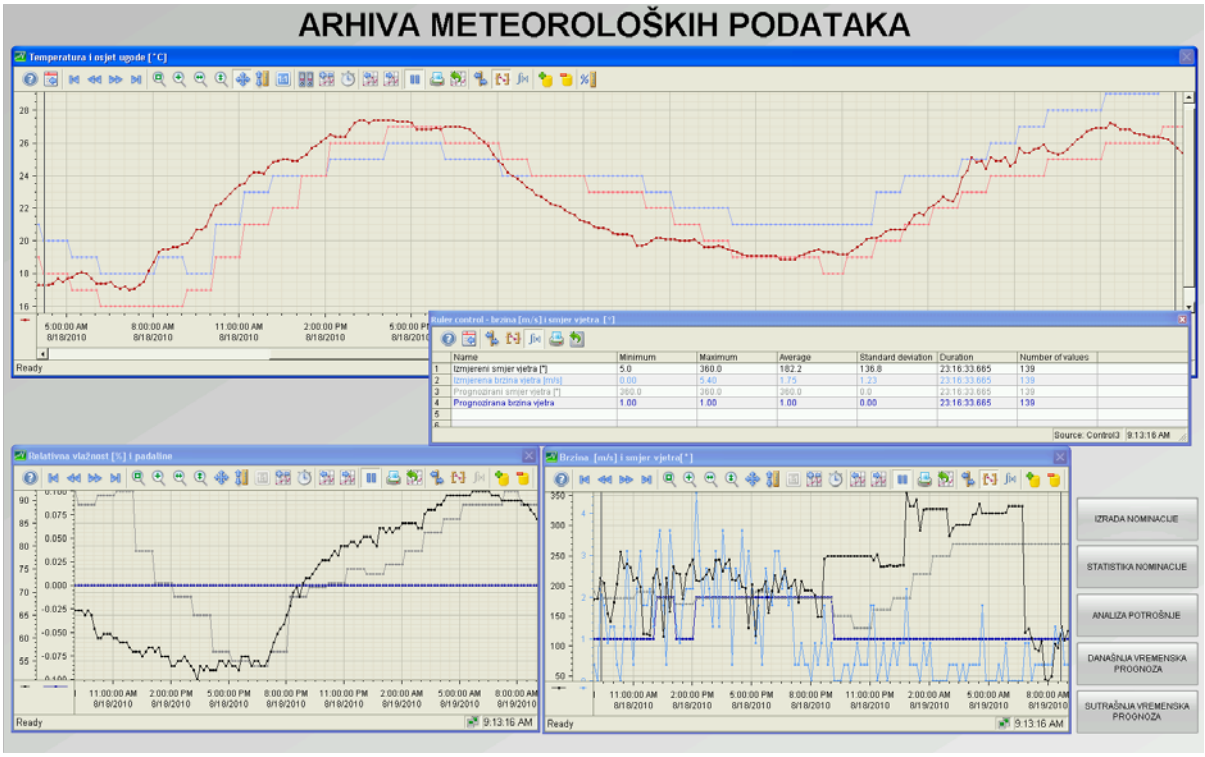
Slika 4. Ekran za analizu potrošnje

Nakon usporedbe proračunatih nominacija i prognoziranih meteoroloških podataka sa povijesnim potrošnjama i vremenskim uvjetima korisnik je u mogućnosti na osnovu iskustva i sazananja o mogućim izvanrednim potrošnjama (uključenje asfaltne baza) ručno promijeniti nominacije i takve prihvatiti kao konačne.



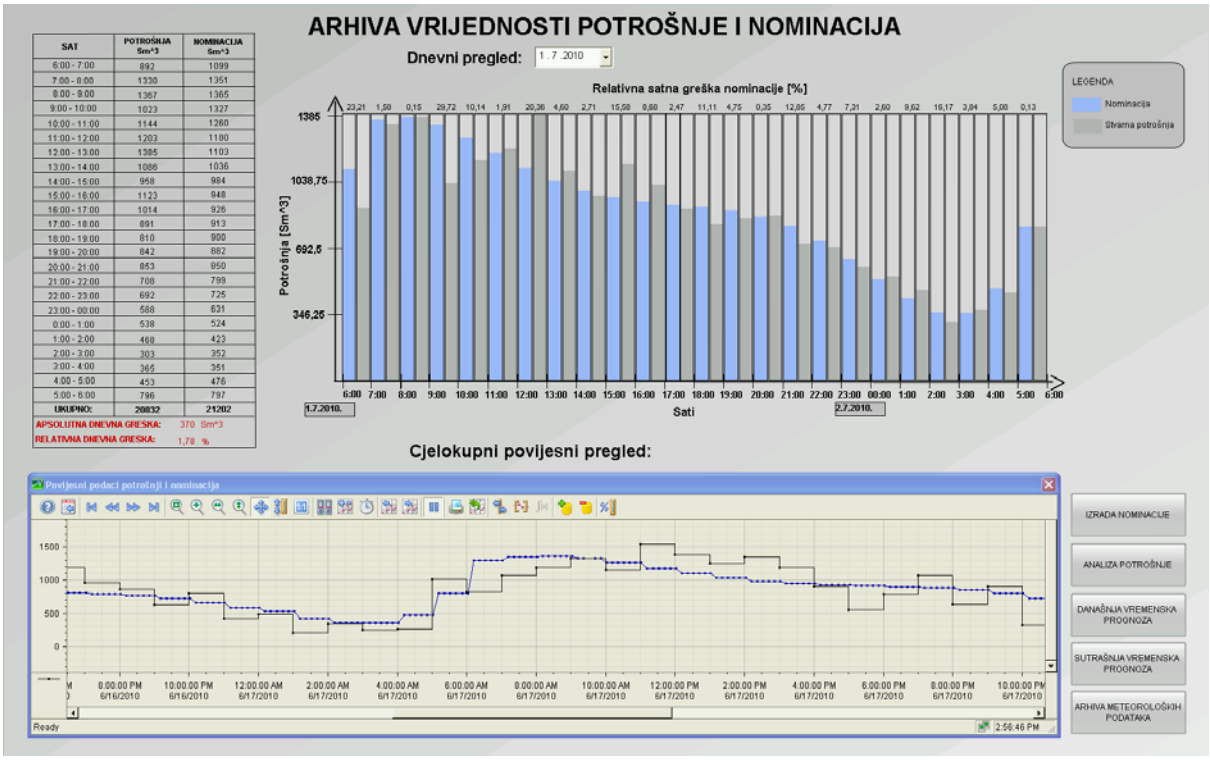
Slika 5. Ekran sa prikazom nominacija izmijenjenih od strane korisnika

Meteorološki podaci prikupljeni automatskom meteorološkom stanicom spremaju se u bazu podataka kojoj se može pristupiti ekranom prikazanim na slici 4. Ovdje je moguće vidjeti mjerene i prognozirane vrijednosti temperatura i osjeta ugode (gornji graf), relativne vlažnosti i padalina (graf dolje lijevo) te brzine i smjer vjetra (graf dolje desno). Moguća je i elementarna statistička analiza podataka na željenom vremenskom intervalu što je prikazano na slici 6.



Slika 6. Prikaz arhive meteoroloških podataka sa statističkom analizom

Na slici 7 prikazan je ekran sa arhivama potrošnji i nominacija koje dalje mogu biti iskorištene za analizu i adaptaciju sustava za izradu nominacija.



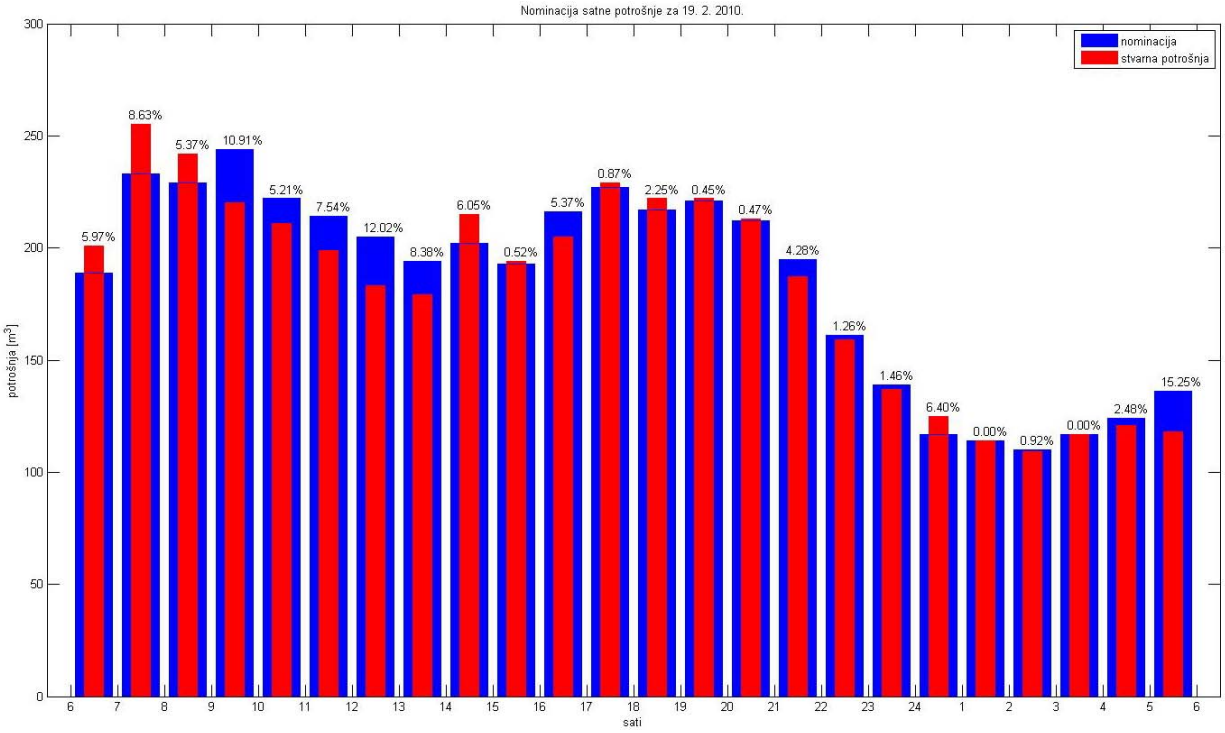
Slika 7. Ekran za prikaz arhive nominacija i potrošnji

6. Prikaz dobivenih rezultata

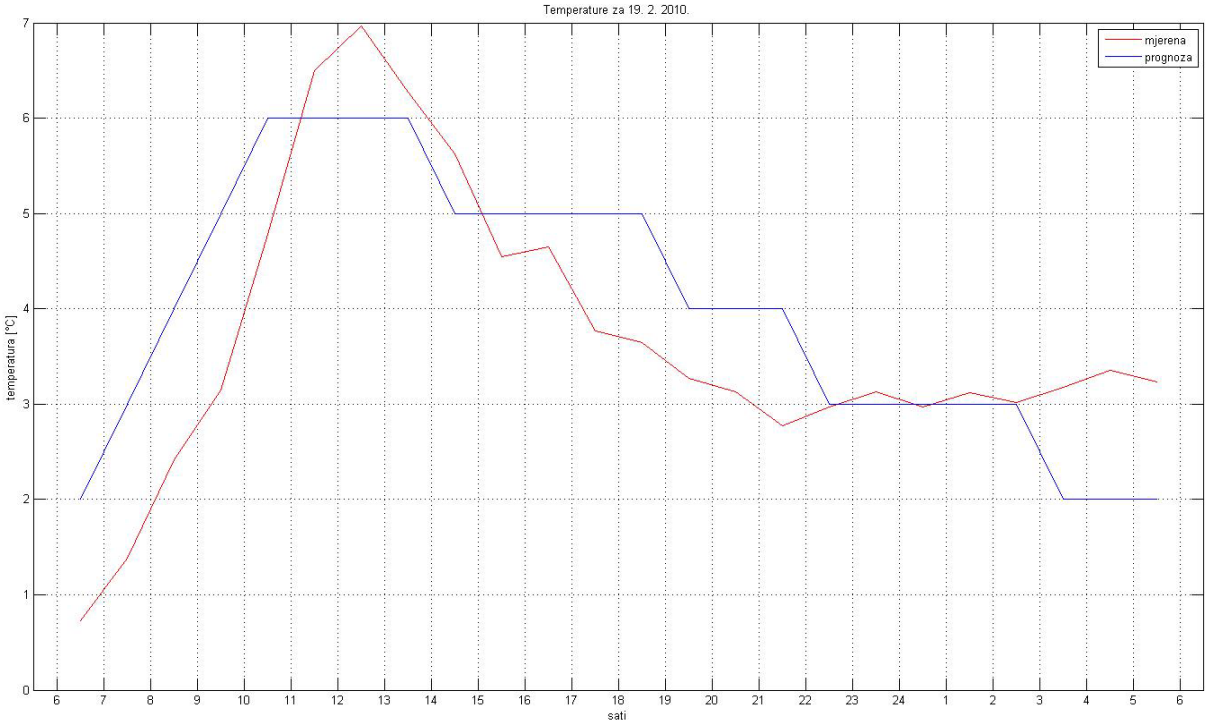
Na sljedećim slikama prikazani su rezultati dobiveni pri izradi nominacija predviđanja potrošnje plina u zimskom i ljetnom periodu kod distributera PLIN VTC iz Virovitice.

Rezultati za zimski dan

Na sljedećim slikama prikazane su nominacije i meteorološke prilike kao i odstupanja od stvarnih vrijednosti za dan 19.2.2010. Pri izradi ovih nominacija korištene su samo temperature kao ulazni meteorološki parametri. Razlog tome je vrlo mala baza povijesnih podataka prikupljena do 19.2.2010. koja je sadržavala podatke za samo zadnjih sedamdesetak dana. Usprkos tako malim količinama podataka postignute su zadovoljavajuće točnosti pri izradi nominacija. U ovom slučaju dnevna nominacija iznosila je 4431 m^3 , a stvarna potrošnja 4377 m^3 što znači da pogrešku od 54 m^3 odnosno 1,2% i prosječnu satnu grešku od 4,7%.

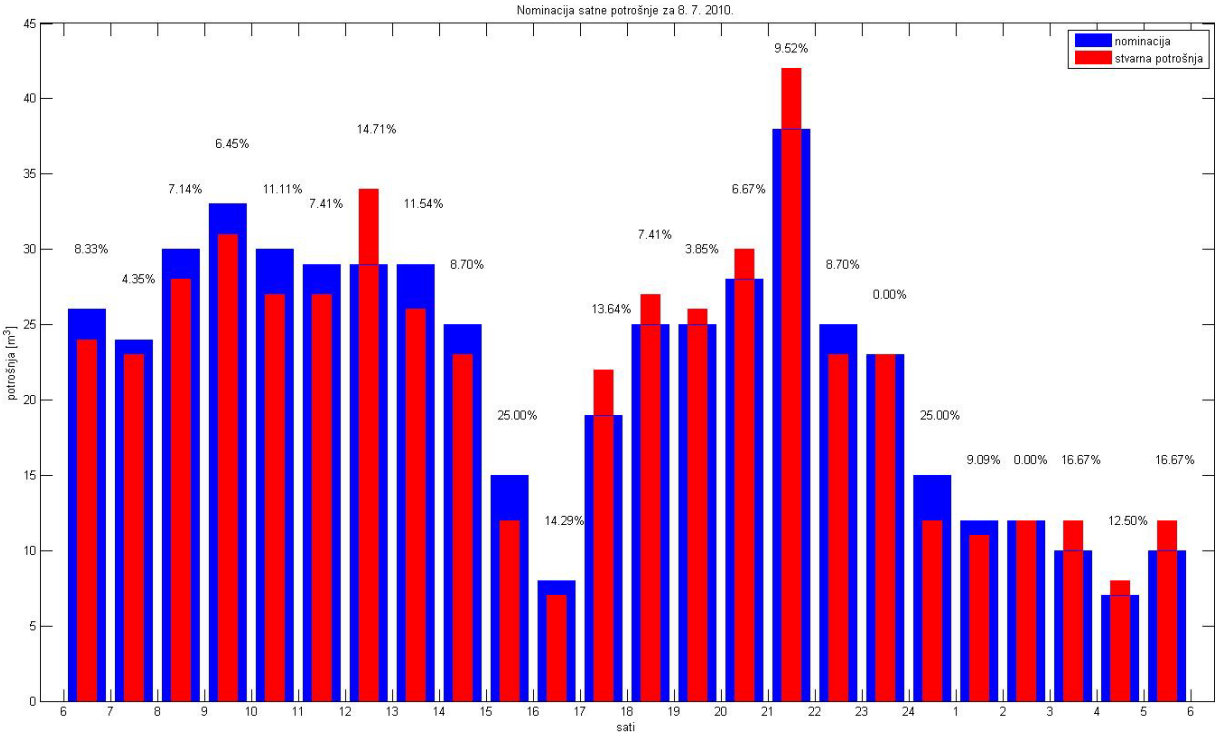


Slika 8. Prikaz nominirane i stvarne satne potrošnje za dan 19.2.2010. sa postotnim odstupanjima

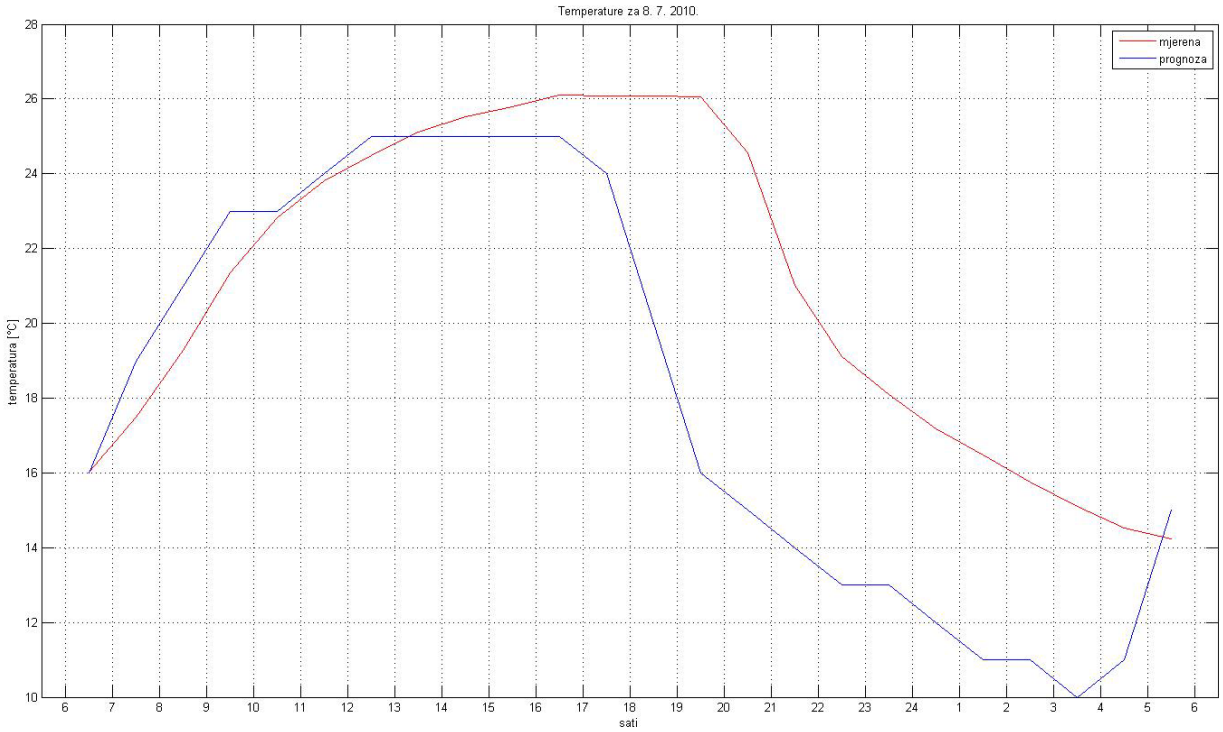


Slika 9. Graf izmjerene i prognozirane temperature za dan 19.2.2010.

Rezultati za ljetni dan



Slika 10. Prikaz nominirane i stvarne satne potrošnje za dan 08.7.2010. sa postotnim odstupanjima

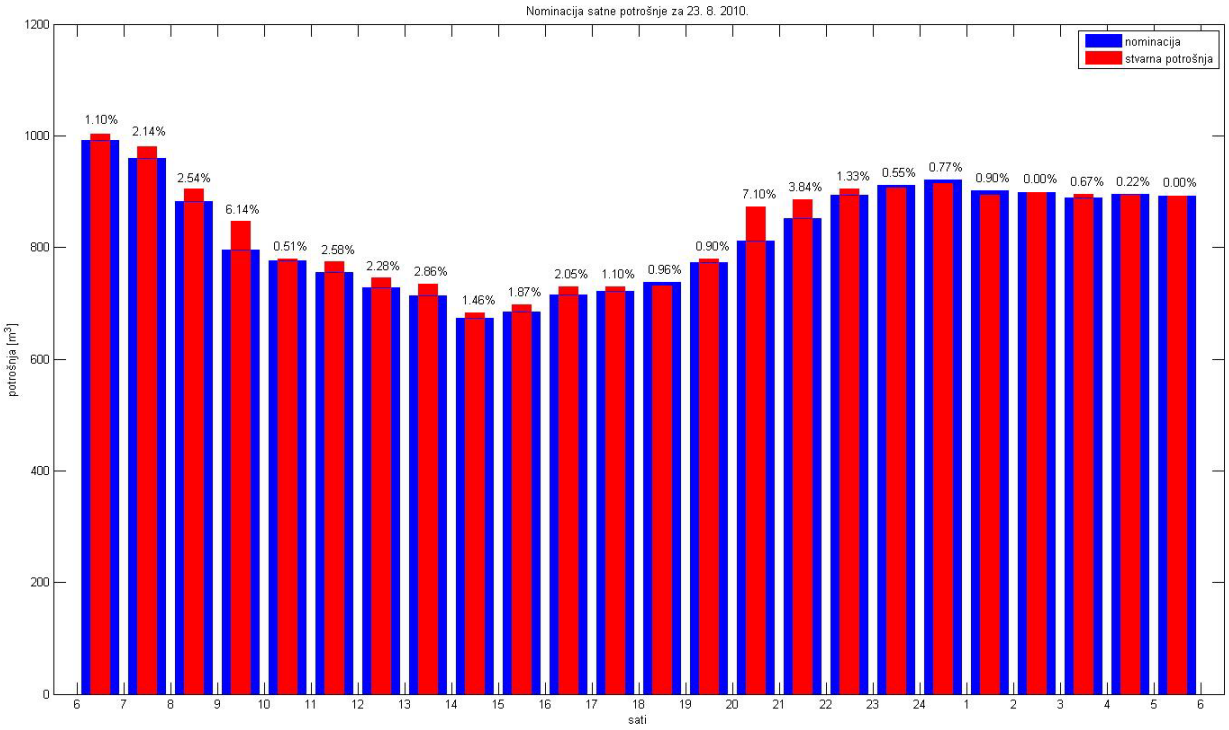


Slika 11. Graf izmjerene i prognozirane temperature za dan 8.7.2010.

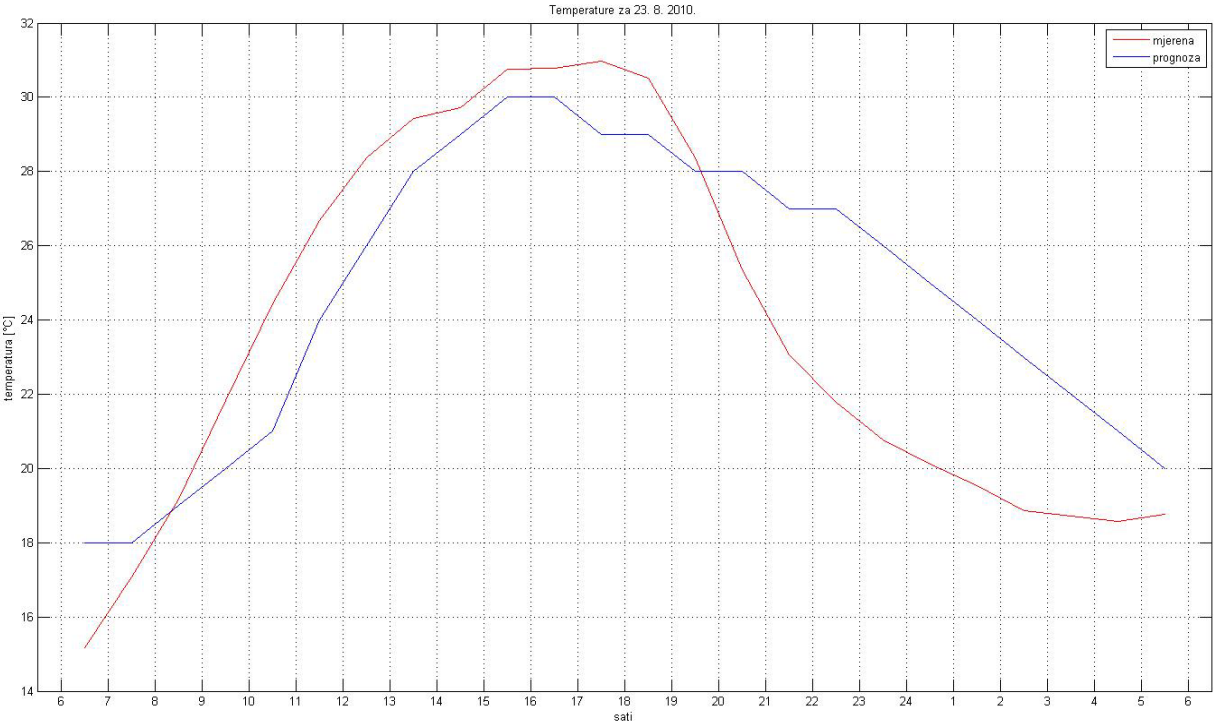
U ljetnom razdoblju dnevna potrošnja pada na jednu desetinu zimske, a njena ovisnost o dobu dana i ljudskom faktoru dobiva veću važnost od temperature. Kod ovako malih satnih potrošnji javlja se problem točnosti sustava za izradu nominacija. Pri, na primjer, satnoj potrošnji od svega 10 m^3 naša nominacija može iznosit 12 m^3 . Apsolutno gledajući to je minorna pogreška od svega 2 m^3 , no relativno to je velikih 20%. Pri takvim uvjetima gotovo je nemoguće da satna pogreška tijekom cijeloga dana iznosi manje od 10%. Razliku 2 m^3 može proizvesti svega par kućanstava utrošivši prirodni plin u svrhe koje se ne mogu direktno vezati s ulaznim parametrima (npr. kuhanje ili pečenje).

Za dan 8.7.2010. postignuta je dnevna potrošnja od 522 m^3 uz iznos nominacije od 527 m^3 što daje razliku od 5 m^3 odnosno 1%. Pri tome je prosječna satna pogreška iznosila 10,4%.

Rezultati nakon uključenja grupe manjih potrošača



Slika 12. Prikaz nominirane i satne potrošnje uz uključenu sušara za sušenje duhana i kamilice na dan 23.8.2010.



Slika 13. Prikaz prognozirane i izmjerene temperature za dan 23.8.2010.

Dnevna potrošnja za 23.8.2010. iznosila je 20.076 m^3 što je gotovo četiri puta veća potrošnju nego u zimskom periodu. Razlog tome je rad sušara za sušenje duhana i kamilice koje po pravilniku ne spadaju u velike potrošače, ali svojom potrošnjom uvelike utječu na potrošnju plina na distribucijskom području. Potrošnja tih sušara vrlo je malo ovisna o temperaturi i danu u godini već isključivo o vremenu žetve odnosno berbe. Taj parametar nikako nije moguće simulirati i unaprijed ga predvidjeti te je iz tog razloga vrlo teško postići zadovoljavajuću točnost nominacija. Tako se značajne greške pojavljuju u trenutku uključivanja sušara, tj. početka procesa sušenja. U tom razdoblju sustav za izradu nominacija uči nove uvjete koje diktira sustav, a to se prvenstveno odnosi na visoku ljetnu temperaturu i potrošnju veću nego u zimskom razdoblju što je u suprotnosti s do tada naučenim. Već nakon tri do pet dana nakon uključenja sušara nominacije postižu zadovoljavajuću točnost uz uvjet da sušare ne mijenja dinamiku rada.

Da bi se utjecaj na nominaciju predviđene potrošnje plina ovakvih potrošača, a koji ne spadaju u kategoriju velikih potrošača, smanjio, potrebno je izraditi odgovarajuću neuronsku mrežu te u suradnji sa tim potrošačima predvidjeti vremena uključivanja sušara u rad i njihovu potrošnju. Iz tog razloga potrebno je naći odgovarajući način stimulacije navedenih potrošača za takvu suradnju.

Prikaz iznosa prosječnih pogrešaka za sat, dan, tjedan, mjesec i kvartal

Analizom prikupljenih podataka o odstupanju nominirane od stvarne potrošnje prirodnog plina došlo se do zaključka da se ona bitno razlikuju ovisno o tome da li se odstupanja analiziraju po satu, danu, tjednu, mjesecu ili kvartalu. To je iz razloga što je nepreciznost podataka o prognoziranoj i izmjerenoj temperaturi po satu velika dok se ta razlika na nivou dana, tjedna ili mjeseca bitno smanjuje.

U sljedećoj tablici dat je prikaz prosječnih odstupanja nominirane od stvarne potrošnje prirodnog plina za sat, dan, tjedan, mjesec i kvartal za zadnjih sedam mjeseci kod izrade nominacija za distributera PLIN VTC Virovitica:

Tablica 1. Prikaz prosječnih pogrešaka po vremenskim intervalima

Vremenski interval	Prosječno odstupanje [%]
Sat	11,3
Dan	5,7
Tjedan	2,1
Mjesec	0,8
Kvartal	0,2

7. Zaključak

U uvjetima male potrošnje prirodnog plina kakvi vladaju na mnogim distribucijskim područjima u Republici Hrvatskoj program za izradu nominacija planirane potrošnje prirodnog plina dao je dobre rezultate. Glavni problemi na koje se u izradi programa za nominaciju nailazilo bila je mala ili nikakva arhiva povijesnih meteoroloških podataka o potrošnji prirodnog plina i uvjetima kod kojih je do te potrošnje došlo. Iz tog razloga je nužno prikupljanje podataka i stvaranje arhive prije nego se program za nominacije počne izrađivati. Pri malim potrošnjama u sustavu naročito u ljetnom periodu na potrošnju značajan utjecaj imaju potrošači koji po pravilniku ne spadaju u velike potrošače, ali u sumi imaju veliku potrošnju u odnosu na potrošnju domaćinstava. Takvi potrošači su prvenstveno asfaltne baze i sušare.

Iskustvo je stoga pokazalo da se na tržištu ne može program za nominiranje planirane potrošnje prirodnog plina kupiti kao gotov paket, već da je nužna uska višegodišnja suradnja između projektanta programa za nominaciju i korisnika kako bi se definirale, uočile i u program ugradile sve raznolikosti i posebnosti promatranog distribucijskog područja. Jedino se na takav način zajedničkom suradnjom može doći do programa koji će nam u procesu nominiranja dati zadovoljavajuće rezultate.

8. Literatura

[1] Petrović, I.; Perić, N.; Inteligentno upravljanje sustavima, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2007.

[2] Kovačić, Z.; Bogdan, S.; Fuzzy Controller Design Theory and Applications, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton FL, USA, 2006.

[3] Viet, N. H.; Mandziuk, J.; Neural and Fuzzy Neural Networks in Prediction of Natural Gas Consumption, Institute of Fundamental Technological Research, poliyh Academy of Sciences, Swietokrzyska 21 Street, 00-049 Warsaw, Poland, 2003.

TROMOST PODNOG GRIJANJA

INERTIA UNDERFLOOR HEATING SYSTEMS

E. Hnatko[1,*], G. Lacković[2]

[1] Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Trg I. B. Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska
[2] Agria d.o.o., Svetog L. B. Mandića 215, HR-31000 Osijek, Hrvatska

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

Sažetak

Rad analizira temeljne karakteristike podnog grijanja i propituje aspekt pomodarstva koji mu se pripisuje.

Posebno se analizira tromost u djelovanju tog sustava i njegov utjecaj na izvor topline.

Razmatranjima su pridodana mjerenja ponovnog zagrijavanja prostorije ovim sustavom i diskusija dobivenih rezultata mjerenja.

Abstract

The paper analyzes the basic characteristics of the underfloor heating and examines aspects of fashionable that it is believed.

Special analysis of sluggishness in the operation of the system and its influence on the heat source. Considerations are added to the measurement of re-warming the room with this system and discussion of the results of measurements.

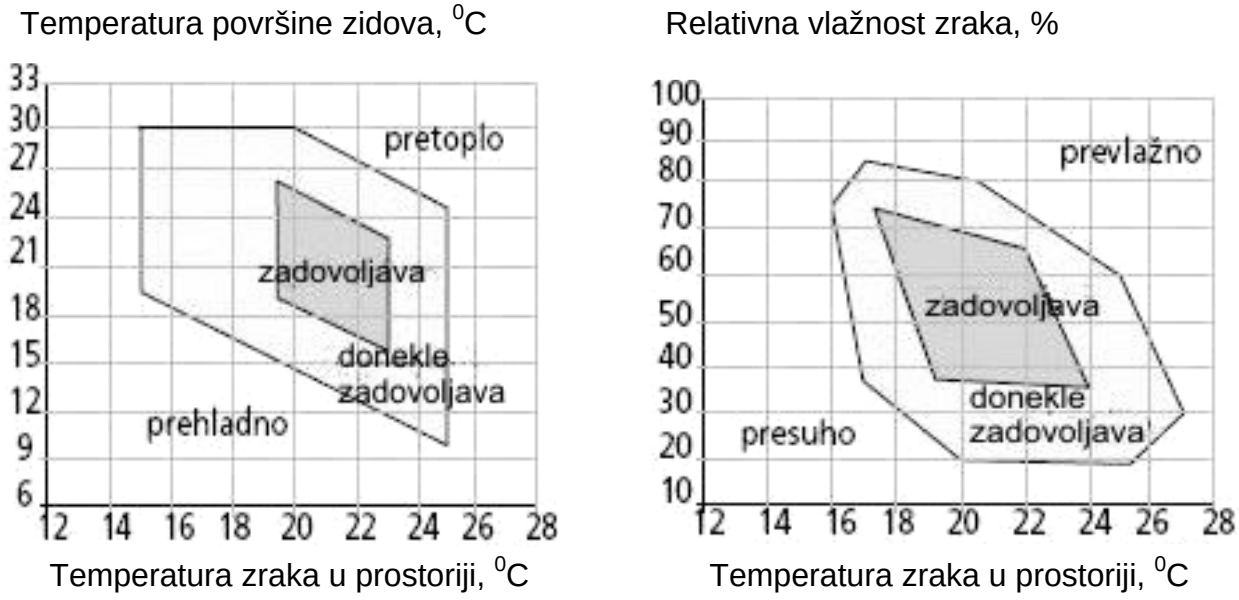
Ključne riječi: Sustavi grijanja, Podno grijanje, Toplina

1. Uvod

Ostvariti osjećaj ugode u prostoru je zadatak svakog sustava grijanja bez obzira na način zagrijavanja prostora. Za grijanje stambenih objekata danas je najčešće u primjeni sustav grijanja uz pomoć radijatora kojeg polako zamjenjuje podni sustav grijanja, bilo u cijelosti ili kao kombinacija oba sustava grijanja. Oba sustava imaju svojih prednosti i nedostataka, a podnom sustavu grijanja se najviše zamjera njegova tromost. Upravo ta tromost se može prikazati ujedno kao i velika prednost ovog sustava grijanja.

Osjećaj ugode je za svaku osobu individualan doživljaj, a time i teško mjerljiv. Na osjećaj ugode

utječu temperatura zraka u prostoriji, srednja površinska temperatura zidova prostorije, relativna vlažnost zraka i brzina strujanja zraka. Ovi parametri utječu na osjetilnu temperaturu ϑ_{os} što ju osoba osjeća. Ona se dobiva kao aritmetička sredina temperature zraka ϑ_{zr} i srednje površinske temperature zidova prostorije $\vartheta_{sr.pl}$. Na slici 1. dati su dijagramski prikazi osjećaja ugode u ovisnosti temperature zraka u prostoriji ^{0}C i relativne vlažnosti zraka %, te temperature zraka u prostoriji ^{0}C i površinske temperature zidova prostorije ^{0}C.



Slika 1. Područja ugode prema temperaturama i relativnoj vlažnosti [4]

Svakom sustavu grijanja zadatak je postići uvjete kao što su u polju označenom sa zadovoljava, slika 1. Vidi se da ih je moguće postići u više inačica: npr. većom temperaturom zraka u prostoriji a nižom temperaturom površina zidova (radijatorsko grijanje), nižom temperaturom zraka u prostoriji a većom temperaturom površina zidova (površinska grijanja), ili približno istim temperaturama zraka i zidova kao što je slučaj kod podnog grijanja. Nadalje, uz veće temperature zraka u prostoriji trebala bi biti niža relativna vlažnost zraka, a kod nižih temperature zraka u prostoriji može vlažnost zraka biti veća.

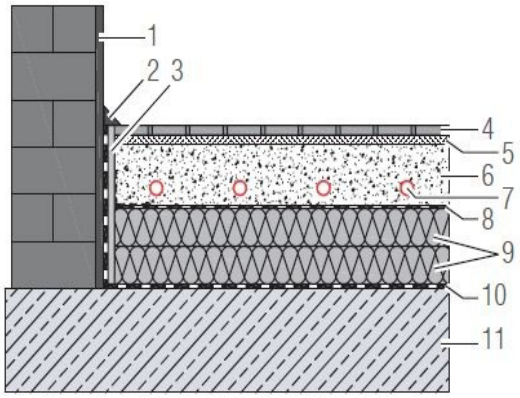
2. Podno grijanje

2.1. Način grijanja

Zagrijavanje zraka i ostvarivanje osjećaja ugode obavlja se uz pomoć zagrijanog građevinskog elementa – poda, preciznije gornjom površinom poda. Cijela površina poda grije zrak u prostoriji

uspostavom mehanizma prirodne konvekcije, ili šire gledano uspostavom prolaza topline od poda na zrak, tj. prijelaz topline kondukcijom i konvekcijom.

Izvedba poda, slika 2, prilagođena je zahtjevima podnog grijanja. Unutar poda su položene cijevi 7 kroz koje struji zagrijana voda, ona od izvora topline donosi potrebnu toplinu za zagrijavanje poda i tako održava površinu poda zagrijanom na određenu temperaturu. Toplinski tok poda treba usmjeriti prema gornjoj površini. Postiže se to dobrom toplinskom izolacijom (3 i 9), svih ostalih strana poda. Istovremeno se time smanjuju i gubitci topline koja bi kondukcijom bila provođena u neženjenim pravcima.



1.Unutarnja žbuka; 2. Kutna letvica; 3. Rubna izolacijska traka; 4. Podna obloga; 5. Podloga od morta; 6. Estrih; 7. Cijev; 8. Prekrivna folija; 9. Toplinska i zvučna izolacija; 10. Hidroizolacija (uvjetno); 11. Betonska ploča.

Slika 2. Konstrukcija poda kod podnog grijanja (shema REHAU)

2.2. Svojstva podnog grijanja

Podno grijanje je nisko temperaturni sustav grijanja, a najčešće se koriste temperaturni režimi vode 45/40 ^{0}C i 45/35 ^{0}C. Maksimalna temperatura vode koja se dozvoljava na ulazu u cijevi poda, prema DIN 4725, iznosi 50 ^{0}C. Upravo zbog niskih temperatura sustavi mogu ostvariti značajne uštede u procesu grijanja, a pogodni su za primjenu kondenzacijskih plinskih agregata i primjenu obnovljivih izvora energije.

Određene su i maksimalne površinske temperature podova, a date su u Tablici 1.

Tablica 1. Maksimalne površinske temperature podova

ϑ_{max} , ^{0}C	Zone grijanja
29	Boravišna zona
35	Rubna zona
33	Sanitarne prostorije

U boravišnoj zoni, Tablica 1, gdje se boravi često, ne smije se prekoračiti maksimalna površinska temperatura od 29 ^{0}C jer se time direktno narušava ugoda, a uočene su i određene fiziološke posljedice za čovjeka. Kod rubnih zona, gdje se rijetko boravi, dozvoljava se znatno veća maksimalna površinska temperatura (35 ^{0}C) čime se spriječava obrušavanje hladnog zraka niz unutrašnje stjenke vanjskih zidova. Osim zaštite zdravlja i osiguranja osjećaja ugode, ovim ograničenjima temperatura, postiže se zaštita poda od prevelikih dilatacija koje bi mogle dovesti do oštećenja.

Osim prethodno spomenutog, niske temperature podnog grijanja su primjenljive i dostatne iz razloga što se grijanje izvodi posredstvom cijele površine poda, tj. putem velike konvektivne površine. Nasuprot toga je kod grijanja uz pomoć radijatora konvektivna površina relativno mala pa je neophodna visoka temperatura površine radijatora.

2.3. Prednosti i nedostaci podnog grijanja

Za podno grijanje mogu se istaći slijedeće prednosti i nedostaci:

Prednosti:

- Skoro idealna raspodjela temperature,
- Nema podizanja prašine,
- Nema devastiranja izgleda prostorije,
- Dobar osjećaj ugode,
- Tromost.

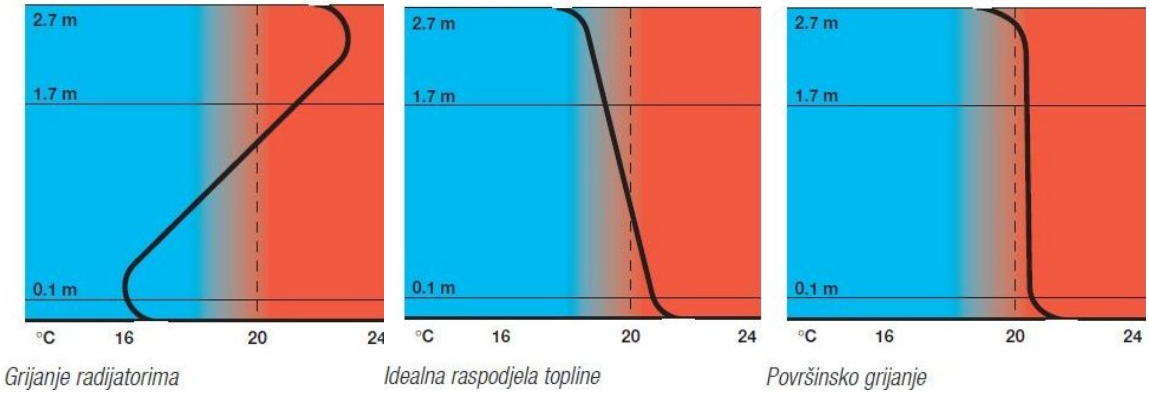
Nedostatci:

- Cijena,
- Složenost izvedbe,
- Zahtjeva kvalitetnu regulaciju,
- Izražena tromost kod početnog pogona.

Raspodjela temperature po visini prostorije kod sustava podnog grijanja je blizu idealne, slika 3. Razlika temperature između poda i visine čovjeka (oko 1,7 m) je do 2℃, dok je kod radijatorskog sustava više od 4℃.

Zbog male temperaturne razlike površine poda i zraka nema uzdizanja prašine u prostoriji kao ni devastacije izgleda prostorije s postavljanjem ogrjevnog tijela ispod prozora.

Tromost sustava podnog grijanja može biti i prednost jer pod grije prostor relativno duže vrijeme poslije isključivanja kotla, tj. bez zagrijavanja poda. Estrih u podu (6, sl.2) je akumulirao toplinsku energiju od izvora topline i može ju satima predavati prostoru. Problem tromosti podnog grijanja



Slika 3. Raspodjela temperature po visini prostorije [2]

posebno je izražen prilikom prvog uključivanja sustava grijanja, tj. puštanja u pogon (prvo paljenje grijanja). Tada su podovi potpuno hladni i potrebno je i po nekoliko sati da se zagriju i počnu predavati toplinu u prostor.

Cijena opreme i ugradnje, te složenost izvedbe sustava podnog grijanja je veća u usporedbi sa sustavom grijanja pomoću radijatora, a također izvođenje radova traje duže.

2.4. Zagrijavanje poda kod sustava podnog grijanja

Toplinska instalacija u podu dobiva toplinsku energiju od toplinskog agregata – kotla i dijelom predaje masi poda. Cjelokupna masa poda se zagrijava pa tako i gornja površina poda. Toplinski učinak kod sustava podnog grijanja, grijanje prostorije, postiže se uz površinsku temperaturu od 25 ℃ do 29 ℃. Proizlazi: veća masa poda koja se zagrijava znači i duže vrijeme za zagrijavanje.

Vrijeme zagrijavanja podne plohe τ_{zp} se približno može izračunati iz izraza:

$$\tau_{zp} = \frac{\sum Q_g}{Q_g}, \quad \text{h}$$

gdje je: $\sum Q_g$ – toplina koju trebao dovesti po jedinici površine, Wh/m^2; Q_g – toplinski učinak podne plohe, W/m^2.

U tablici 2. su dani neki primjeri inertnosti podnog sustava grijanja, u usporedbi s radijatorskim sustavom grijanja.

Tablica 2. Mase tipskih podova s vremenima zagrijavanja [1]

Podaci za 1 m^2 poda	Masa, kg/m^2	Toplinski kapacitet, kJ/m^2K	Toplina za zagrijavanje, $\sum Qg$, Wh/m^2
Izvedba mokri Estrih			
Parket 10 mm	9,0	18,0	95,0
Estrih s 40 mm iznad cijevi Ø 20 mm	96,0	100,8	826,6
Količina vode u cijevi na koraku 160 mm	0,8	0,8	15,1
Količina vode u cijevi Ø 20 mm, 1,9 l/m	1,14	3,4	52,9
Ukupno:	107,0	122,2	989,2
Vrijeme zagrijavanja: oko 10,5 h			
Izvedba suhi Estrih			
Parket 10 mm	9,0	18,0	95,0
Gipsana ploča 18 mm	16,0	13,4	145,0
Količina vode u cijevi na koraku 160 mm	0,8	0,8	15,1
Količina vode u cijevi Ø 20 mm, 1,9 l/m	1,14	3,4	52,9
Aluminijske lamele	1,5	1,4	15,6
Ukupno:	28,5	37,0	323,9
Vrijeme zagrijavanja: oko 3,5 h			
Usporedba s grijanjem čeličnim radijatorima (*)			
Čelični članici(bez priključaka)	6,0	-	31,3
Voda u radijatoru	3,9	-	168,0
Ukupno:	9,6	-	199,3
Vrijeme zagrijavanja: oko 1,9 h			

(*) – radijatori imaju jednak temperaturni režim (50/40°C), izvedbu prema DIN 4703, uz jednaki učinak članaka (oko 100 W) i geometriju koja to osigurava

3. Mjerenja kod jedne izvedbe sustava podnog grijanja

Glavna prednost podnog sustava grijanja jest približno jednaka temperatura plohe poda i zidova prostorije, pa je pretpostavka kako bi kratka provjetravanja prostorija trebala biti od malog utjecaja na osjećaj ugode i temperature u prostoriji.

Mjerenja koja su provedena kod jedne izvedbe podnog grijanja trebala su dati odgovor na pitanja:

1. Što se događa u prostoriji prilikom dužeg prozračivanja i ulaska veće količine hladnog zraka, i

2. Koliko je vremena potrebno nakon toga za ponovnu uspostavu željene temperature?

Mjerenja su provedena mjernom opremom u kojoj je: prijenosno računalo s potrebnim programom, slika 4, temperaturni senzor DS18S20 koji se preko RS232 priključka spaja na računalo, laserski IC termometar „RIDGID® micro IR-100“, slika 5, za mjerenje površinskih temperatura, te klasični živin termometar za mjerenje vanjske temperature.

Slika 4. Računalo i senzor temperature

Slika 5. IC termometar RIDGID

Prostorija u kojoj su mjerenja provedena bila je zagrijana na vrijednosti temperatura iz područja donekle zadovoljava, slika 1: temperatura zraka u prostoriji 24,0 ^{0}C; temperatura površine poda 29,0 ^{0}C; i temperatura zidova 22,5 ^{0}C. Vanjska temperatura zraka iznosila je 12 ^{0}C. Zbog potrebe mjerenja je zatim dva sata hlađena uz uspostavljeni propuh (otvorena dvoja vrata na terasi, jedan prozor na kipu, kod jednog otvoreno krilo), a grijanje u potpunosti isključeno. U mjerenoj prostoriji je ugrađen mokri Estrih u sustav podnog grijanja s keramičkom podnom oblogom, a koji se zbog velike mase Estriha ubraja u tromije sustave grijanja.

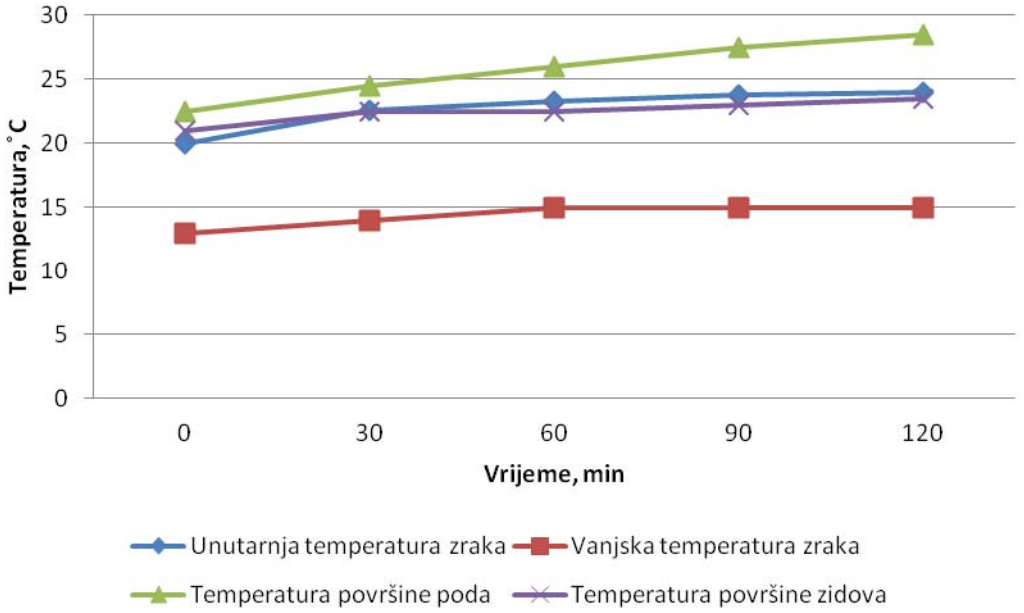
Nakon hlađenja i mjerenja trenutnih temperatura pri zatvorenim prozorima i vratima, uključeno je grijanje u 11:30 h, te započeto mjerenje temperature zraka u prostoriji. Mjerenje je trajalo 120 minuta. Senzor temperature je postavljen u sredini prostorije na visinu 1 m od poda i bilježio je vrijednosti svake minute. Temperature površine poda i zidova su mjerene ručnim IC termometrom svakih 1/2 h i uzimane su srednje vrijednosti.

Rezultati mjerenja prikazani su u Tablici 3, te dijagramski, slika 6. i slika 7.

Tablica 3. Temperature mjerenja u vremenskim intervalima

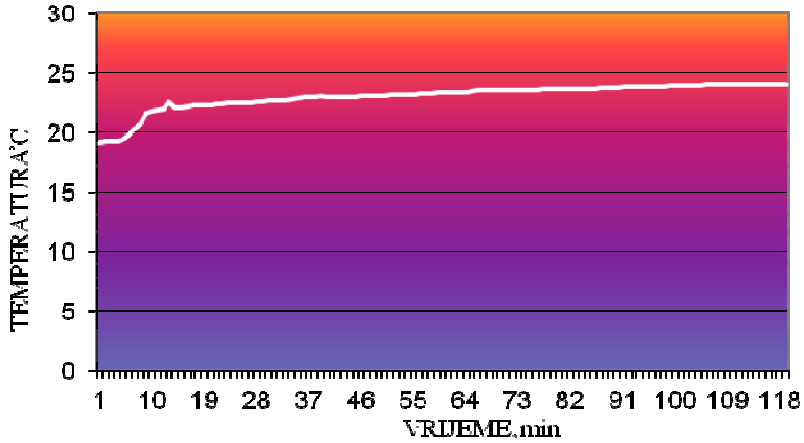
Vrijeme	11:30 h	12:00 h	12:30 h	13:00 h	13:30 h
Temperatura	ϑ, ℃	ϑ, ℃	ϑ, ℃	ϑ, ℃	ϑ, ℃
Vanjskog zraka	13,0	14,0	15,0	15,0	15,0
Unutarnjeg zraka	20,0	22,6	23,3	23,8	24,0
Površine poda	22,5	24,5	26,0	27,5	28,5
Površine zida	21,0	22,5	22,5	23,0	23,5

Mjerenja su pokazala da je početno stanje od 24℃, koje je bilo cilj dobiti nakon hlađenja, ugrađeni sustav grijanja uspio postići u vremenu 98 minuta i nadoknaditi razliku u temperaturi od 4℃.



Slika 6. Dijagramski prikaz vrijednosti izmjerenih temperatura

Dijagram, slika 7, pokazuje da je temperatura već nakon 15 minuta bila vrlo ugodnih 22℃, a poslije toga uz blagi rast dostigla traženih 24℃. Ovakvo brzo zagrijavanje zraka se može objasniti time što su površine koje okružuju zrak u prostoriji nakon hlađenja imale veću temperaturu od samog zraka. Kada se sustav grijanja ponovno uključio, pod se relativno brzo zagrijavao, jer je već imao akumulirane topline i relativno brzo postigao temperaturu potrebnu za toplinski učinak grijanja zraka iznad sebe.



Slika 7. Dijagramski prikaz promjene vrijednosti temperature zraka u vremenu

Malu pomoć je sustav grijanja imao od vanjske okoline zbog rasta vanjske temperature u prvih 60 minuta mjerenja za 2℃ i time smanjila toplinske gubitke prostorije. Unatoč unesenih poremećaja u

zagrijanost zraka u prostoriji osjećaj ugode je ostao prisutan i nakon rashlađivanja, kao i za cijelo vrijeme ponovnog zagrijavanja.

3. Zaključci

Podni sustav grijanja ima stanovitu prednost u odnosu na druge sustave grijanja zbog ostvarivanja visokog osjećaja ugode u prostoru, što može opravdati i nešto veću cijenu opreme. Mjerenja su dokazala da su temperature zraka u prostoriji i ploha koje ju omeđuju približno jednake, a što je glavni uvjet ostvarivanja osjećaja ugode u prostoru. Plohe koje omeđuju prostor akumuliraju toplinsku energiju i omogućavaju dugo odavanje toplinske energije u prostor i održavanje te ugode.

Osjećaj ugode neće se značajno promijeniti niti dugim provjetravanjem prostorije. Ista mogu sniziti temperaturu ploha za nekoliko stupnjeva, a za ponovno dogrijavanje potrebno je 15 do 30 minuta.

Podni sustav grijanja ima izraženu inertnost samo prilikom početka grijanja, ili potpunog ohlađivanja poda, kada se cijela površina poda mora ugrijati. Tijekom sezone grijanja pod se samo dogrijava. Upravo inertnost ovog sustava grijanja je i prednost sustava kada je već u pogonu, jer polako odaje toplinu čak i ako se sustav isključi.

4. Literatura

[1] Pavić, Z.: Sustavi površinskog grijanja i hlađenja, Energetika marketing, Zagreb, 2002.

[2] - : Brošura tehničke informacije površinsko grijanje i hlađenje, Rehau, Zagreb, 2009

[5] Proizvodni program elektroničkih regulatora tvrtke Danfoss. Dosupno (08.06.2010.) na: http://grijanje.danfoss.com/xRangeA/0_MNU17411598_SIT48.html.

[6] http://www.centrometal.hr/kotlovi_na_kruto_gorivo.php(08.06.2010.)

[7] - : *Tehnička dokumentacija*, Viessmann, 2007. Dostupno (07.06.2010.) na: http://www.viessmanndoc.com/PDF/2008/1-INFORMACIJSKI%20LISTOVI/4-VITOPEND/1-100-W%20WH1B/5837_357-1_01-2007.pdf

[8] - : Katalog pločastih radijatora tvrtke Vogel&Noot. Dostupno (07.06.2010.) na: http://www.vogelundnoot.com/downloads/flachheizkoerper_vogelundnoot_broschuere.pdf

[9] Jasparica, D.: Proračun sustava grijanja prema novoj EN 12 831. Dostupno (30.06.2010.) na: http://www.beohamex.co.rs/clanci.html

Analiza doprinosa spremnika topline stabilnosti i učinkovitosti niskoakumulativnih objekata s pogonom termoenergetskog postrojenja na biomasu

A. Čikić[1,*]

[1]Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Trg E. Kvaternika 4, HR- 43000 Bjelovar
[*]e – mail: acikic@vtsbj.hr

Sažetak

Mala vremenska konstanta i termofizikalna karakteristika niskoakumulativnih objekata izrazito povećavaju osjetljivost unutarnje temperature na vanjske, naročito nagle, mikroklimatske promjene. Obrnuto proporcionalna brzina grijanja i hlađenja objekta značajno smanjuje učinkovitost toplifikacijskog sustava i ekonomičnost proizvodnje.Kontinuiranim mjerenjima niza termotehničkih i tehnoloških parametara u zimskom razdoblju i prilagođenom softverskom podrškom cjelovito je analiziran doprinos spremnika topline stabilnosti grijanja i minimalnoj potrošnji biomase. Istaknuta je kompenzacijska uloga spremnika u hidrauličkoj ravnoteži primarnog i sekundarnog kruga mase ogrjevnog medija. Kvantificiranim dijagramima prikazana je minimalna vremenska oscilacija toplifikacijskog sustava u odnosu na vanjske mikroklimatske uvjete i pokretanje termoenergetskog postrojenja.Izravna primjena rezultata provedenih istraživanja doprinosi racionalnijem projektiranju i većoj učinkovitosti toplifikacijskih sustava niskoakumulativnih objekata različitih i strogih tehnoloških zahtjeva.

Ključne riječi: spremnik topline, niskoakumulativni objekti, stabilnost, učinkovitost, biomasa.

Summary

Low time constant and thermo-physical characteristic of low accumulation facilities considerably increase the sensitivity of internal temperature to external, particularly dramatic microclimate changes. The inverse relationship between heating and cooling rate of the facility significantly reduces the heating system efficiency as well as the economical quality of production. Continuous measurements of a number of thermo-technical and technological parameters were taken during the winter period and a software support, in modified form, was used so as to completely analyse the contribution of the heating tank to heating stability and to minimal biomass consumption. It was emphasised that the tank has a compensatory part in hydraulic balance of primary and secondary mass cycle of a heating medium. Quantification graphs were used to illustrate minimal time oscillation of the heating system in relation to external microclimate conditions and putting the

boiler-shop into operation. Practical application of the findings resulting from the study contributes to the more effective designing and highly efficient heating systems of low accumulation facilities with strict and various technological requirements.

Key words: heating tank, low accumulation facilities, stability, efficiency and biomass.

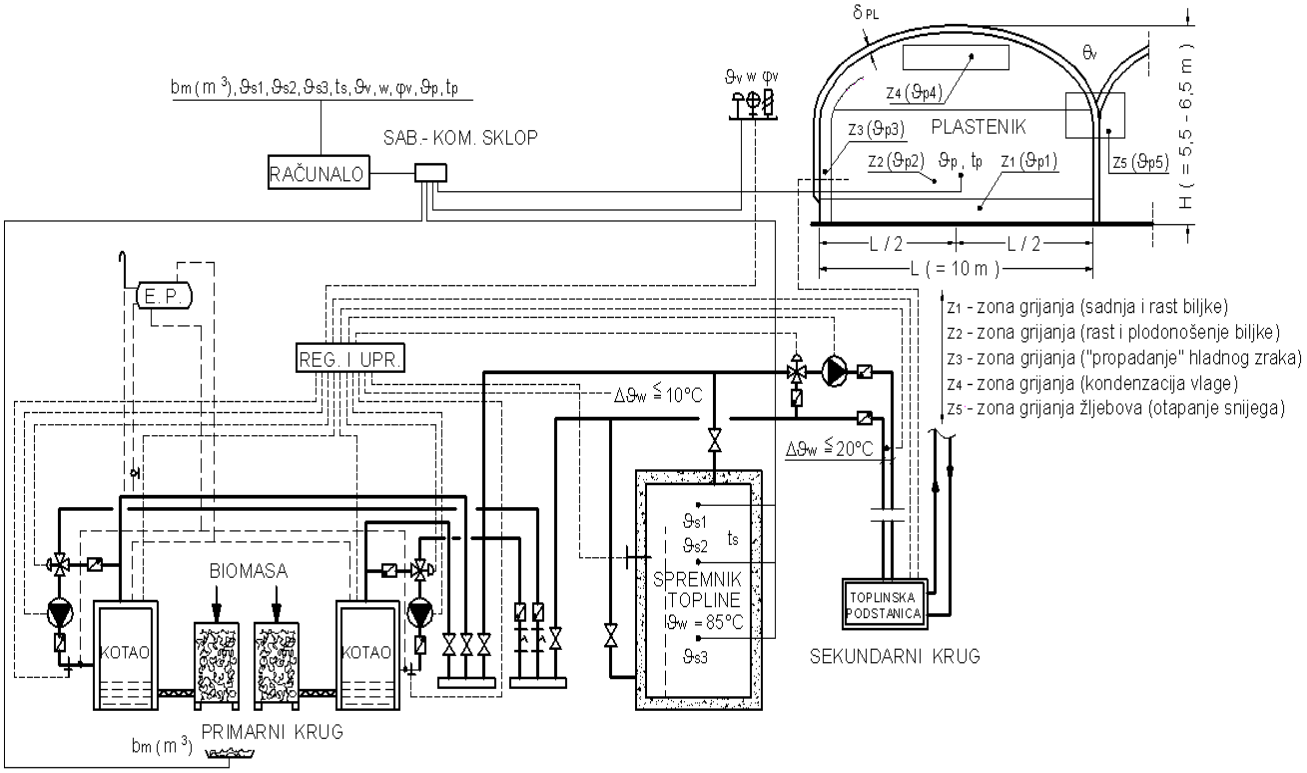
1. Uvod

Nije moguće učinkovito grijati cjeloviti prostor velikih niskoakumulativnih objekata (plastenika) i cjelogodišnje ekonomično intenzivno proizvoditi razne vrste povrća, voća ili cvijeća. Često se, zbog konvektivnih toplifikacijskih sustava kojima se grije prostor objekta, proizvodni ciklus ograničava na topliji dio godine, kada su troškovi grijanja manji što značajno smanjuje njihovu ekonomičnost i kakvoću ponude na tržištu. Velika osjetljivost plastenika na promjene vanjskih mikroklimatskih uvjeta s izravnim utjecajem na varijabilnost unutarnje temperature zraka onemogućava egzaktni termodinamički proračun primjenjiv za izvedbu racionalnih sustava grijanja. Mala termofizikalna karakteristika ($\rho \cdot \lambda \cdot c$) oplošja objekta, vjetrovitost, oblačnost, orijentacija, stupanj refleksije – apsorpcije vanjskih površina izloženih sunčevom djelovanju, vrijeme i učestalost smanjenja ili prekida dovođenja topline izravno utječu na toplinsku reakciju plastenika (vremenska konstanta), a time na održavanje podešene vrijednosti unutarnje temperature zraka u zoni uzgoja i plodonošenja biljke. Višekratnim proračunom brzine grijanja odnosno hlađenja uvažavajući promjenjivost dominantnih utjecajnih parametara utvrđene su toplinske potrebe, a praktičnom izvedbom zonskih sustava toplovodnog grijanja (zone 1, 2, 3, 4, 5 – slika 1.) postignuta je racionalna potrošnja toplinske energije, odnosno biomase za dva promatrana agrotehnološka objekta. Zbog male vremenske konstante i termofizikalne karakteristike objekata, te velike inercije sekundarnog toplovodnog sustava, kod učestalo izraženih, ponekad i naglih, promjena mikroklimatskih uvjeta u jutarnjim i/ili večernjim satima, potrebna je veća brzina odziva i spremnost termoenergetskog sustava za dostizanje, održavanje i stabilnost unutarnjih različitih temperatura zraka u zonama grijanja. Predložena je ugradnja akumulacijsko – kompenzacijskog spremnika sa svrhom ublažavanja ili otklanjanja naglih promjena unutarnje temperature zraka uz istovremeno održavanje hidrauličke i termotehničke ravnoteže između primarnog i sekundarnog toplinskog kruga.

2. Objekt i metoda istraživanja

Istraživanja su provedena u dva agrotehnološka objekta korisne uzgojne površine P1 = 7000 m^2 (kontinentalno područje RH) i P2 = 20000 m^2 (srednjoeuropska zemlja EU). Pogonsko gorivo oba termoenergetska sustava je biomasa (različite vrste drvnog otpada), a između primarnog i

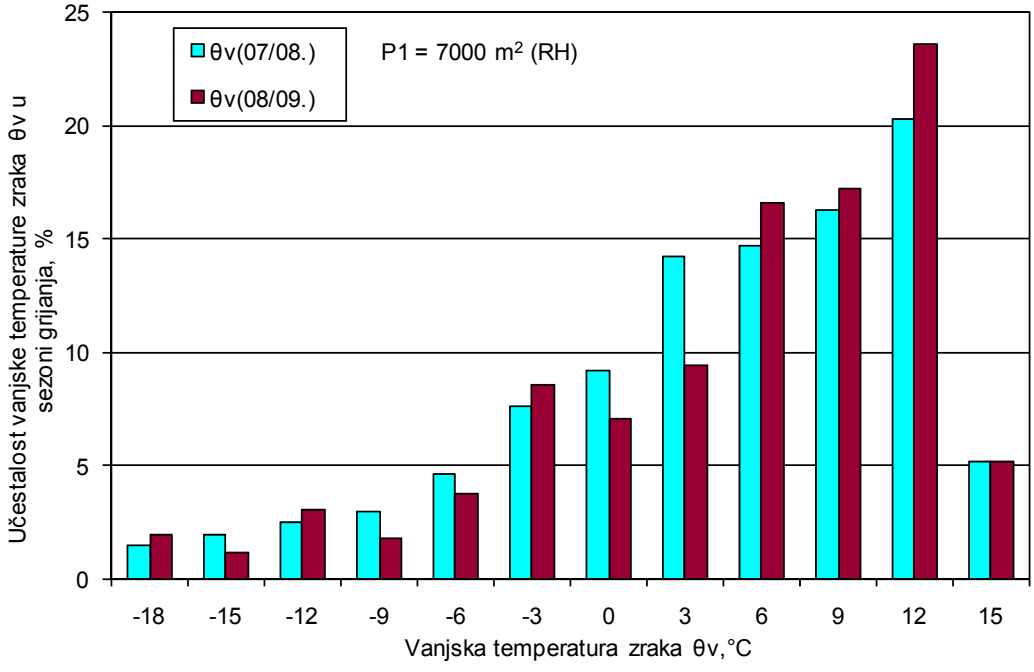
sekundarnog toplinskog kruga ugrađeni su spremnici topline volumena V_1 = 10000 litara (P1) i V_2 = 50000 litara (P2). U objektu P1 intenzivno je uzgajana rajčica, a u objektu P2 razne vrste rezanog cvijeća kod kontroliranih tehnoloških i mikroklimatskih uvjeta sa režimom promjene unutarnje dnevne temperature zraka u zoni uzgoja biljaka (P1: $\theta_{p,dan} \approx 20°C$, $\theta_{p,noć} \approx 13°C$; P2: $\theta_{p,dan} \approx 21°C$, $\theta_{p,noć} \approx 14°C$). Sustavom automatske regulacije i upravljanja kontinuirano su sa promjenjivim režimom rada održavane podešene vrijednosti tehnoloških i mikroklimatskih parametara u oba proizvodna objekta, povezani s pogonskim uređajima termotehničkih i tehnoloških instalacija i postrojenja. Shema toplovodnog sustava za objekte P1 i P2 prikazana je na slici 1. Omjer mase ogrjevnog medija u toplovodnom sustavu između primarnog i sekundarnog kruga u objektu P1 ≈ 1 : 8, a u objektu P2 ≈ 1 : 11 (bez spremnika topline). Pokusnu opremu za ispitivanje doprinosa spremnika topline stabilnosti i učinkovitosti objekata činili su: mjerne sonde, sabirno – komunikacijski sklop, odgovarajuća ožičenja, te središnji sustav za prijam i obradu mjerenih signala. Shematski prikaz eksperimentalnog sustava također je prikazan na slici 1. Mjerna mjesta su tako odabrana da se omogući što preciznije praćenje stanja i promjena pojedinih utjecajnih parametara tijekom dvije sezone grijanja (2007/08. i 2008/09.).



Slika 1. Shematski prikaz toplifikacijskog sustava niskoakumulativnih agrotehnoloških objekata P1 i P2. Shematski prikaz instalirane opreme za pokusna mjerenja

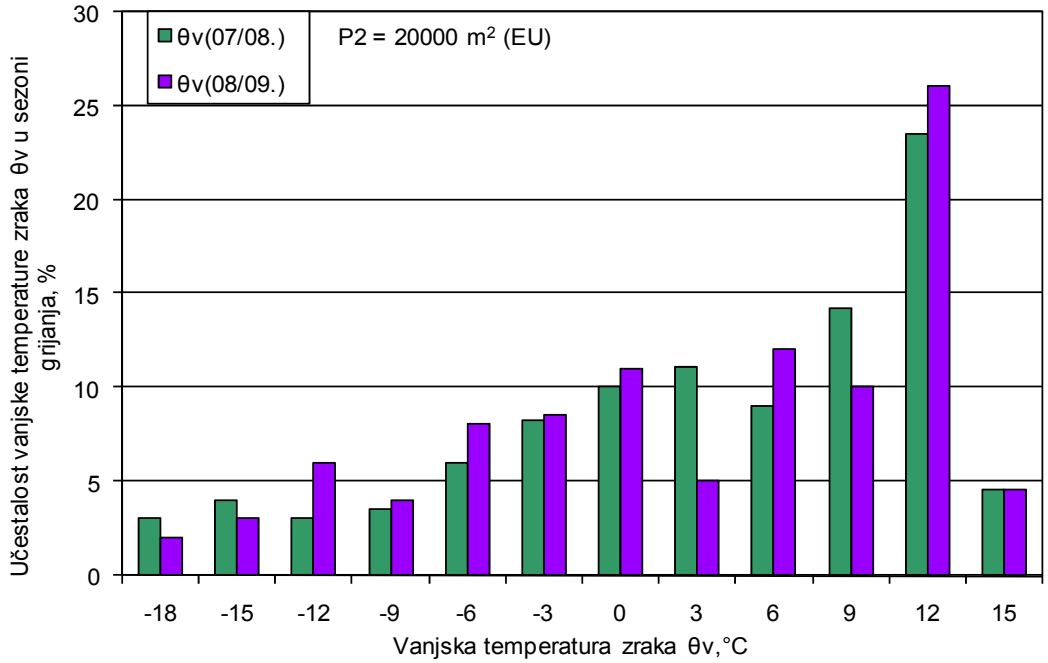
Pomoću šest temperaturnih osjetnika raspoređenih unutar plastenika mjerena je unutarnja temperatura zraka θ_p na visini 0,6 – 1,0 m od uzgojne površine, a vanjske mikroklimatske promjene registrirane su internom meteorološkom stanicom svakog objekta (vanjska temperatura zraka θ_v, relativna vlaga zraka φ_v, brzina vjetra w). Promjena temperature vode mjerena je pomoću tri uronjena osjetnika (θ_{s1}, θ_{s2}, θ_{s3}) ugrađena na približno jednakoj udaljenosti po visini spremnika. Registrirano je vrijeme t_p postizanja unutarnje vrijednosti temperature zraka θ_p od njene minimalne dozvoljene vrijednosti koristeći akumuliranu toplinsku energiju u spremniku topline. Istovremeno je izmjereno vrijeme t_s snižavanja srednje vrijednosti ogrjevnog medija u spremniku topline (θ_{s1} + θ_{s2} + θ_{s3})/3 za oko 35 do 45°C od početne vrijednosti (oko 80° do 85°C), neposredno prije uključivanja termoenergetskog postrojenja. Preko zaslona monitora povremeno su vizualno praćene trenutno izmjerene vrijednosti utjecajnih parametara i njihove promjene u određenim vremenskim intervalima. Svakodnevno je izračunata potrošnja biomase V_{bm} u m^3, prosječne nasipne gustoće $\rho_{bm} \approx 350$ kg/m^3 i srednje donje ogrjevne vrijednosti $H_d = 9700$ kJ/kg. Za srednji stupanj učinkovitosti termoenergetskog postrojenja, transporta i izmjene toplinske energije $\eta \approx 0{,}78$ računski je utvrđena potrošena toplinska energija u pojedinim vremenskim intervalima t pri različitim vanjskim temperaturama zraka u sezoni grijanja prema relaciji: $Q = V_{bm} \cdot \rho_{bm} \cdot H_d \cdot \eta \cdot t$.

3. Rezultati mjerenja i sistematizacija podataka



Slika 2. Učestalost vanjske temperature zraka θv, °C – područje RH (P1)

Na slikama 2. i 3. prikazana je učestalost vanjske temperature zraka od -18° do +15°C tijekom 197 dana trajanja sezone grijanja pri uzgoju agrokultura u dva promatrana objekta smještena u različitim geografskim područjima. Uz promjenjiv faktor oblačnosti i dnevne insolacije učestalost niskih vrijednosti vanjske temperature zraka (-9°do -18°C) kretale su se oko 12 do 19 dana sezone grijanja.

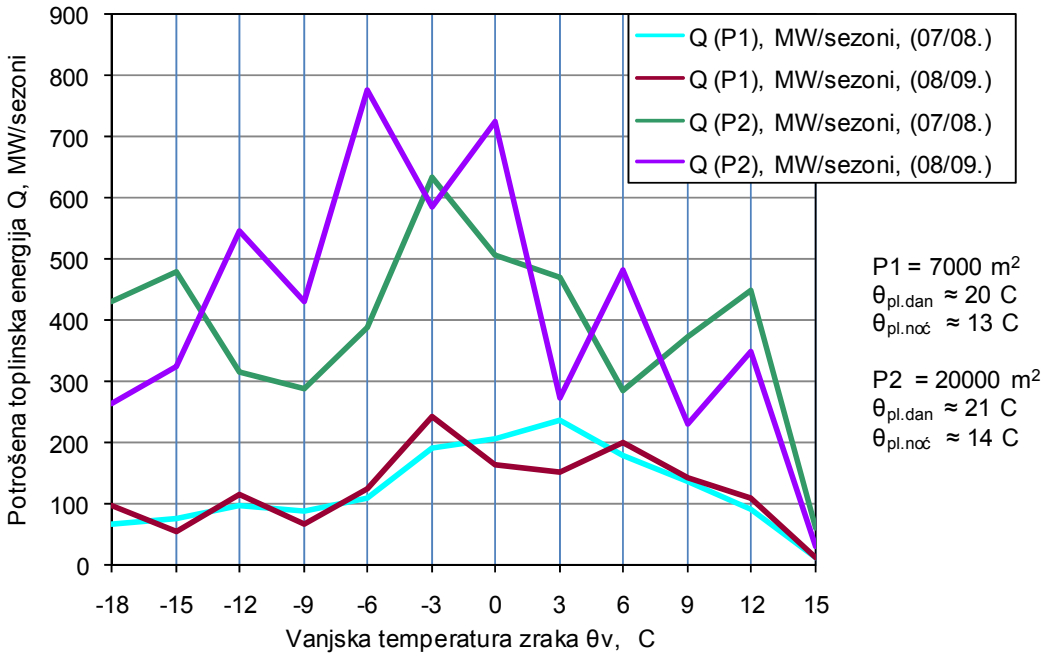


Slika 3. Učestalost vanjske temperature zraka θv, °C – područje EU (P2)

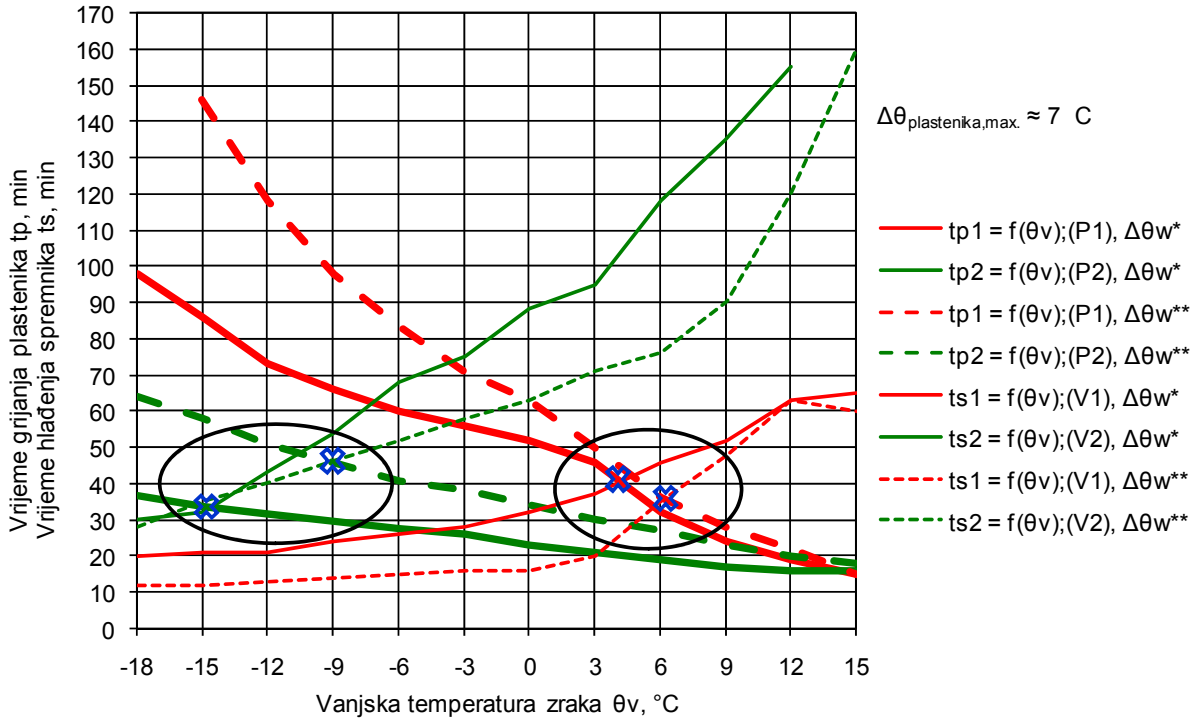
Ovisno o učestalosti vanjske temperature, dijagramski je na slici 4. prikazana potrošena toplinska energija u sezoni grijanja za postizanje i održavanje regulirane temperature unutarnjeg zraka danju i noću u zonama grijanja i intenzivnog uzgoja biljaka. Oko tri je puta veća ukupna potrošnja toplinske energije objekta P2 od P1 kod različitih tehnoloških uvjeta regulacije i održavanja unutarnje temperature zraka.

Kvantificirane vrijednosti brzine postizanja unutarnje dnevne od snižene noćne temperature zraka θ_p ili od njene minimalne dopuštene vrijednosti ($\Delta\theta_p \leq 7°C$) dijagramski su prikazane na slici 5.

Odgovarajućim krivuljama prikazano je vrijeme t_s hlađenja ogrjevnog medija korištenjem akumulirane toplinske energije iz spremnika topline za postizanje dnevne unutarnje temperature θ_p pri različitim vanjskim temperaturama zraka θ_v. Karakterističnim područjem i točkama presjecišta krivulja t_{p1} i t_{s1} te t_{p2} i t_{s2} utvrđen je vremenski interval uključivanja termoenergetskog postrojenja pri minimalnoj akumulacijskoj sposobnosti spremnika topline.



Slika 4. Potrošena toplinska energija Q = f (θv) u sezoni grijanja



$\Delta\theta w^{*}$ - srednja temperatura vode u sekundarnom ogrjevnom krugu niža za 16° – 18°C od potrebne radne temperature u trenutku uključivanja cirkulacijske pumpe

$\Delta\theta w^{**}$ - srednja temperatura vode u sekundarnom ogrjevnom krugu niža za 40° – 45°C od potrebne radne temperature u trenutku uključivanja cirkulacijske pumpe

Slika 5. Brzina grijanja/hlađenja objekata P1 i P2 te spremnika topline V1 i V2

4. Analiza rezultata

Tijekom provedenih mjerenja u sezonama grijanja 07/08. i 08/09. oštriji su bili mikroklimatski uvjeti na lokaciji objekta P2 u odnosu na lokaciju objekta P1, što je izraženo kroz veću učestalost niskih vanjskih temperatura zraka, ispod -6°C. Pri najnižim vanjskim temperaturama zraka (od -12° do -18°C) kumulativno se potroši oko 16 do 26 % od ukupno potrošene toplinske energije u sezoni grijanja. Kvantificirane vrijednosti prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Potrošnja toplinske energije i biomase

Učestalost θ_v, °C	Sezona gr.	Q, MW/sezoni	G_{bm}, tona	Sezona gr.	Q, MW/sezoni	G_{bm}, tona
Objekt P1 = 7000 m^2 (RH), $\theta_{p.dan} \approx 20$°C, $\theta_{p.noć} \approx 13$°C						
-18° do -12°	07/08.	242,5	115,4	08/09.	265,9	126,5
-11° do -3°		389,6	185,4		434,1	206,6
-2° do +15°		869,6	413,8		783,6	372,8
Ukupno: Q, G_{bm}		1501,7	714,6		1483,6	705,9
Objekt P2 = 20000 m^2 (srednjoeuropska zemlja EU), $\theta_{p.dan} \approx 21$°C, $\theta_{p.noć} \approx 14$°C						
-18° do -12°	07/08.	1225	582,9	08/09.	1139	541,9
-11° do -3°		1310	623,3		1795	854,1
-2° do +15°		2144	1020,2		2093	995,9
Ukupno: Q, G_{bm}		4679	2226,4		5027	2391,9

Uključivanje termoenergetskog postrojenja provodi se kod θ_v između -9° i -15°C za objekt P2 te +3° do +6°C za objekt P1 ovisno o trenutnoj srednjoj vrijednosti temperature ogrjevnog medija u sekundarnom krugu grijanja (slika 5.)

5. Zaključak

Spremnik topline značajno doprinosi stabilnosti i učinkovitosti niskoakumulativnih objekata sa diskontinuiranim toplinskim opterećenjem tijekom sezone grijanja pri intenzivnoj proizvodnji agrokultura. Provedenim istraživanjima uočena je mala akumulacija topline spremnika V1 (P1), a ekonomična spremnika V2(P2). Dodatnom numeričkom simulacijom i softverskom prilagodbom, rezultati pokusnih mjerenja mogu doprinijeti optimalnom toplinskom i hidrauličkom dimenzioniranju spremnika topline sa svrhom proizvodne učinkovitosti i ekonomičnosti te minimalne potrošnje pogonskog goriva.

6. Literatura

[1] Čikić, A.; Ekonomično nisko temperaturno grijanje plastenika, EGE, 4/2007., 48 – 53, Zagreb
[2] Energy Conservation for Commercial Greenhouse, ISBN: O – 9358 17 – 74 – 3, 84 pages, New York, 2003.
[3] Greenhouse Engineering, ISBN: O – 9358 17 – 57 32, 212 pages, New York, 2005.
[4] Nelson, P.V., Greenhouse Operation and Management, 6th Edition, ISBN: 0 – 13 – 010577 – 5, 692 pages, New York, 2006.

Utilization of Natural Gas for Heating Cooling and Air-Conditioning Systems of Buildings

B. Pavković

Faculty of Engineering, University of Rijeka, Vukovarska 58, HR-51000 Rijeka, Hrvatska

Corresponding author. E-mail: branimir.pavkovic@riteh.hr

Abstract

The paper presents engineering, energetic and economic analyses of building thermal systems driven by natural gas. Attention has been paid to system design, real possibilities and limits of gas application as well as to market conditions influencing equipment prices and operational costs. Analyses comprise application of condensation boilers, compression and absorption chillers and heat pumps, as well as cogeneration systems for simultaneous production of heating and electricity (CHP) and systems for simultaneous production of cooling, heating and electricity (CCHP) with gas turbine or gas engine. Possibilities and limits for increasing the energy efficiency of considered systems are presented. The need for integral approach to the building and HVAC system design and optimization with aim to achieve optimal life cycle costs is pointed out through practical examples. Cost analysis is based on real operation conditions and described in examples of calculations.

Keywords: Natural gas, HVAC systems, CHP, CCHP.

1. Introduction

The feasibility of natural gas utilization for HVAC applications is strongly influenced by dynamic behavior of the system. Although some applications seem feasible when the system operates in nominal capacity, their feasibility becomes questionable when all year round operation is considered. Total system costs should be carefully analyzed for a system lifecycle and design should be adjusted to maximum efficiency in expected operating conditions in order to achieve maximum benefit for a consumer in terms of economics, as well as thermal comfort. Some features will be discussed in the following text for heating and cooling systems, cogeneration systems for simultaneous production of heating and electricity (CHP) and systems for simultaneous production of cooling, heating and electricity (CCHP).

2. Heating by combustion of natural gas

Natural gas heating by combustion can be provided by means of gas infrared gas heaters as well as with standard, low temperature and condensation gas boilers connected to heat distribution system.

2.1. Infrared heating

The most important advantage of infrared radiant heating is that the internal air temperature of heated space can be lower than in the case of convective heating. Operative temperature ϑ_o influencing human comfort depends on average air temperature in the room ϑ_a and average temperature of all surfaces within the room ϑ_r (including heater surfaces) and it is expressed as

$$\vartheta_o = a\,\vartheta_a + (1-a)\,\vartheta_r \qquad (1)$$

where coefficient a depends on air velocity within the room. For air velocities lower than 0,2 ms^{-1} it assumes value a = 0,5. For air velocities between 0,2 and 0,6 ms^{-1} it assumes value a = 0,6 and for higher air velocities within the heated room it becomes a = 0,7. When radiant heat sources like infrared heaters are used, the air temperature can be lower, while operative temperature can still remain within desired limits due to higher temperatures of heating surfaces. The consequence is lower annual energy consumption of the building and lower gas consumption.

Another advantage of radiant heating systems is possibility for heating the separated areas within the entire space which is not completely heated. That is the case of heating small working areas in big factory halls, which also leads to decreased energy consumption compared to convective heating.

Due to the absorption of radiated heat in floors, such systems have some favorable features of floor heating. The most important is that vertical temperature distribution over the entire space heated by infrared heaters is uniform providing thus thermal comfort in entire space. That is important when people work on higher levels of industrial halls, hangars etc.

All those advantages lead to significant energy savings in industrial and limited number of comfort heating applications.

It has to be mentioned that flue gas of high temperature radiant heating systems remains in the room and has to be eliminated by proper air exchange, which causes significant heat consumption. Flue gas produced by low temperature radiant heating system is removed from the space by chimney. In both cases the latent heat of water vapor in flue gas can not be considered as useful.

2.2. Boiler heating

Gas boilers have higher efficiencies compared to boilers with liquid or sold fuels due to lower needs for excess air, which is necessary for proper mixing of fuel and air. Too much excess air dilutes flue gas excessively, lowering its heat transfer temperature and increasing sensible flue gas loss. Traditionally designed gas boilers operate without condensing the flue gas in the boiler in order to prevent corrosion of cast-iron, steel or copper parts of the boiler. Such boilers operate with water temperatures higher than 60°C. Condensing boilers allow the flue gas water vapor to condense and thus the efficiency is increased (Fig. 1).

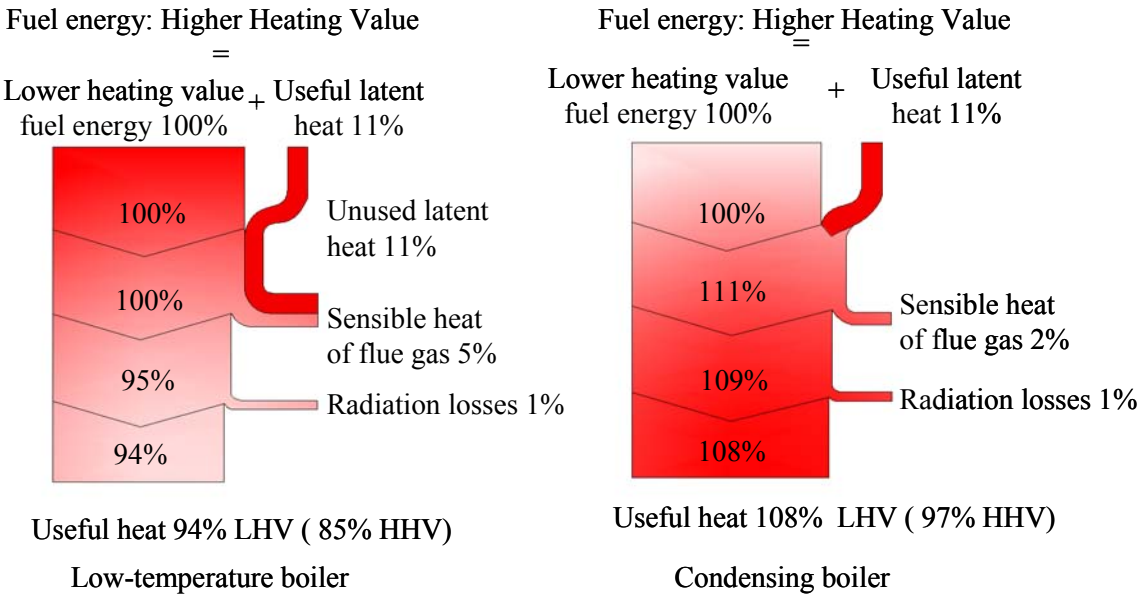


Figure 1. Usual efficiencies for low temperature and condensing boilers related to lower heating value (LHV) and higher heating value (HHV) of the fuel

The efficiency of the condensing boiler depends on inlet water temperature, which further depends on heat emission system design and control strategy for dynamic operation conditions. Change of the condensing boiler efficiency with inlet water temperature is presented on Fig. 2 [1]. It can be seen that the dew point of flue gas produced by combustion of natural gas is approximately at 57°C. At lower water inlet temperatures the efficiency increases. For inlet temperature close to 30°C it reaches 97% expressed in terms of HHV, which is comparable to data presented at Fig. 1.

Water temperature depends on features of heat distribution system. When radiators are used, usual temperatures for design conditions are 90 °C at boiler outlet and 70 °C at boiler inlet (red lines at Fig. 3). Example presented at figure 3, for location Rijeka – Hrvatska, indicates that in the case of

controlled boiler outlet temperature with above mentioned design temperatures condensation can be utilized partially above temperature ϑ_1 and completely above temperature ϑ_2.

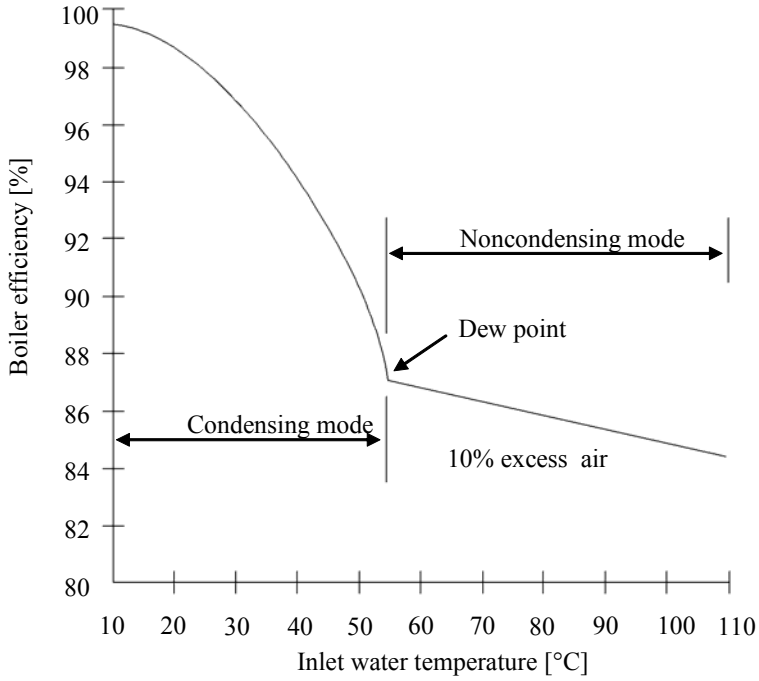


Figure 2. Effect of inlet water temperature on efficiency of condensing boilers [1]

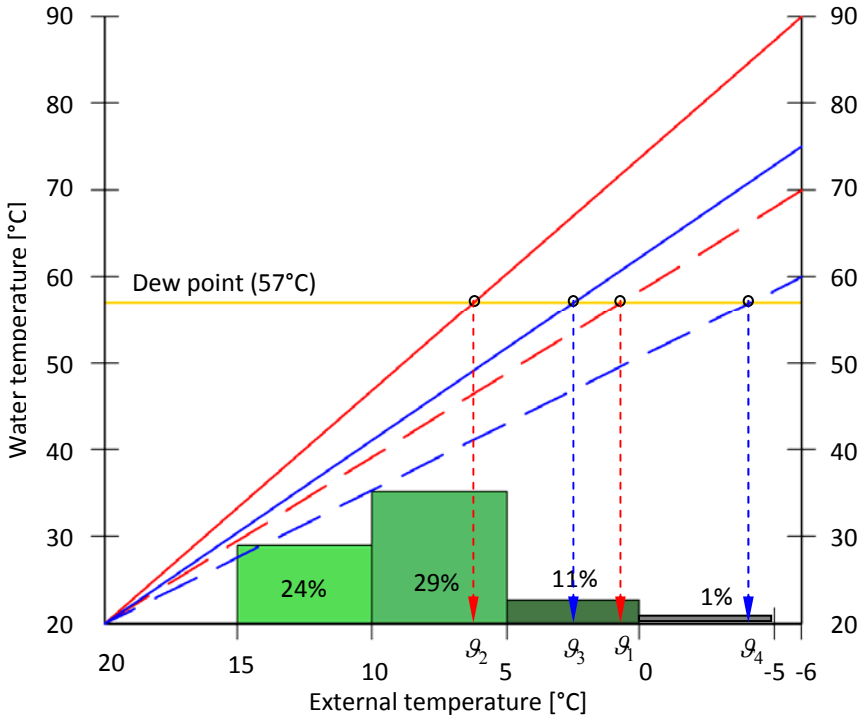


Figure 3. Change of supply and return water temperature with external air temperature for systems 90/70 °C and 75/60°C (Location Rijeka Hrvatska)

Total heat consumption of the heated building, presented on Figure 4, is proportional to the area limited by degree day curve (which represents number of days during the year with temperatures lower than one chosen on the abscissa) and temperature of the heated space (20°C) for all days with temperatures lower than the heating limit (15°C). With known temperature distribution the share of heat produced within selected temperature bins (eg. -5-0°C, 0-5°C, 5-10°C and 10-15°C) can be calculated. Results are presented as columns in Figure 3. Analysis shows that the grey area in diagram Fig. 4 represents the heat produced without condensation and green area is equivalent to the heat produced with condensation, which also means with higher efficiency.

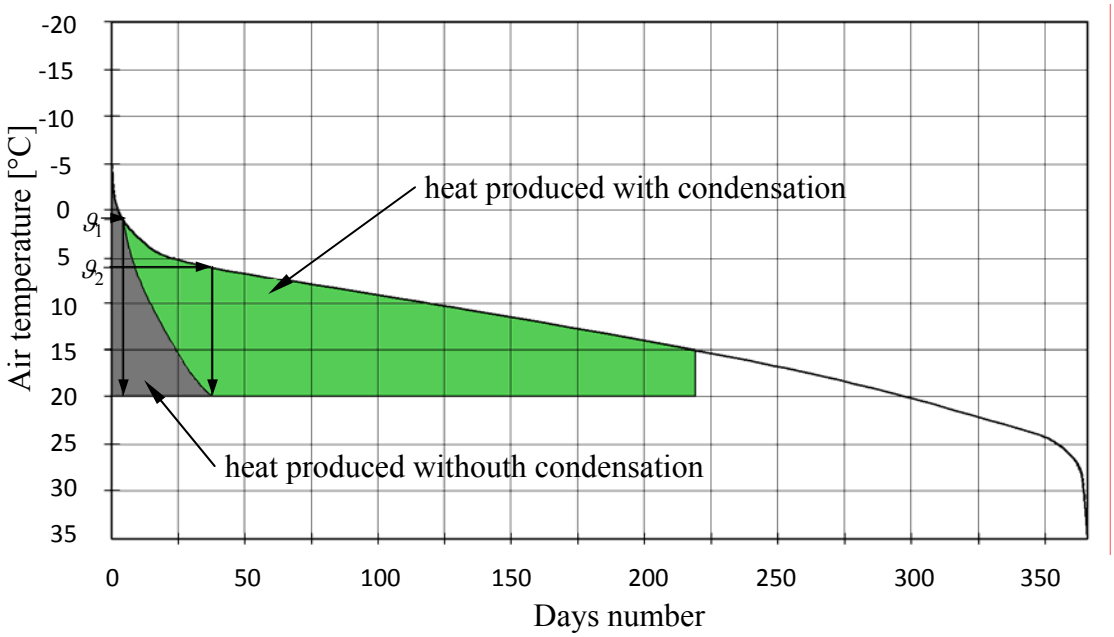


Figure 4. Share of heat produced in condensing mode in total heat production for heating system 90/70°C (Location Rijeka Hrvatska)

The radiator heating system can be designed for lower design temperatures, e.g. 75 °C at boiler outlet and 65 °C at boiler inlet (blue lines at Fig. 3). In existing installations usual case appears that radiators are oversized. In that case operation with lower temperatures (e.g. 75/60°C) is possible although the design was done for higher temperatures. In such a case condensation can be utilized partially above temperature ϑ_4 and completely above temperature ϑ_3. Thus, higher share of the heat produced with condensation in total heat production can be achieved (Fig. 5). Knowledge of degree day curve is important when decision on replacement of the existing standard boiler with condensing boiler has to be done for existing building. When low temperature heat distribution

systems (fan coils or floor heating) are used, utilization of condensation is possible during the entire heating season, as the boiler outlet temperature never exceeds condensation limit 57°C.

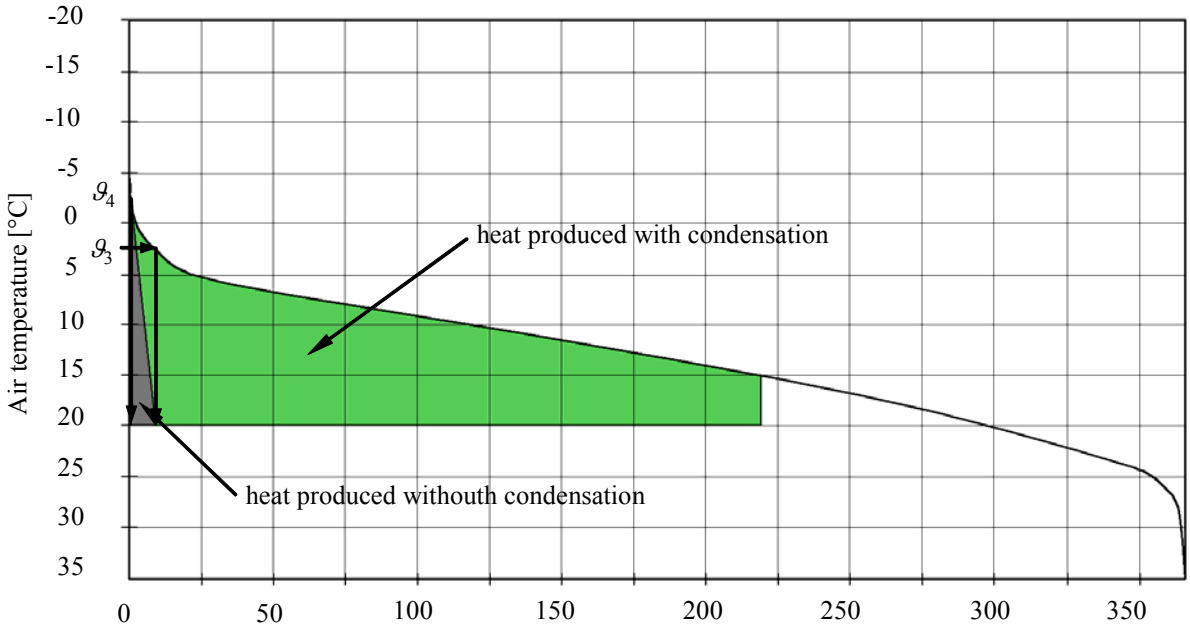


Figure 5. Share of heat produced in condensing mode in total heat production for heating system 75/60°C (Location Rijeka Hrvatska)

Some of condensing boilers are designed with two return water connections, one which is closer to flue gas outlet is used for low temperature return (e.g. floor heating) and another one, in the area of flue gasses with higher temperature is used for higher temperature return (e.g. from consumption water heating). In that way better efficiency and deeper cooling of flue gases is enabled.

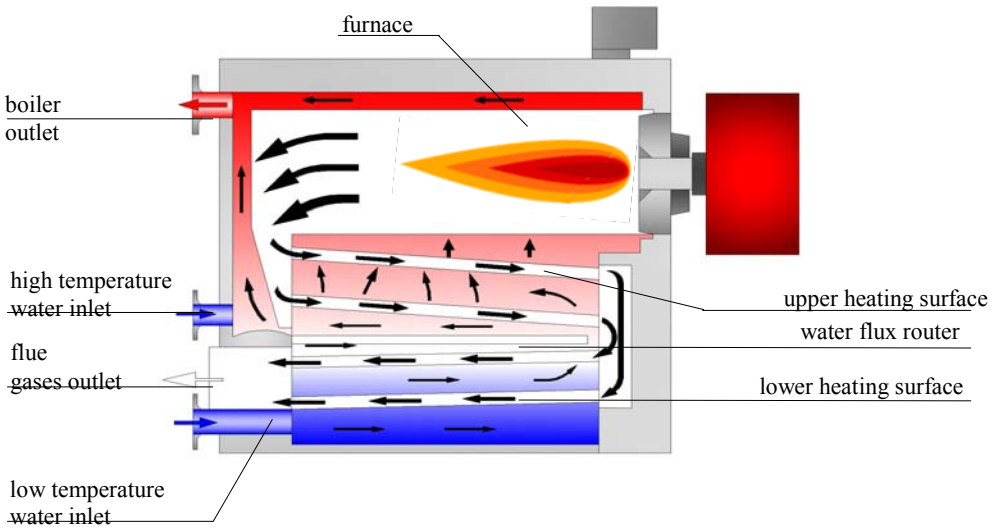


Figure 6. Design of the condensing boiler for better efficiency [2]

Condensing boiler application is feasible, also compared with other heating technologies. Some results calculated within the framework of analysis of typical measures for energy savings performed for UNDP Energy efficiency project [3] are presented in Figure 7. It is obvious that total costs comprising investment, energy and maintenance are considerably low for heating systems with condensing boilers when compared to other usual heating systems.

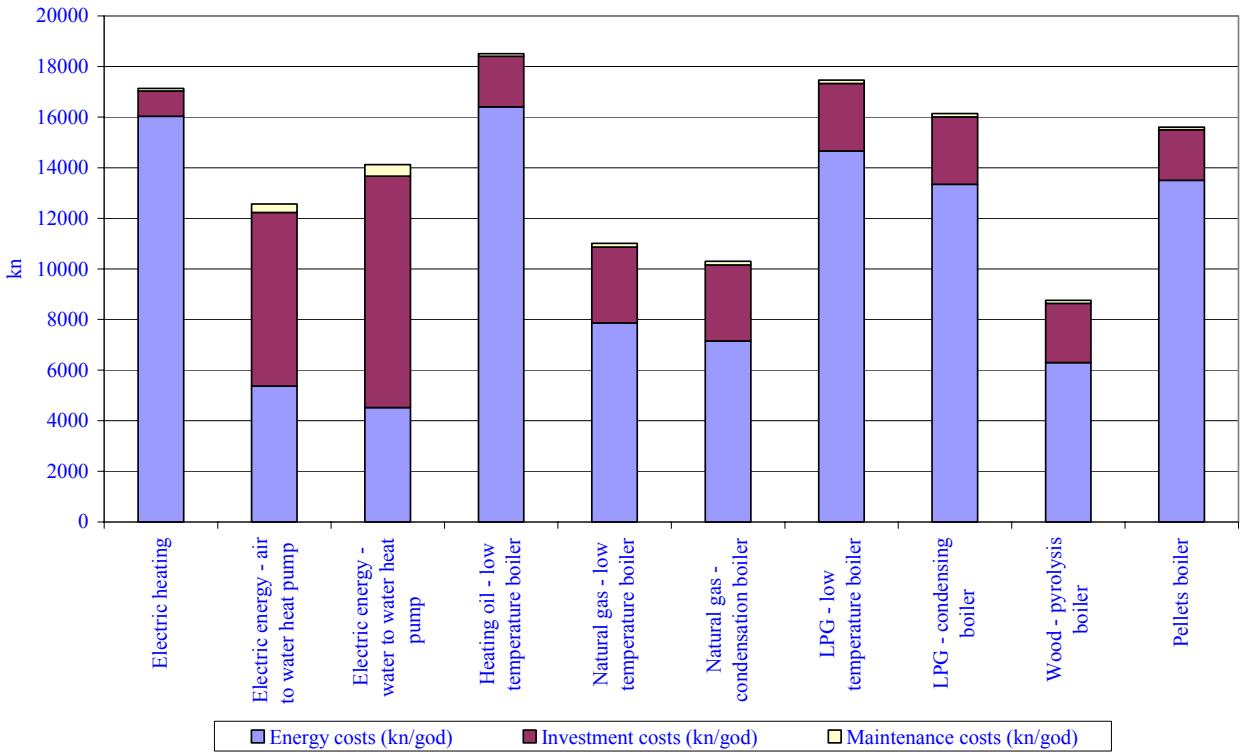


Figure 7. Total costs of condensing boilers compared to other heating systems [3]

Replacement of existing standard boilers in heating systems with condensing boilers can be suggested only after thorough consideration of financial effects coupled with increased efficiency, but also with higher price of condensing boilers. Several studies performed by author within the frame of energy audits of public buildings performed for UNDP Energy efficiency project [4, 5, 6, 7, 8, 9] have resulted in conclusion that replacement of standard boiler with a condensing one is feasible only when cost difference between standard and condensing boiler is considered as additional investment, which means that replacement should take place when heating system is under reconstruction due to deterioration. Otherwise, payback period of such an investment is too long and can reach more than 25 years in present condition of energy and equipment prices.

3. Cooling or combined cooling and heating with natural gas

Natural gas cooling in HVAC applications is possible with several different technologies. Most usual is absorption refrigeration and gas engine or gas turbine driven compression refrigeration. Other ways for gas cooling comprise utilization of solid sorption refrigeration and ejector refrigeration systems, but those technologies have not been widely used and will not be discussed in the present paper.

3.1. Absorption cooling and heating

The absorption technology has the ability to transform the heat into cooling. The most important advantage of using absorption chillers over compression refrigeration equipment is that absorption chillers can use the waste heat available from other processes and that it can be directly fired using the primary energy (e.g. gas). Increase of electrical energy consumption during the summer (Fig. 8), when water power is not available and electric energy is produced mostly by thermoelectric power plants (Fig. 9) is obvious during last few years and gives boost to application of absorption refrigeration.

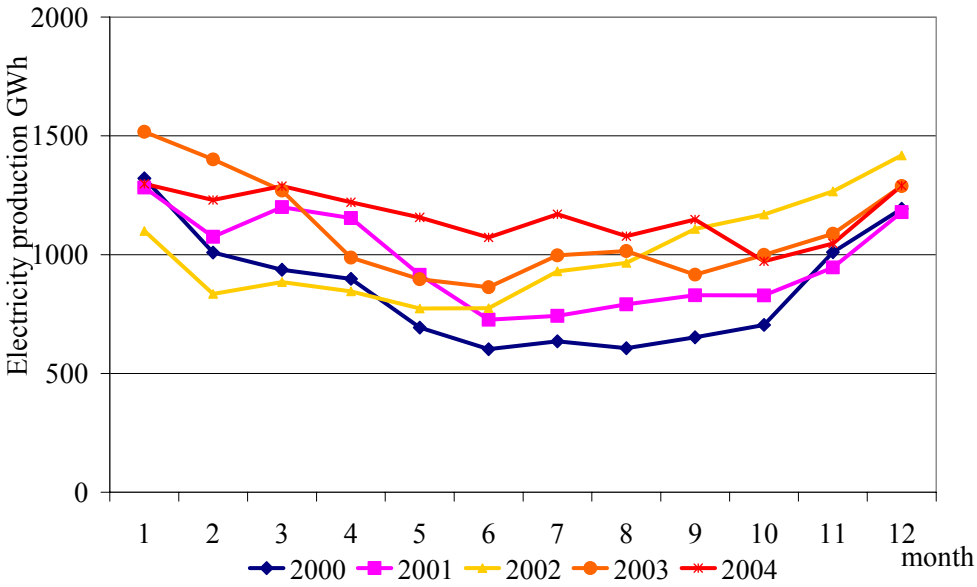


Figure 8. Consumption and of electric energy in Croatia 2000

Advantage of absorption cooling, which is often mentioned is that summer consumption of gas could help gas distributors to balance their sales and to achieve uniform gas consumption during the year. Unfortunately, Croatian experience in that sense is not good and according to our knowledge,

no one of distributors can give favorable prices of gas to consumers which use gas during the summer.

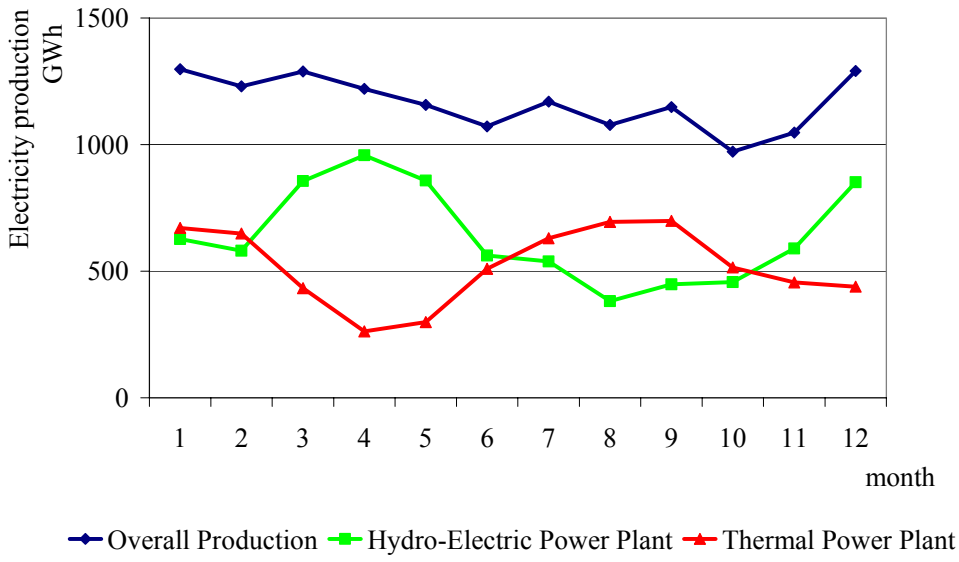


Figure 9. Structure of annual electric energy production in Croatia

Absorption technology has advantage over compression technology in terms of CO_2 emissions. CO_2 emissions due to absorption cooling with higher efficiencies (e.g. two stage chillers with COP=1,2) are lower than usual CO_2 emissions of compression refrigeration (with usual COP=3,5) equipment when electricity is produced in thermal power plants (Figures 10 and 11).

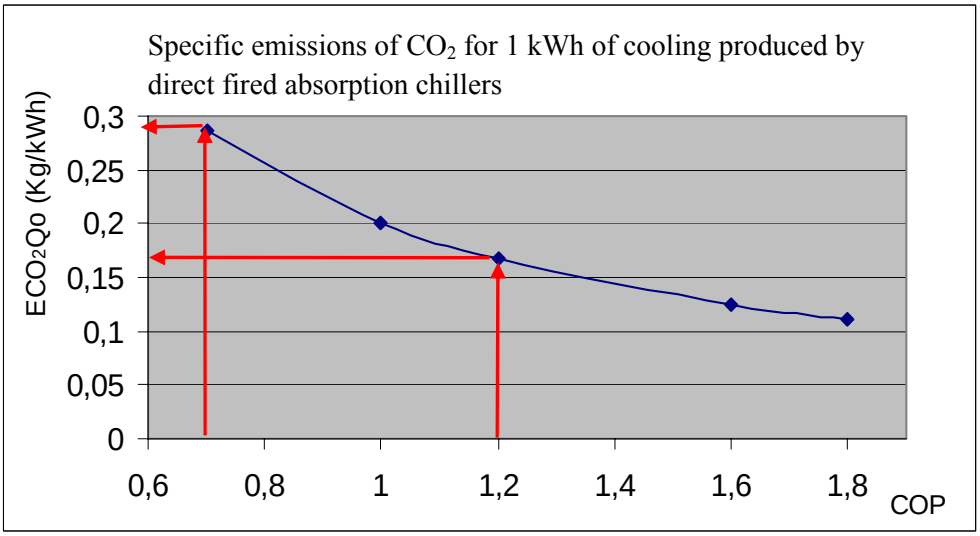


Figure 10. Emissions of CO_2 for absorption chillers direct fired with natural gas

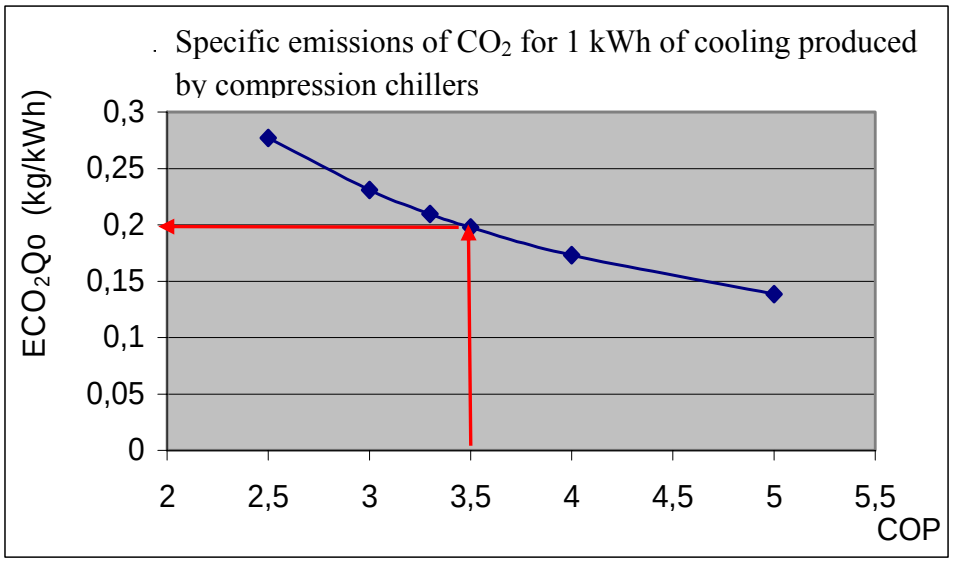


Figure 11. Emissions of CO_2 for compression chillers

When seasonal efficiencies are considered, expressed through IPLV (Integrated part Load Value) and ESEER (European Seasonal Energy Efficiency Ratio), natural gas direct fired AC with IPLV=1.53 produces 0.125 kg of CO_2 per 1kWh of cooling energy, as comparison electrically driven CC with ESEER=4.5 produce 0.15 kg of CO_2 per 1 kWh of cooling energy in Croatian conditions of electricity production (average shares are 40% of the production from thermal, 52% from hydroelectric and 8% from nuclear power plants).

Two most usually applied working pairs for absorption chillers today are ammonia - water (NH_3-H_2O) and water-lithium bromide (H_2O-LiBr). The choice of the working pair affects chiller design and performance. Operating conditions (temperature and pressure) for each working pair are determined by thermo physical properties of the working fluids, and by external conditions imposed by cooling system. There are several different design types of absorption chillers. Those are single, double and triple effect chillers. Single and double effect chillers are in commercial use, while triple effect chillers are present only as experimental units. The nominal coefficient of performance which is the ratio between producing cooling and utilized heat energy for these three design types is shown in figure 12. Values on figure 12 are informative, presented as the function of the heat supply temperature for different absorption technologies and compared with COP of Carnot cycle.

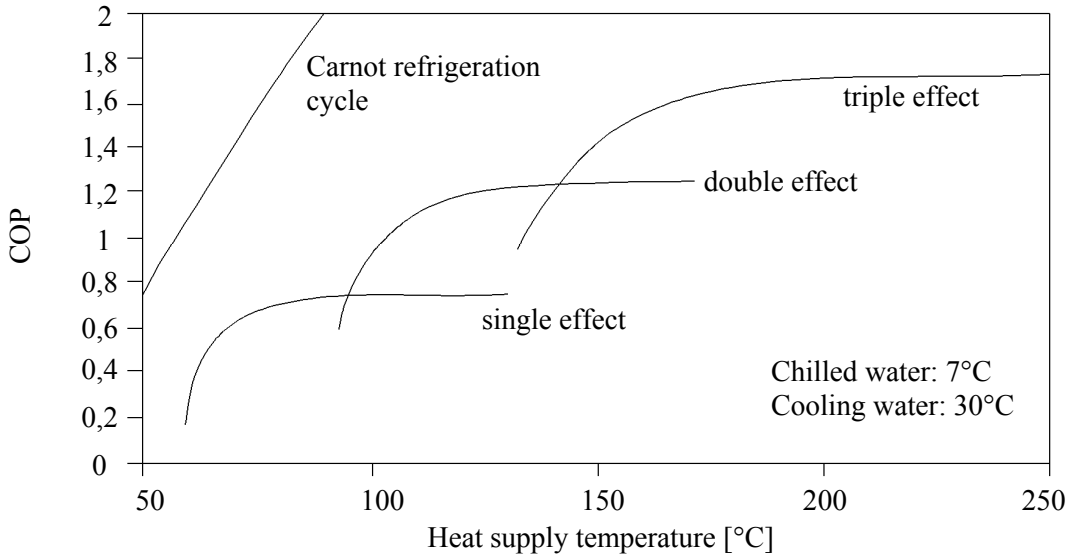


Figure 12. (COP) as a function of heat supply temperature for single, double and triple-effect water–LiBr absorption chillers [10]

All above mentioned advantages vanish when consideration comes to the consumers' level, where economical feasibility is almost in all cases the most important criteria. Initial costs for absorption equipment installation are very high. Investment costs for medium capacity absorption chillers vary between 250 and 500 €/kW of cooling capacity, depending on unit capacity. For industrial chillers with ammonia-water those values reach up to 1500 €/kW. Compression chiller costs vary between 125 do 350 €/kW, which is significantly less.

Besides that, operating costs of absorption chillers comprise not only costs for gas, but also costs for electric energy (solution pump, cooling tower fans), which is not negligible compared to electric energy consumption of compression chillers (Figure 13).

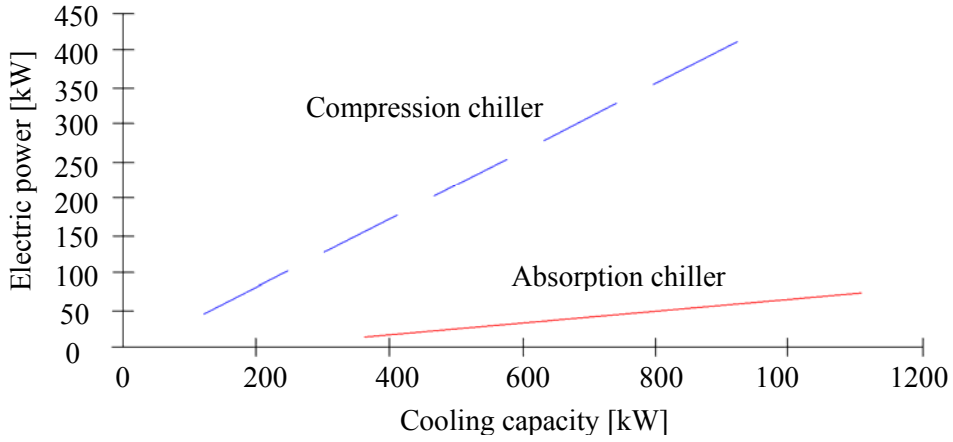


Figure 13. Electric power necessary for operation of compression and absorption chillers [11]

Cost for additional cooling water for cooling towers is also not low. It comprises cost of new water which replaces evaporated water in the cooling tower as well as cost for chemical treatment of such water. For example, cooling tower of Li-Br-water absorption chiller of 1000 kW cooling capacity consumes approximately 3 m^3 of new water per hour.

When total costs are considered, comprising investment, energy and maintenance the compression chillers become more favorable compared to absorption chillers. Results of several energy studies performed by author [12, 13] always show similar results, where all costs: investment, energy and maintenance for absorption chillers exceed those costs for compression chillers.

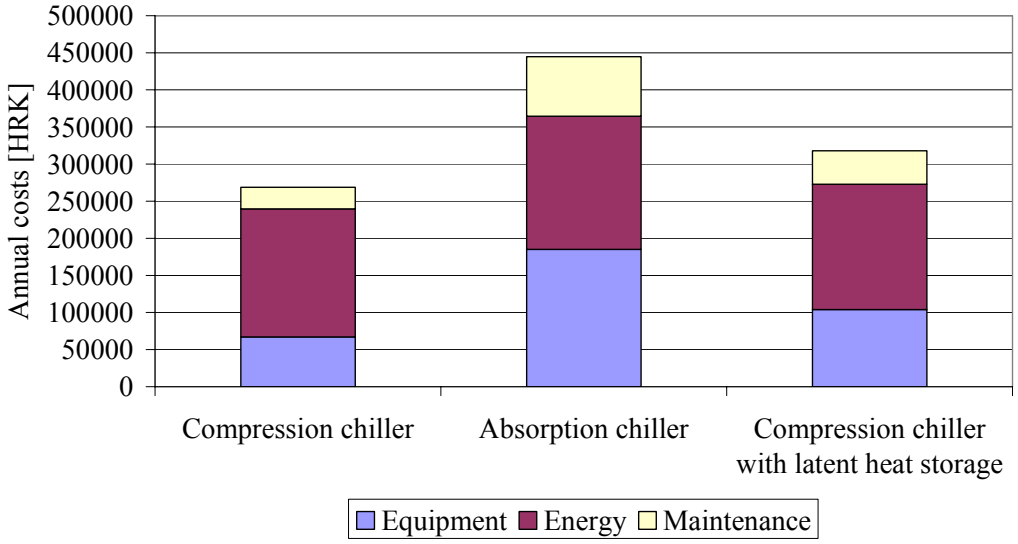


Figure 14. Cost structure for absorption and compression chillers in HVAC application [12]

Unfavorable cost balance of absorption cooling compared to compression cooling can be improved by using absorption heat pumps. Efficiency of absorption heat pump is higher than efficiency of compression heat pump in winter mode of operation. Using the absorption heat pump in properly designed and operated system can lead to feasible results for all year round operation, where benefits of heat pump mode operation cover lower economic efficiency of summer chiller mode operation. Economical feasibility of absorption heat pumps has been pointed out in [14] for absorption heat pumps with GAX cycle (Generator – Absorber heat exchange) and ammonia – water working pair. GAX is an adapted single – stage absorption chiller (heat pump) where internal heat exchange provided by heat transfer loop between absorber and the generator has a strong influence on efficiency. The distribution of heating and cooling load over the entire year plays

important role in decision on feasibility of such systems. Higher share of winter operation is preferred as efficiency is higher in heating mode.

Almost all absorption chillers with H_2O-LiBr are designed to operate with the cooling tower. The key technical barrier for design of the air-cooled chiller or the heat pump with H_2O-LiBr is increasing tendency of LiBr crystallization at higher absorber temperatures, which may interrupt the machine operation. Further, H_20-LiBr absorption chiller is not suitable to operate as heat pump with outdoor air as the heat source, because the water is refrigerant and evaporation temperature is limited usually within 3ºC to 5ºC, while outdoor air temperature is often below these values. Outdoor air is considered as the heat source for the heat pump which is available everywhere. It is usual heat source for compression cycle heat pumps. Other heat sources with higher temperatures such as surface or ground water and ground heat are not available everywhere and installation of such heat sources is expensive. This is one of the main reasons why the most of commercially available absorption chillers with H_20 -LiBr operates as direct-fired boiler in heating mode.

3.2. Compression heat pumps powered by internal combustion engines (gas heat pumps)

The idea of replacement electric motor drive of the heat pump compressor with internal combustion engine (e.g. gas motor) with utilization of engine waste heat was very popular in 70's and 80's years of 20th century, especially in north European countries where winter load prevails. Increased efficiency in winter operation was obvious, and utilization of renewable energy, such as solar energy or heat accumulated in ground, surface water or ground water was additional argument for application. Heat balance in steady state operation was favorable compared to electrically driven heat pumps (Fig. 15). Increased investment costs, system complexity, shorter lifetime, load dynamics with efficiency decrease and later stabilization of energy prices caused decrease of such applications. In our country, especially in regions where summer cooling load is significant, those applications are not feasible due to lower efficiencies in cooling mode when the possibility for waste heat utilization does not exist(Fig 16). When the consumption of the heat exists in summer period (e.g. in hotels) feasibility can be achieved as well.

Values of heat pump COP and EER presented on figures 15 and 16 are more suitable for design conditions than for all year round operation with partial loads, but problem with summer operation without waste heat utilization is obvious. As mentioned before, feasible operation mode could be found in case of waste heat utilization, but total costs should be carefully evaluated, using simulations of dynamic system behavior during the entire year.

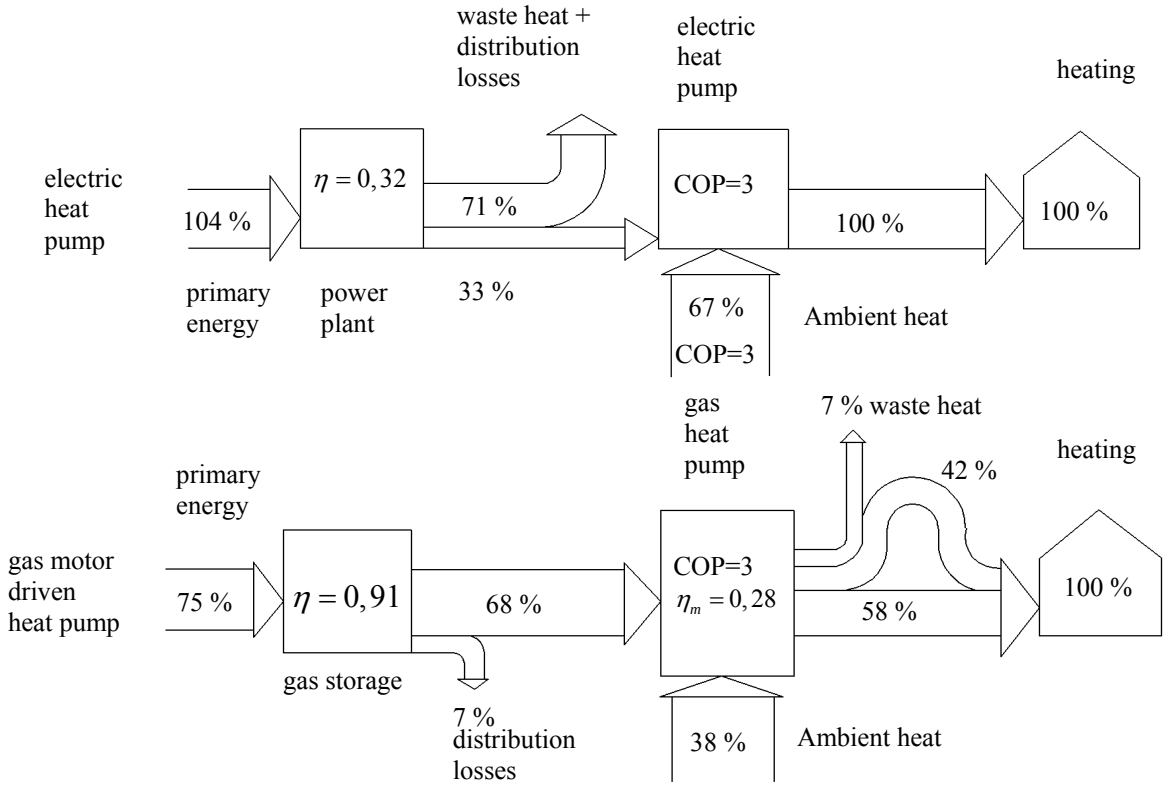


Figure 15. Efficiency comparison between electric and gas heat pump [16]

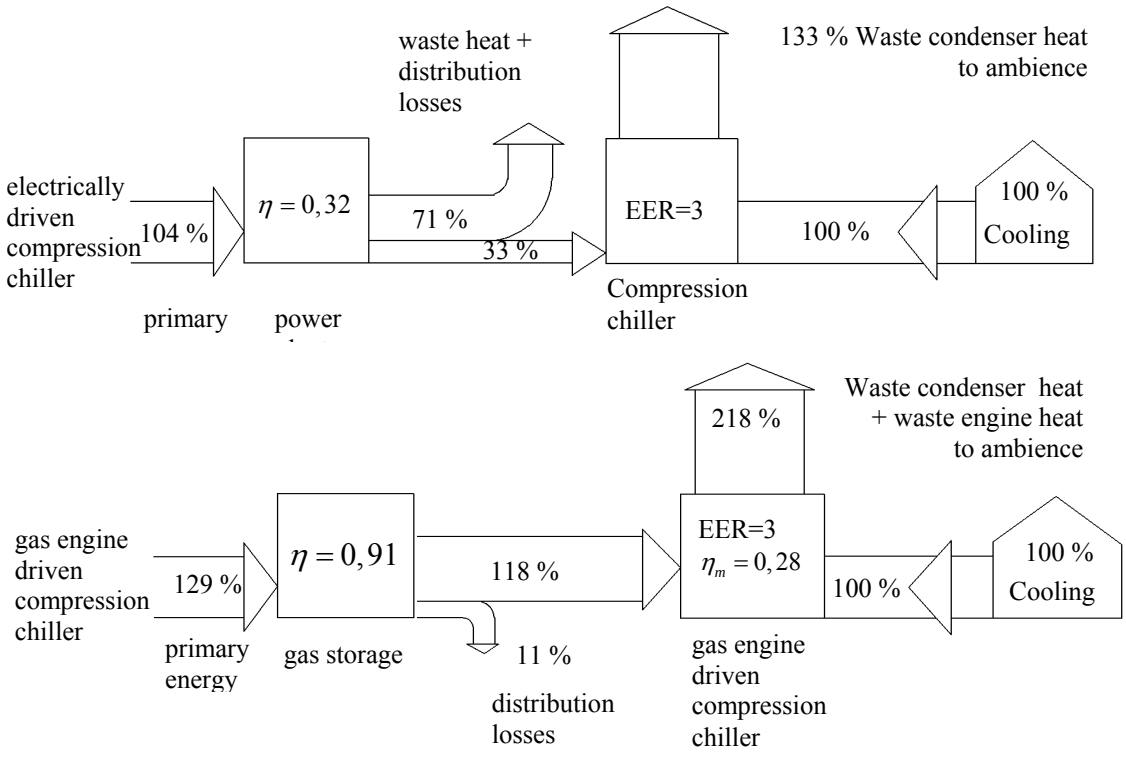


Figure 16. Efficiency comparison between electric and gas chiller

4. Combined heating and power generation (CHP) and combined cooling, heating and power generation (CCHP) with natural gas

CHP and CCHP systems were introduced in late 70' and are widely used in USA (installed electric power in USA is about 98000 MW [17]). European Commission also promotes combined heating and power generation and CHP was mentioned in a document concerning European strategy for the security of energy supply [18]. Share of electric energy produced in CHP and CCHP in EU is low as well as the number of those systems. Application of micro CCHP systems with production of heating, cooling and electric energy in site is suggested as a way to increase of that share [19].

Micro turbines and gas motors can be used as prime movers of CHP and CCHP systems. Schematic diagram of micro gas turbine is given in figure 17. Due to utilization of flue gas for preheating the air, lower temperatures of flue gasses are present in microturbine systems than in the case when an internal combustion piston engine is used.

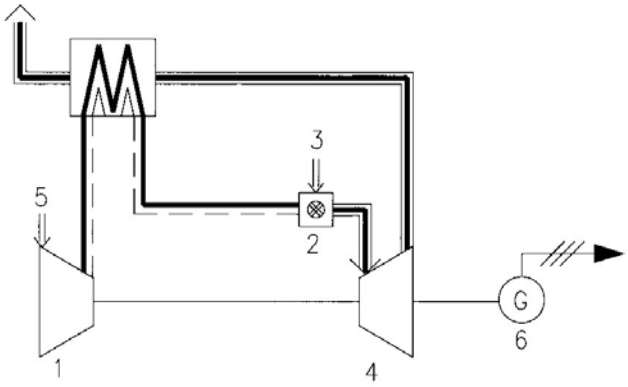


Figure 17. Schematic diagram of micro gas turbine [11] : 1 – compressor 2 – combustion chamber 3 – gas 4 – turbine 5 – air inlet 6 – generator 7 - recuperator

Packaged units are common for CHP. Their electric power varies between 5 to over 5000 kW [20]. Diagram of such a system is presented in Fig. 18. Unit is completely equipped with all necessary components, including the control system and prepared for connection to hot water, gas and exhaust system which should be supplied by user. Connection with a heating system could be established directly to the return water pipeline at boiler inlet (Fig. 19 a) or with storage tank (Fig 19 b). Application of the storage tank gives some possibilities for better utilization of thermal energy, but the influence of such a tank on energy balance depends on tank type (sensible or latent storage) and size.

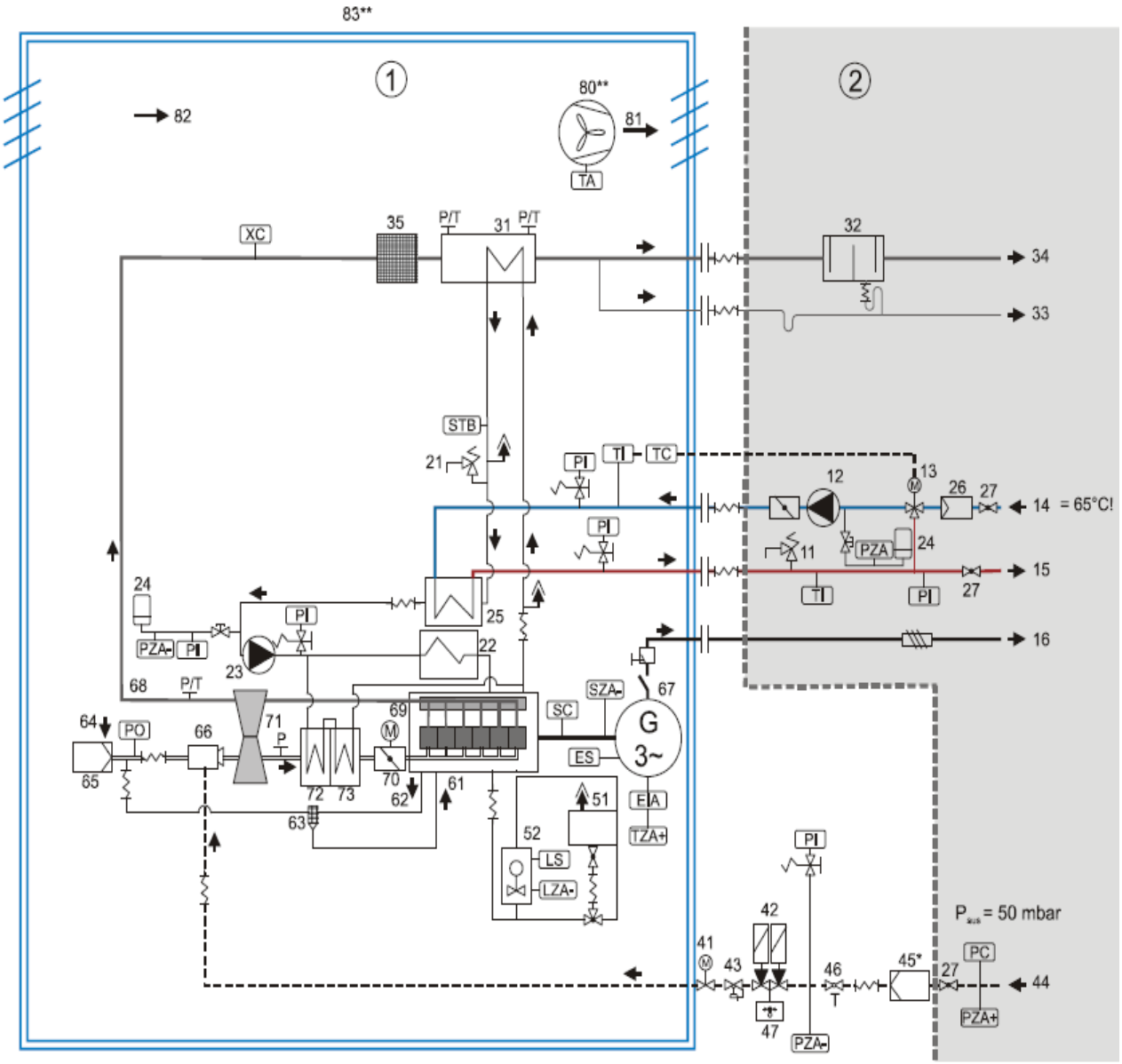


Figure 18. Schematic diagram of packaged CHP with gas engine [21] : 1 – CHP unit, 2 – connections to other installations, 12 – heating water pump, 16 – electricity supply 400V, 50Hz, , 23 – cooling water pump, 24 – expansion vessel, 25 – cooling water heat exchanger, 31 – flue gas heat exchanger, 34 – flue gas outlet, 44 – gas supply, 64 – air intake, 67 – generator, 69 – gas engine

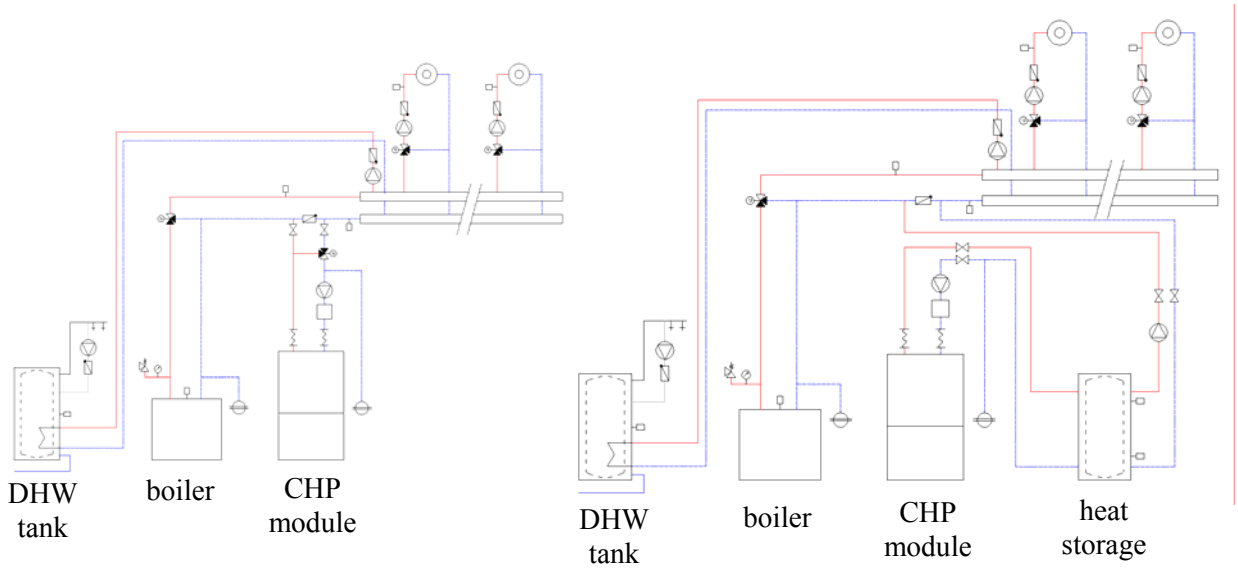


Figure 19. Schematic diagram of CHP packaged module in a heating systems a) without heat storage b) with heat storage [21]

Investment costs (Fig. 20), as well as maintenance costs (Fig 21) are high. Feasibility strongly depends on balanced consumption during the entire operation time during the year, which has to be as longer as possible.

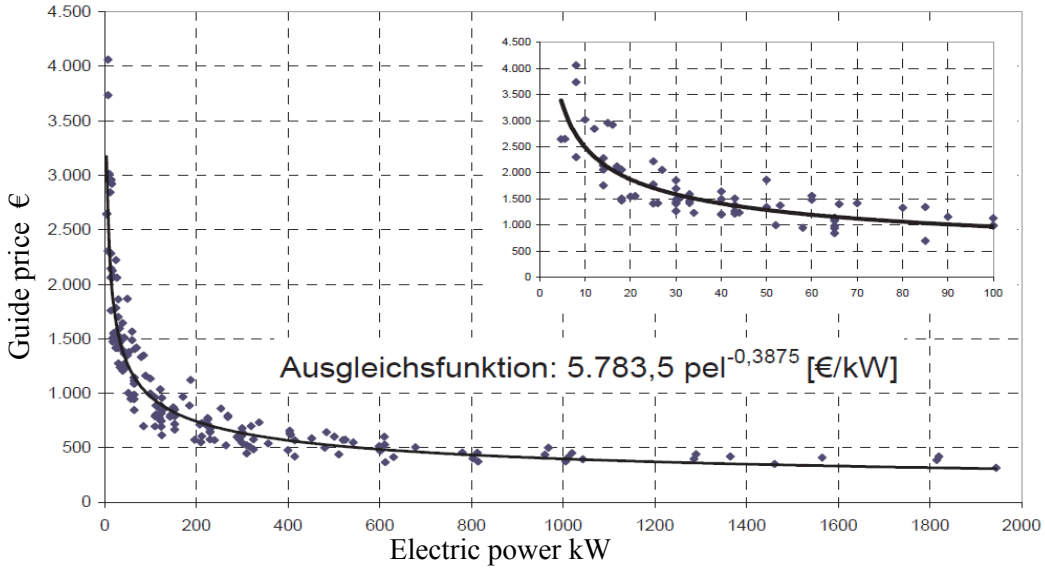


Figure 20. Investment prices for CHP systems [11]

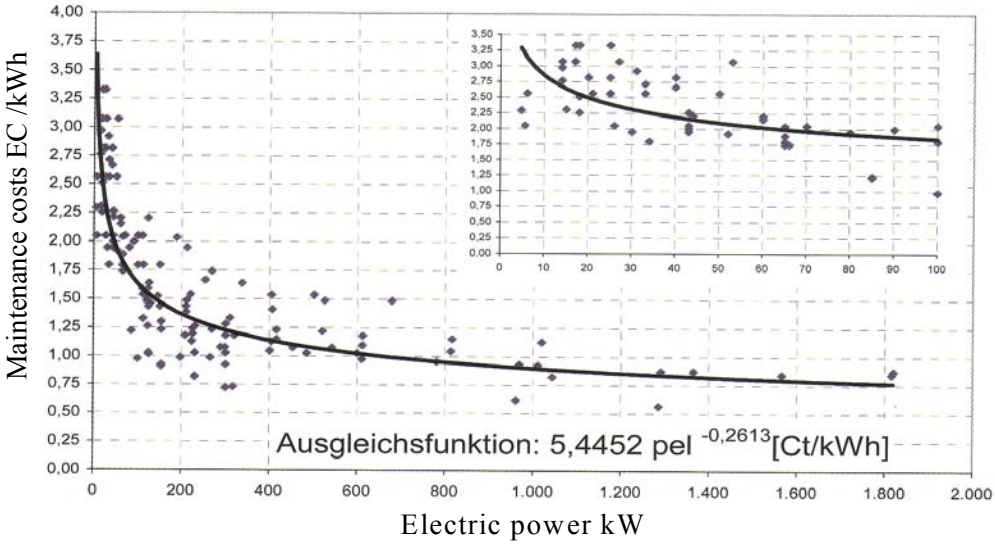


Figure 21. Maintenance costs for CHP systems [11]

According to author's experience with energy studies of such systems, feasible operation was possible only in cases of carefully designed CHP system where both, basic heat load and basic electric load for own consumption were present more than 300 days during the year, with efficiency comprising useful electric energy 38% and useful thermal energy 52% of input gas energy, with interest rate of 4-5% and expected annual energy price increase of 3-4%.

CCHP systems with micro turbines can be arranged as presented in figure 22. Due to lower flue gas temperatures (decreased in regenerator) application of single stage absorption chiller is suitable.

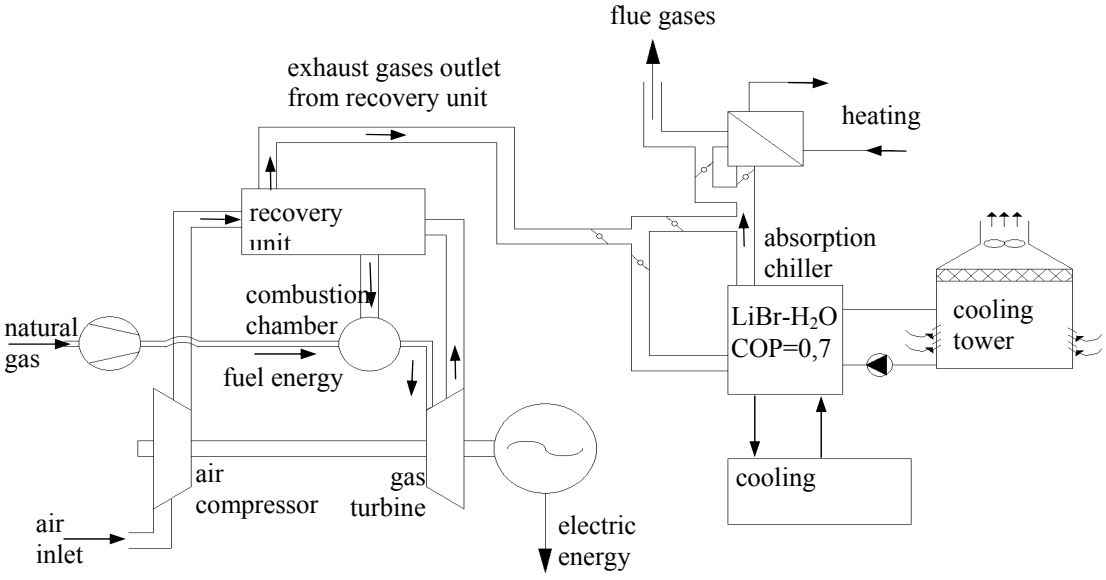


Figure 22. CCHP system with micro turbine [22]

When gas engine is applied (Fig. 23), higher flue gas temperatures are available and two stage absorption chiller can be used.

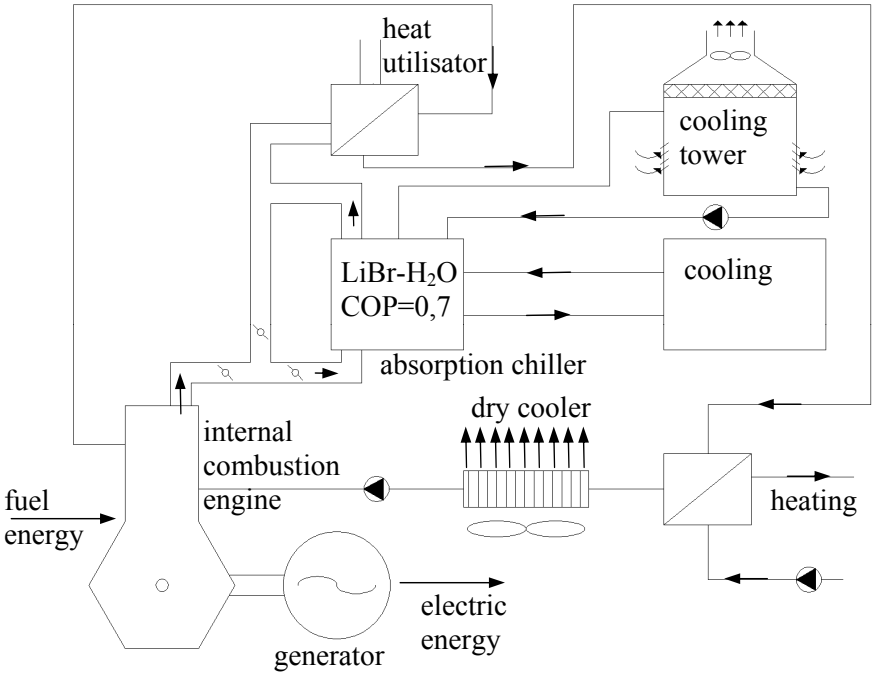


Figure 23. CCHP system with gas engine [22]

Analyses performed in [22] have resulted in conclusion that CCHP systems enable savings in primary energy up to 67% and CO_2 emissions decrease up to 86,4% when compared to conventional systems for production of the same amount of heating, cooling and electric energy. Simultaneous and balanced consumption of electric and heating energy during the winter as well as electric, cooling and heating energy during the summer is prerequisite for feasible operation. CCHP systems with gas engines and two stage absorption chillers are more feasible than CCHP systems with micro turbines and single stage absorption chillers. Low efficiency and high investment price of micro turbines contribute to such a situation.

Again, when consideration comes to the level of the consumer, who is not so much interested in primary energy consumption and CO_2 emission, but in energy costs, analyses point out that in most cases CCHP systems are not feasible. Studies [12] and [13] had similar conclusions when CCHP system was analyzed. High investment costs and low electric energy prices prevented use of CCHP even in the case when all thermal and electiric energy could be used on site [13].

5. Conclusion

The application of natural gas in heating, cooling and air-conditioning systems of buildings seems to be feasible on the first glance, when nominal system capacities and performance are considered and primary energy use as well as CO_2 emissions are calculated in comparison with other energy sources. When the dynamic behavior of heating, cooling and air – conditioning system is taken into account, some applications like gas cooling, CHP and CCHP seem less feasible, as efficiency in partial loads decreases due to lack of cooling or heating load necessary for utilization of all heat flows which are at disposal from complex systems like absorption chillers and heat pumps, gas heat pumps, CHP or CCHP. Finally when costs are considered, high equipment costs and low energy prices present on Croatian market today do not allow feasible operation of absorption chillers and heat pumps, gas compression heat pumps and complex systems such as CHP and CCHP, except in some particular cases with favorable distribution of cooling, heating and electric load over the entire year. Only gas radiant heating and application of new condensing boilers is proven to be feasible, again with careful consideration of entire system performance and dynamic operating conditions. It is important to pay attention to system dynamics for any of considered systems in order to achieve feasible operation.

6. References

[1] ...: ASHRAE Handbook Fundamentals, ASHRAE, Atlanta GA, 2009.

[2] ...: http//www.buderus.de

[3] ...: Tipske mjere za poboljšanje energetske efikasnosti, http://www.energetska-efikasnost.undp.hr

[4] Pavković, B. et al.: Izvještaj o provedenom energetskom pregledu objekata Zavoda za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“ u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka 2009.

[5] Pavković, B. et al.: Izvještaj o provedenom energetskom pregledu objekta područni ured „Peščenica“ u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka 2009.

[6] Pavković, B. et al.: Izvještaj o provedenom energetskom pregledu objekta dom za starije i nemoćne osobe „Peščenica“ u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka 2009.

[7] Pavković, B. et al.: Izvještaj o provedenom energetskom pregledu objekta “Stara gradska vijećnica” u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka 2009.

[8] Pavković, B. et al.: Izvještaj o provedenom energetskom pregledu objekta "Palača Dverce" u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka 2009.

[9] Pavković, B. et al.: Izvještaj o provedenom energetskom pregledu objekta "Poslovni objekt Šubićeva" u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet, Rijeka 2009.

[10] Balaras, C.A., Grossman, G., Henning, H-M, Infante Fereira, C.A., Podesser, E., Wang, L., Wiemken, E.: Solar Air-Conditioning in Europe – an Overview, Renewable and Sustainable Energy Reviews 11(2007) 299 – 314

[11] Schmitz, K.W., Schaumann, G.: Kraft Wärme Kopplung, Springer Verlag, Berlin, 2005.

[12] Pavković, B. et al.: Odabir strojarskih termotehničkih instalacija kotlovnice i rashladne stanice „Novi List", Tehnički fakultet u Rijeci, 2008.

[13] Pavković, B. et al.: ocjena stanja, energetska studija iidejni projekt strojarskih termotehničkih instalacija kotlovnice i rashladne stanice objekta MTTC Kozala – Rijeka, Tehnički fakultet u Rijeci 2006.

[14] Pavković, B., Božunović, A., Brajković, R.: Feasibility of Direct Fired Chillers and Heat Pumps Application in HVAC Systems, Proceedings of 39th Congress KGH, Beograd, 2008.

[15] Herold, K.E., Rademacher, R., Klein, S.A.: Absorption Chillers and Heat Pumps, CRC Press, Boca Raton, 1996.

[16] Steimle, F.: Wärmepumpentechnik – Einführung, In: Gaswärmepumpen Praxis; Vulkan Verlag, Essen 1979.

[17] Wu D.W., Wang R.Z.: "Combined cooling, heating and power: A review", Progress in Energy and Combustion Science 32 (2006) 459-495.

[18] ...: Green paper: Towards a European strategy for the security of energy supply, Commission of the European communities, http://re.jrc.ec.europa.eu, Brussels 2000.

[19] Lymberopoulos N.: "Microturbines and their application in bio-energy", Project Technical Assistant Framework Contract NNE5-PTA-2002-003/1, EC, January 2004.

[20] ...: ASHRAE Handbook Systems and Equipment, ASHRAE, Atlanta GA, 2008.

[21] ...:http// viessmann.de

[22] Božunović, A., Prelec, Z., Pavković, B.: analiza opravdanosti primjene mikro-trigeneracijskih sustava s apsorcijskim rashladnim uređajima pogonjenih prirodnim plinom, Proceedings International Congress Energy and the Environment, Opatija 2008.

Utjecaj pravilnog izbora stroja i zagrijavanje materijala u oblikovanju metala deformiranjem na gospodarenje energijom i zaštitu okoliša

B. Grizelj[1,*], Josip Cumin[1], Nikola Soskic[1], Ivan Seucek[2], Branimir Vujčić[3]

[1] University of Osijek, Faculty of Mechanical Engineering in Slav. Brod
Trg I.B.Mazuranić 2, 35000 Sl. Brod, Croatia
[2] University of Zagreb, FSB, I. Lucica 5, 10000 Zagreb, Croatia
[3] VUSB in Slav. Brod, Croatia

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

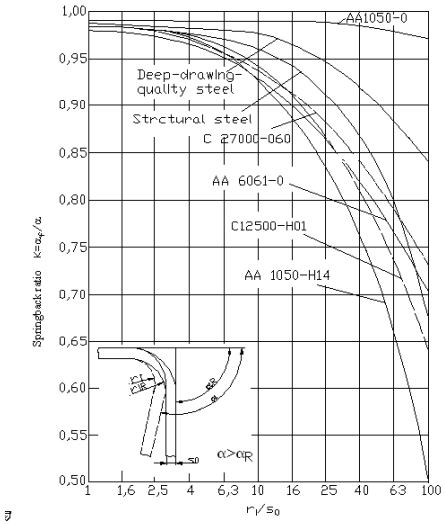
Abstract

The paper is concerned with the influence of choice of machine with optimal characteristics, and influence of heating metal sheets on the effects of energy management and environment protection. Bending force and calibration force in plate bending are very important. Calibration force is determined when bending force and calibration coefficient are known. Significant factors for determination of bending force for circular plate are: the material of the circular plate, bending radius of the circular plate, diameter of the circular plate, thickness of the circular plate and method of loading of the circular plate. The calibration coefficient is determined by experiment.

Ključne riječi: plate bending, FEM, force of plate, springback after bending

1. Springback after bending

The bending process was first subjected to a theoretical investigation by Ludwik. Today bending processes are mostly investigated through FEM methods, and planned experiments in order to make conclusions of sheet metal behavior during bending. Nevertheless when examining spring back with FEM methods it is supposed that sheet metal retains the uniaxial state of stress. R. Hill used plasto-mechanic equations of equilibrium in carrying out his observations of the bending process. F. Proks expands the use of these equations to the material with linear strengthening. More recent works rely basically on the mentioned works (FEM), whose authors perform experiments to test theoretical equations. The expression $K = \frac{r_u}{r_{u,r}} = \frac{r_i + s_0/2}{r_u + s_0/2}$ is called the springback ratio. If K is known from experiment (**Slika 1.**), the springback angle is easily determined to be $\rho = \alpha - \alpha_r = \left(\frac{1}{K} - 1\right)\alpha_r$.[1]



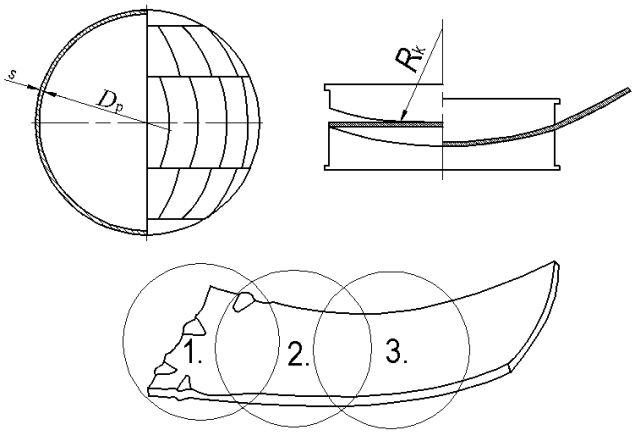
Slika 1. Springback ratio of different work materials as a function of bend radius [1]

It should be emphasized that the upper equation applies only to pure moment bending. Conditions are much more complicated for different bending processes.

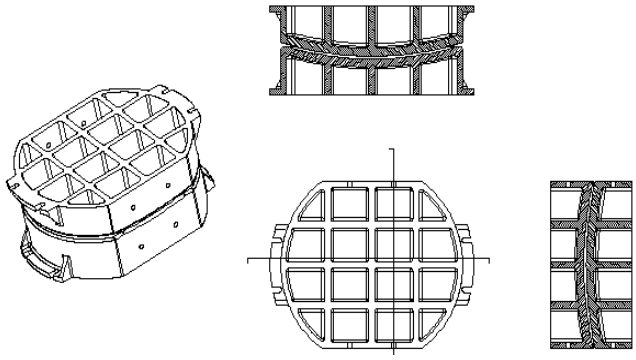
2. Springback problem with spherical tanks

The existing increasing necessity for spherical tanks is easy understandable because of their possibility to store medium with minimal thickness of tank, small needed volume and minimum cost price. Spherical tanks are becoming fair more interesting with increasing of their radius. The shell of spherical tank consists of steel sheet, while the segments are assembled by welding in whole at the actual place.

The bending separate parts are achieved in several indentations on hydraulic press and can be seen from **Slika** 2 **Slika** 3. presents tools Kt 5081 (R_k = 4925 mm) and Kt 5136 (R_k = 4500 mm).



Slika 2. The bending of segment in tool



Slika 3. Tool Kt 5081 and Kt 5136

4. Mathematical interpretations of results obtained by experiments in praxis

The experiments were conducted using the plates ϕ2000 x 16 mm of material NIOVAL 47.

Using the various equations necessary bending force was calculated, and on the machine bending force for bending of the circular plate (**Slika 3**) was set as as F_{q00s} =1.185 MN [2,3]. The plate bended with 1.185 MN had wrinkles at the edge of height up to 2 mm. Because of that reason the plate had to be calibrated [2]. The calibration force can be calculated using the expression

$$F_k = k \cdot F_{q00s} \tag{2}$$

In order to compute the calibrating force it is necessary to obtain experimentally the amount of coefficient of calibration k for relevant dimensions. Experimentally k coefficient was determined, for the plate with dimensions ϕ2000 x 29 mm coefficient of calibration k is k = 2, and for the plate with dimensions ϕ2000 x 16 this value is k=2.5. Comparing the values of coefficient of calibration k it can be seen that its value is greater when the plate thickness is smaller. It is because during the bending process the wrinkles tend to form themselves more if the thickness is smaller. On that way, for the plate with dimensions ϕ2000 x 20 mm, it can be supposed using the above obtained experiments that k = 2.34.

The factors that have the most significant influence on the amount of mechanical spring-back are: calibration forces, plate material, punch radius, punch motion, plate thickness and plate diameter. In order to research the influence of punch radius R_k, plate thickness and plate diameter, according to technological and productivity conditions it was used experiment's factor plan. Experiments were conducted using randomized distribution in attempt to avoid systematic errors. The considered factors were: punch radius 4500 and 4925 mm, plate thickness 16 and 29 mm, plate diameter 1800 and 2000 mm. Using all above mentioned considerations, it can be on the basis of experimental and

industrial researching determined the law for coefficient of mechanical spring-back of calibrated plate with constant plate diameter K^{II}. It can be determined using expression [2,3]:

$$K^{II} = \frac{1}{0{,}768304 + 0{,}0906276\, R_p}, R_k = K^{II}\frac{D_p}{2} \quad (3)$$

For technological usage it is recommended the calculation by using the equation (3). For instance, in the case of the plate with 2000 mm diameter, bending plate radius 7 m (shell diameter of spherical tank 14 m) and plate material NIOVAL 47 this coefficient of mechanical spring is 0,1406.

5. Machine choice and heating

Optimal machine choice should be based on choosing machine with highest efficiency. Since the amount of springback is dependant on the amount of calibration force as shown, it is necessary to use hydraulic press for bending which can produce required calibrating force. It is shown that calibrating force can be several times bigger than the bending force. Pressure vessels can be made either by cold metal forming, or materials can be heated (**Slika 4**).

Slika 4. Heated and formed segment of spherical tank

If material needs to be heated on specific temperature, it is necessary to use a lot of energy. For material heating furnaces are used. When metal material is heated, work-hardening stress is reduced, so tool force, and energy needed for metal forming are reduced too. Calculations of bending force for material at elevated temperatures are very complex and only approximations can be made because of differring material properties which change with temperature. Energy needed

for heating up material is considerably higher than energy needed for material deforming. As an example for cold metal upsetting of mild steel with diameter d_0 = 50 mm and h_0 = 65 mm (≈ 1kg) to h_1 = 20 mm it is necessary to input $6{,}3 \cdot 10^3$ Nm (J) of work. For hot upsetting of same cylinder heated on 1473°C it is necessary about $6{,}3 \cdot 10^2$ Nm of work, and about $8{,}5 \cdot 10^5$ Nm for heating material up, with heath efficiency 25%. So in this particular example process of hot metal forming requires 135 times higher energy input than process of cold metal forming.

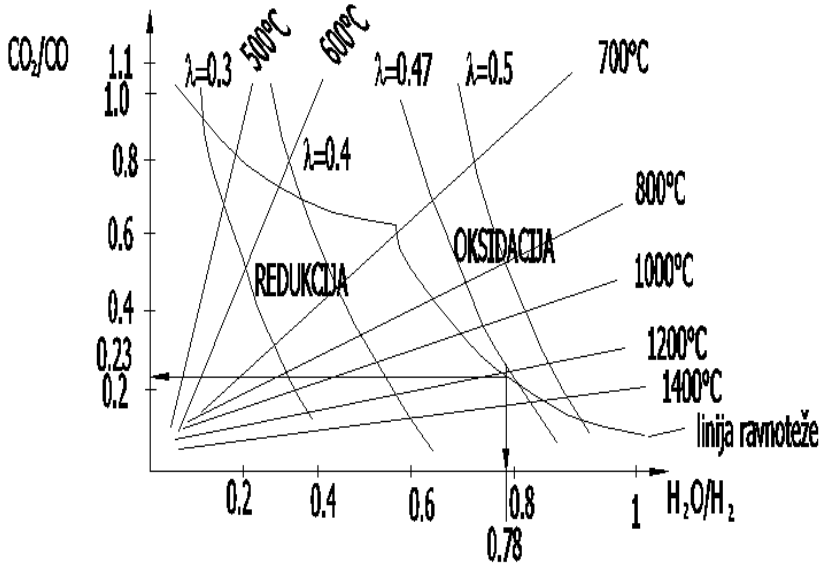
For heating up material CmHn is used as a fuel. As a product of burning CmHn following gasses arise:

$$CmHn \Rightarrow CO+CO2+H2O+O2+N2+SO2$$

Certain gases combine and create new gases:

$$S+O2 \Rightarrow SO2\ ,H2O + SO2 \Rightarrow H2SO4$$

If there are too much of this gases, they create adversely consequences. In order to obtain protective environment for safe metal forming at elevated temperature it is necessary to perform material heating according to diagram of furnace atmosphere balance (**Slika 5**).



Slika 5. Furnace atmosphere gas balance [1]

From **Slika 5.** one can see that regardless of usage of this diagram, harmful gases exit to atmosphere, and pollute environment. Although natural gas is the least "dirty" fuel, sometimes it is recommended to use the process of cold metal forming instead. For other complicated products and different materials it is advisable to use metal forming at elevated temperatures in order to produce

parts of desired quality - for instance in military industry for battle tanks and all kinds of weapons, for space missions, sports etc..

Engineer should always take into account the effects of metal oxidization at elevated temperatures since these oxides can get into material (product) and they are potential places of fracture.

6. Conclusion

Although natural gas is the least "dirty" fuel, sometimes it is recommended to use the process of cold metal forming. For other complicated products and different materials it is advisable to use metal forming at elevated temperatures in order to produce parts of desired great quality for instance in military industry for battle tanks and all kinds of weapons, for space missions, sports etc.. Engineer should always take into account the effects of metal oxidization at elevated temperatures since these oxides can get into material (product) and they are potential places of fracture. Engineer should consider the most environmental friendly energy resources used for the metal heating-up before metal forming. Natural gas is certainly one of the most cleanest energy resources and it is widely applied in various technological processes.

6. Literatura

[1] Grizelj, B.: Oblikovanje metala deformiranjem, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod 2002, pp.209-313.

[2] Grizelj, B.: Doprinos analizi aksijalno simetricnog savijanja lima. Disertacija., FSB, Zagreb 1994.

[3] Grizelj, B.: Doprinos analizi aksijalno simetricnog savijanja lima. Disertracija., FSB, Zagreb 1994.

[4] Grizelj,B.; Popovic, R.: Development of metal forming in the future (keynote paper). International scientific conference on production engineering 28.06.-01.07. 2006., pp.13-51, Korcula

[4] Grizelj, B.: Plate bending of Spherical tank. Proceedings of the 6th International conference on Technology of Plasticity, Nurmberg 1999, pp. 643-644.

Plusenergy fabric and office building (Sikonda) – Energydesign conception

Erika Vörös

University of Pécs , Pollack Mihály Faculty of Engineering, Hungary
Institute of Architecture, Department for Energydesign,
Beuer Marcell Master School

erikavorosg@gmail.com

Abstract

The investment to be implemented is Rati Ltd's production and logistics centre complete with an office block. The existing factory and office block cannot meet the demands of rapidly changing markets. The new building complex will not only operate as a state-of-the-art industrial plant but also as innovation centre, with research and development being Rati Ltd's main focus besides production. Accordingly, the functional, structural and technical solutions of the building as well as the choice of building materials and the energy scheme are all characterised by innovative spirit.

Keywords: sustainable, fabric, energydesign

1. The Project

The program of the building requires an optimal organisation of spaces of different heights and functions in order to accommodate the specific industrial use to be undertaken in the facility. Technology wise the basic part of the building is a 600 m2 open plan warehouse with an internal height of 8 m. The warehouse, which is to be continuously filled up with materials and products, will supply a centrally located 500 m2 shop floor, with an internal height of 3 m, where industrial processing, assembly, packaging and logistic processing of the materials and components take place. For functional flexibility the shop floor has an open plan layout with a direct connection to the warehouse, which is also made functionally flexible by its open layout. An office and social block for the organisation, control and development of work processes constitutes the final phase of the planning program.

Due to the functional arrangement and the special organisation of spaces within the building the speed of work processes in the facility is increased and the transport logistics background, production, control, development, marketing and management processes will become more effective. All this is visibly linked to the simple, functional layout and zoning arrangement of spaces throughout the facility. Designing the arrangement of spaces of different heights as required by technological considerations in a way to meet the demands of cost efficiency, functionality and aesthetics at the same time has been a complex task.

Approximately 80% of the building materials is wood, which is an ecological renewable resource. This improves the life cycle assessment of the building, it absorbs CO2, and the cumulative energy demand of the facility is decreased through the low cost of production and construction (regenerative utilisation of wood by products) and through the energy gain from dismantling and recycling processes at the end of the facility's life cycle.

The reduced cumulative energy demand can be met by taking advantage of local environmental conditions. Instead of an incessant struggle against the environmental forces it is much more reasonable for the building to conduct a “dialogue” with its surroundings, adapt to the local conditions and exploit them.

Figure 1. Vision

2. Conclusions

The sustainable energy design program of the project considers the energy and resources taken from the environment to build, run and dismantle the facility as a kind of credit. In order to prevent the disruption of the ecological balance the credit must be paid back, and the repayment term cannot be longer than the life cycle of the building. The repayment term, however, can be shorter if renewable energy is taken advantage of for the operation of the facility and renewable resources are used for construction (building structures).

3. References

[1] Erika Vörös, István Kistelegdi: RATI sustainable fabric 2008-2010

[2] Erika Vörös, János Gyergyák, Zsolt László: Tardona Move to balance apartmans 2010

[3] Erika Vörös, Sarolta Gaál, Tamás Molnár: Temporary city 2010 project Istambul 2010

[4] Erika Vörös: Üszögpuszta village house and square 2010

[5] Erika Vörös, István Kistelegdi: Modern Art Galery Pécs 2009

[6] Erika Vörös, Gaál Sarolta, Beatrix Kapcsos, Gergely Sztranyák: Temporary city 2010 project Essen 2009

[7] Erika Vörös: Sustainable oenology diplom project 2008

Otok Ekotur
Ekotur Island

Petar Kontra

Sveučilište u Pečuhu, Tehnički Fakultet Pollack Mihály, Arhitektonski Institut
Doktorska Škola Beuer Marcell, Odjel za Energiadesign
H-7624 Pécs, Boszorkány út 2. Mađarska

* Autor za korespondenciju. E-mail: peetkontra@freemail.hu

Sažetak

Namjera ove koncepcije je, da daje dugotrajan i realan odgovor na aktualne probleme u području Podunavlja ne izbjegavajući globalne izazove koje su već na vratima. Osniva se na efikasnom gospodarenju lokalnih potencijala. Glavna osnova su energija, ekologija i turizam – „EKOTUR“. Istovremeno crpi nekorišteno znanje, što smo tijekom puno stoljeća usvojili kraj Dunava, te iz najsuvremenije nauke i tehnološke mogućnosti koje nam stoje na raspolaganju. Izraženi strateški ciljevi su: kontinuirana međunarodna, interregionalna suradnja naselja; revitalizacija Velikog bačkog kanala; priključenje Dunavskoj regiji; izgradnja pristaništa i razvoj riječnog prijevoza; proizvodnja „zelene energije“ i „zelenih goriva“; razvijanje privrede koja čuva i njeguje prirodu; stvaranje novih radnih mjesta; izgradnja i razvijanje putne – saobraćajne mreže (drumski, biciklistički, riječni, sveobuhvatno turistički putovi); stvaranje privrednog sistema koji štiti i njeguje prirodu; eko privreda; razvoj zdravstvenog, ekološkog i seoskog turizma; zaštita, revitalizacija i prikazivanje baština; njegovanje lokalne tradicije i identiteta; gastrokultura; turizam; naučno istraživanje i inovacija u interesu cjelokupnog razvijanja; razvijanje komunikacija; ostvarivanje interregionalne prohodnosti.

Abstract

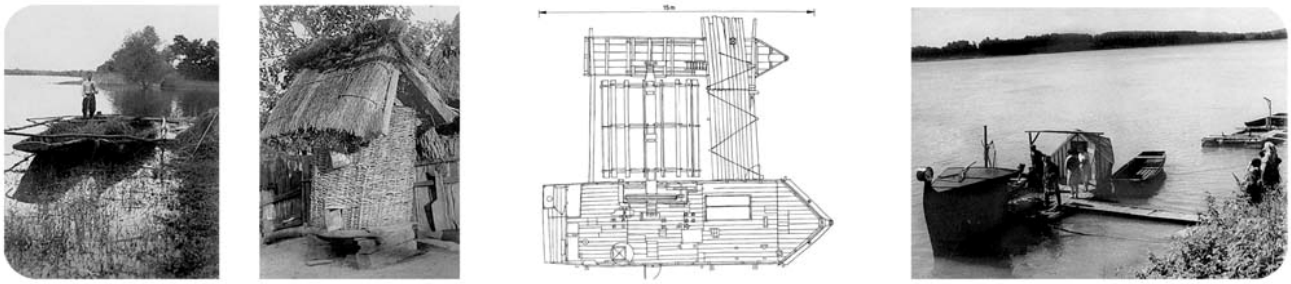
The main goal of the program is to find real, long-term and comprehensive answers to the current problems of the Danube-site. The strategy is built on the local resources, considering the current global challanges and enviromental concious economy. The main pillars are energy, ecology and tourism - called in the program „EKOTUR“. It recalls the almost forgotten age-long observations, traditional local lifestyle and the newest technologies and inventions.

The basic objections of the strategy: Inter-regional, international and interactive cooperation of the communities; revitalisation of the Ferenc Canal; joining the Danube Region and an effective participation in their work; construction of ports and development of water transport; energy and fuel production in green power plants; environment friendly development of industry; creation of jobs; building and development of the transport system (roads, bicycle roads, water transport); establishment os a renewed, enwironment friendly economy; eco-economy; development of tourism, establishment of medical, eco and village tourism in the Project area; protection of heritage; keeping traditions; gastro culture; tourism; scientific research promoting a complex development; development of communication; realisation of an inter-regional corridor.

Ključne riječi: otok Ekotur, ekotur sziget, energiadesign, dunastratégia, strategija Dunav

1. Uvod

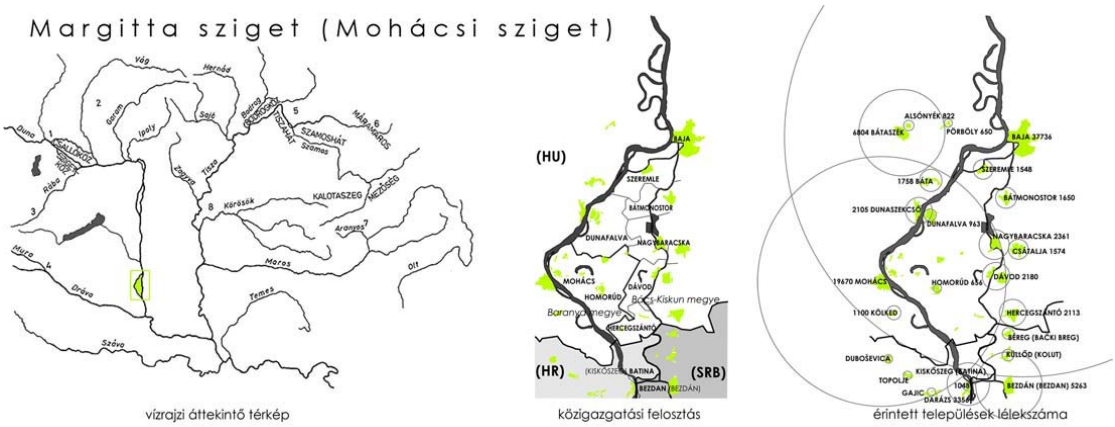
Specifična i bogata prirodna okolina kraj Dunava stoljećima je osigurala razvoj i životne uvjete ljudima u toj sredini. Voda je dala život, energiju i omogućila transport. Sa kvalitetnih, plodnih zemljišta, na vodenim putovima transportirala se roba prema centrima, i dolazila iz drugih krajeva. To je „svijet ljudi na vodi“.



Slika 1. „svijet ljudi na vodi“; ladik, prirodni materijali, vodeni mlin, bárka

2. Otok Ekotur

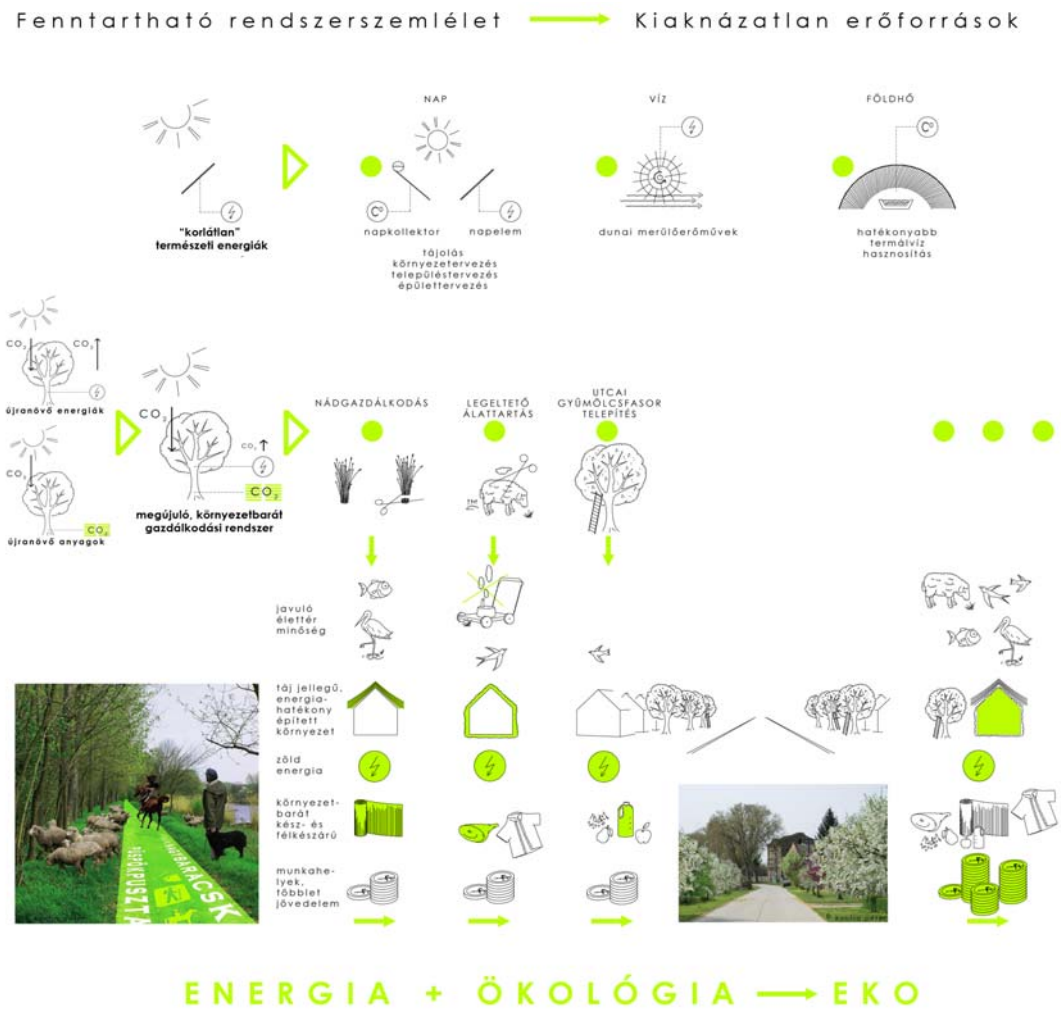
Otok Margitta je dio jedne kompleksne prirodne i ekonomske cjeline na Podunavlju. Bogata prirodnim i kulturalnim vrijednostima, neiskorištenim potencijalima. Počela je gubiti centralni položaj sa izgradnjom željezničke mreže. Glavni prometni pravci daleko su zaobilazili ovo područje. Transport na Dunavu i kanalima izgubili su isključivost i sve više i više gubili vodeći položaj. Ekonomski centri su se premjestili. Usporedno sa tehnološkim i industrijskim razvojem, ljudi su se udaljili od prirode. Nakon geopolitičkih promjena, područje je palo na periferiju triju država.



Slika 2. Lokcija

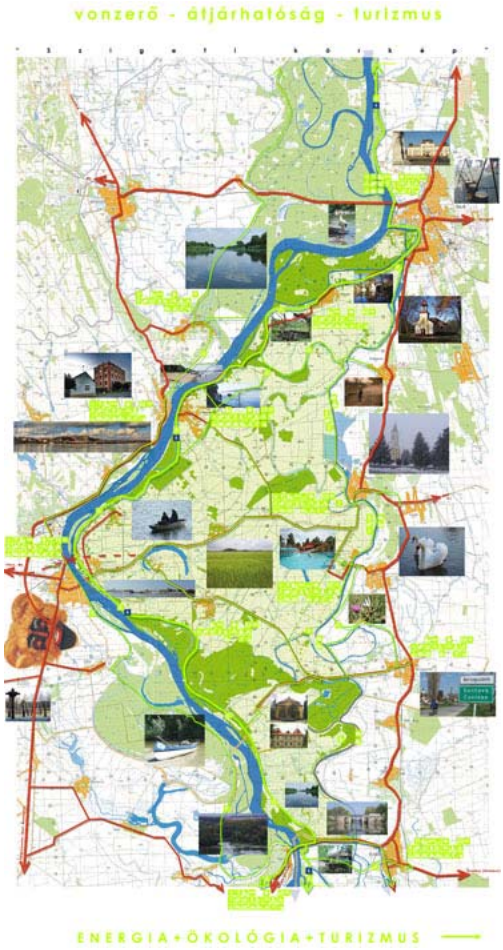
Sami otok katastarski dotiče pet županija i dvadeset šest naselja koji imaju teritorije na otoku ili se graniče s njom. Površina dotaknutih naselja iznosi 1200 km^2 a cjelokupno stanovništvo 92 000 stanovnika, prosječna gustoća naseljenosti je 76 osoba/ km^2. Osim grada Baje (37736)H, Mohača (19670)H i općine Bezdan (5400)SRB riječ je u glavnom o malim selima ispod 1500 stanovnika. Po strukturi se dobro vidi, da su naselja nastala uglavnom izvan otoka sa dvije strane, gdje su bile na sigurnom od redovitih poplava. Sjeverno i južno graniči se pretežno prirodnom okolinom. Više od 15% samog otoka je pod zaštitom prirode. Unatoč tome, što je teritorij pod nadležnošću triju država, karakterističnosti i problemi su u glavnom isti. Visoka, trajna nezaposlenost (što se povećava), smanjenje populacije, stanovništvo stari, mladi odlaze, područje nije sposobno zadržati ljude sa visokom školskom spremom. Ima bogato kulturno (višenacionalna regija) i prirodno nasljeđe i neiskorištene prirodne potencijale. Ulazak R. Hrvatske i R. Srbije u EU, omogućiti će lakšu prohodnost državnih granica, te da se vrati nekadašnjoj prirodnoj, kulturnoj i ekonomskoj

cjelini. Otok sa uskom okolinom, po veličini i po osobinama, pogodna je za izradu i realizaciju razvojnog programa koja se može dostići sa suradnjom, u većini malih naselja, koje pojedinačno to ne bih uspjeli izvoditi. Sa užom i širom okolinom ima dvostrane utjecaje, koje ujedno određuju lokalni identitet. Prisutni su veliki potencijali zelene energije zahvaljujući prirodnoj okolini, velikih površina prirodnih voda i poljoprivrede. Na ove uvjete može se izgraditi kompleksni sistem gospodarenja energijom i okolišem.



Slika 3. Sustav gospodarenja energijom i okolišem

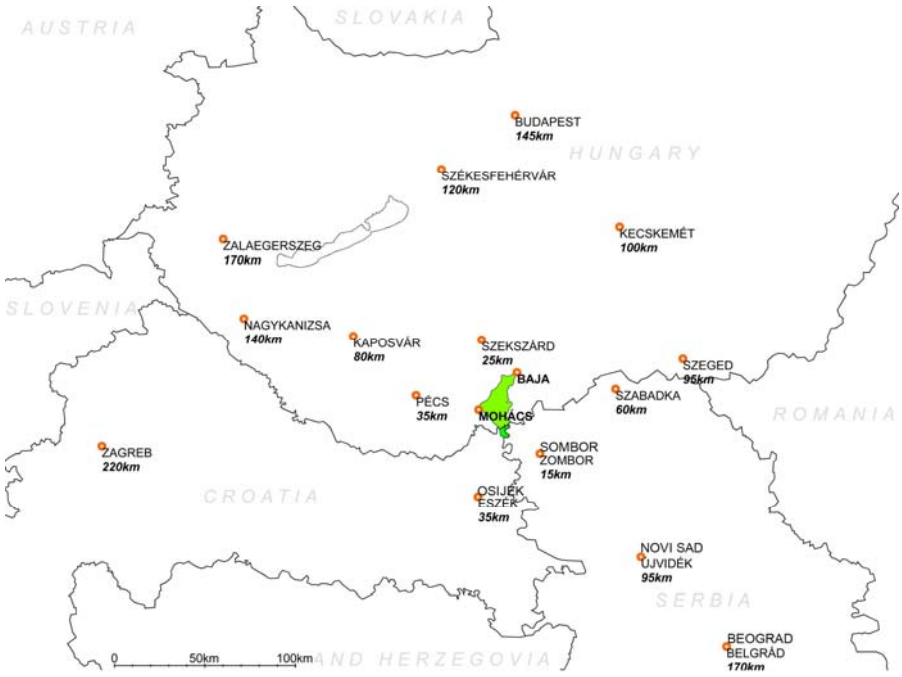
Na lokalnoj razini smanjuje se rashod, povećava se prinos, pojačava se privreda, stvaraju se radna mjesta, stvaraju se zdravi i prirodni proizvodi lokalnog tipa. Smanjuje se opterećenje prirodnog okoliša i ima pozitivan utjecaj na životnu okolinu. Prisutne su i privlačne turističke vrijednosti koje se mogu prikazati kao bogati sistem ponude, zajedničkim marketingom.



Slika 4. Tturističke vrijednosti i prohodnost

Tako se lakše realiziraju razvojni projekti pojedinih naselja i povećava se broj turista. Za poboljšanje prohodnosti neophodno je razvijanje putne – prometne mreže (drumski, biciklistički, riječni, sveobuhvatno turistički putovi). Na severu kod Baje i na jugu između Batine i Bezdana već postoji most na Dunavu. Ako se izgradi most kod Mohača otok se otvara i u sredini. Glavna Evropska biciklistička prometne linija broj 6 ide sa dvije strane Dunava. Mađarska glavna prometna linija ide i pored Bajskog Kanala. Biciklistička mreža je samo djelomično izgrađena. Uz moguće riječne, vodene turističke putove treba izgraditi potrebnu infrastrukturu. Neophodno je revitalizacija Bačkog i Bajskog Kanala. Realizacija ove vrste ima pozitivni utjecaj ne samo oko Otoka Margita, te i na širu okolinu.

U okružju od 50 kilometara sve je dostupno da se program ostvari sa lokalnim sredstvima. Naselja se mogu priključiti programu dobrovoljno što znači da se program može proširiti prema severu i prema jugu (od Seksarda-H do Erduta-HR). Izgrađena je auto cesta br.6 iz Budimpešte do Mohača.



Slika 5. Daljine

Ako se dovrši, preko Osijeka, preko Bosne i Hercegovine može se stići do Jadrana. Auto cesta Zagreb-Beograd prolazi malo južnije od Osijeka. Sa izgradnjom ceste sjevernije od Baje prema Segedu, podunavlje će biti potpuno priključen u evropsku prometnu mrežu, slično kao što je sada Otok Margitta prometno priključen svojoj okolini. Kod Osijeka i kod Pečuha već postoji zračna luka. Sve skupa, realitet je da podunavlje izgubi smještaj periferijalnog tipa, a mi sami imamo odgovornost da se dostiže mogući najveći razvoj.

5. Zaključak

Vlastiti je interes čovjeku, kao živom biću, da pronađe ravnotežu unutar ekosistema u kojem djeluje, da se vrati u simbiozu sa prirodnom sredinom u kojoj živi. Sa promjenom promatranja, sa suradnjom naselja, sa efikasnim gospodarenjem energije i lokalnim prirodnim potencijalima može se dostići najveći dobitak, uz malo ulaganje (postići optimalnost), koja se dugotrajno može održavati i koji osigurava razvoj. Takvo gospodarenje na lokalnoj razini istovremeno daje moguću najveću neovisnost prema negativnim vanjskim i globalnim utjecajima i daje najveći mogući doprinos za razvoj u široj okolini i ima pozitivne utjecaje na globalnoj razini.

World's First Gipsy Culturcenter (Cserdi) Energydesign conception

Tamás Pethes

University of Pécs , Pollack Mihály Faculty of Engineering, Hungary
Institute of Architecture, Department for Energydesign,
Beuer Marcell Master School

pethes.tamas@gmail.com

Abstract

Cserdi's and Bogdása's progressive mayors have long been a perception skanzenprojekt idea. The Putra constructions, installations could wax figure life demonstration outside the (museum), the principal designer and saw the imperative need of a building "envelope" for the implementation, which not only conjure up the past, but the present Roma culture, music, art and craft will also have a life. All this in a future-oriented, 21 century of architectural, structural and technological solution capable of proper "framework" provided.

Keywords: sustainable, energydesign, cultural center

1. Introduction

Three aspects of the design are validated according to local conditions.

1. The building design concept and structure, optimization of materials followed by the house's **energy using's minimalisation** consumption.
2. After all this is essential **to increase the maximum energy to the building** of technical-engineering solutions.
3. Finally, with a high comfort-nivo, but with minimized-optimized energy pretension of the building **economical energy-efficient production**.

2. Concept design – materials – structures

Since the building using ambient energy - it is completely defined by the appearance. The house is a response to external influences and internal implications building envelope air-conditioning homes energy and regulates the internal comfort-nivo is largely ensures.

The building is 75% of the ecological, renewable building material, wood. The box-like units are built from adobe wall (in the summer unpleasant preventing global warming). Bordering on the ground floors of reinforced concrete construction, with wooden intermediate system and the accommodation will be provided with a layer of screed. Further solution of the suspended ceiling "sail elements" microencapsulated phase change (PCM = Phase Change Materials), material mixed with plaster-hybrid system will expand the surface - is also to enhance the heat inertia. The hall roof lights ETFE (ethylene-tetra-fluoro-ethylene) film is made of high tech materials are UV stable, self-cleaning properties and is able to recycle 100%. In case of fire is retracted, non-dripping, non-combustible material consisting of hail.

3. Energy efficient technology – building mechanics

The building energiadesign geothermal heat pump in his heart, like a living organization drives the circulation and regulating the structure of the building thermal tempering household plumbing-vasculature. A heat pump is a land of snow was about. 13 ° C for direct-cooling energy use, electricity demand is only the electric pump - circuit (primary and secondary) site occurs.
The cooling water circulation system, both the active thermo concrete floors and screed, on the other hybrid panelelemekbe PCM phase change is misguided.

4. The building's renewable energy potential

The building in the area of land bordering the south building 30 x 100 m deep soil probe 13 º C temperature geo-energy directly as possible to the building cooling, respectively. tempering. The pump, pump, circulatory system and other electrical power in photovoltaic (PV) devices want 2 phase is 100% covered. The active solar-energy-recovery technique for thermal power is also next to "pick grapes" of the absorber-top form. The house is 100% natural ventilation works.

The house is all over the traditional sense, the trinity is Vitruvius: a functional operation, the building's beauty and good construction techniques, which this project is a significant difference in the efficiency and widen the aspects of bionics, energydesign solutions to environmental problems, responding to questions.

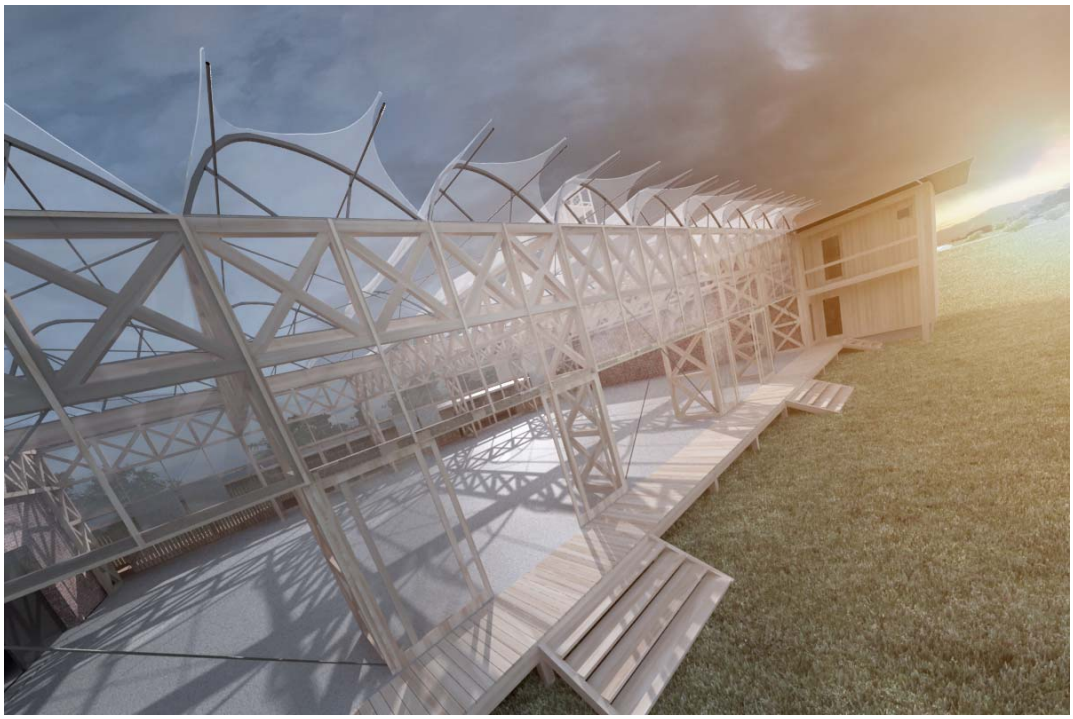


Figure 1. Vision

5. Conclusions

The sustainable energy design program of the project considers the energy and resources taken from the environment to build, run and dismantle the facility as a kind of credit. In order to prevent the disruption of the ecological balance the credit must be paid back, and the repayment term cannot be longer than the life cycle of the building. The repayment term, however, can be shorter if renewable energy is taken advantage of for the operation of the facility and renewable resources are used for construction (building structures).

6. References

[1] ifj. István Kistelegdi DLA, Department for Energydesign - University of Pécs , Pollack Mihály Faculty of Engineering